ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ—ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής



Πτυχιακή εργασία με θέμα:

«Η ηχορύπανση και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ειδικότερα στην ακοή»

(Μελέτη φαινομένου ηχορύπανσης στις διάφορες μορφές της, νομικό πλαίσιο, επιπτώσεις στην υγεία)

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Ξενικάκης Δημήτριος

Σπουδάστρια: Καραντωνάκη Αφροδίτη

ΡΕΘΥΜΝΟ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για να φτάσω ως εδώ, στην ολοκλήρωση των σπουδών μου, χρειάστηκαν αρκετές ώρες συνεχούς προσπάθειας, ώρες που αρκετές φορές με κράτησαν μακριά από την οικογένειά μου. Για το λόγο αυτό, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον σύζυγό μου που με στήριξε πολύ, ειδικά σε στιγμές που όλα φαίνονταν αδύνατα, τους γονείς μου και ιδιαίτερα το γιο μου Μιχαήλ – Άγγελο, που παρά το νεαρό της ηλικίας του, έδειξε απίστευτη ωριμότητα, αφήνοντάς μου συνειδητά χώρο και χρόνο να μελετήσω, θυσιάζοντας αρκετές φορές τις πολύτιμες για εκείνον ώρες παιχνιδιού ή ακόμη και προσέχοντας τη μικρότερη αδερφή του.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Δημ. Ξενικάκη, τον οποίο ιδιαίτερα εκτιμώ για τις γνώσεις του, την απλότητα και την ευθύτητά του, και για την ευκαιρία που μου έδωσε να αναπτύξω το επίκαιρο αυτό θέμα της ηχορύπανσης.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου –λίγους και καλούς- που με ενθάρρυναν αυτά τα χρόνια να κυνηγήσω τ’όνειρό μου, ανεξάρτητα αν τελικά αυτό καρποφορήσει επαγγελματικά ή όχι.

Όσο για μένα, χαίρομαι και μόνο που εφοδιάστηκα πολύτιμες γνώσεις στο πέρασμά μου από αυτήν τη σχολή και ελπίζω η ζωή μου να είναι πάντα γεμάτη με τέτοιου είδους περάσματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το φαινόμενο της ηχορύπανσης και ειδικότερα της προερχόμενης από τον οδικό θόρυβο, καθώς και της επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία και ιδιαίτερα στην ακοή. Αρχικά εξηγούνται βασικά φαινόμενα και αρχές που διέπουν τον ήχο, ενώ στη συνέχεια αναλύονται οι τρόποι μέτρησης του θορύβου, η ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία, οι αρχές πολεοδομικής ηχοπροστασίας, καθώς και τα μέτρα που έχουν ληφθεί και υφίστανται ως τώρα για την αντιμετώπισή της. Στο 5^{ο} κεφάλαιο εξηγείται η λειτουργία του αυτιού για να κατανοηθούν σωστότερα και βαθύτερα οι συνέπειες της ηχορύπανσης στο ανθρώπινο αυτί, αλλά και για να είναι ευκολότερη η κατανόηση του πειραματικού μέρους. Στο πειραματικό μέρος, εξετάζονται 6 άτομα (3 από αστική περιοχή και 3 από ύπαιθρο), μέσω τονικής ακοομέτρησης, για να γίνει σύγκριση της ακουστικής τους ευαισθησίας και εξάγονται συμπεράσματα για το κατά πόσο η όποια έκθεσή τους στο θόρυβο, την έχει επηρεάσει.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Γενική εισαγωγή εργασίας 6

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1ο - Ο ήχος ως φυσικό φαινόμενο
Πρόλογος 1ου κεφαλαίου 8
1.1 Εισαγωγή 9
1.2 Μεταφορικό μέσο για τη διάδοση του ήχου 9
1.3 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες του ήχου 10
1.4 Φαινόμενα κατά τη διάδοση του ήχου 18
1.5 Ηχητικά φαινόμενα
1.5.1 Απορρόφηση 19
1.5.2 Περίθλαση 21
1.5.3 Ανάκλαση 21
1.5.4 Διάθλαση 22
1.6 Είδη ηχητικών πεδίων 23
1.7 Φαινόμενο Doppler 24
1.8 Διαχωρισμός συχνοτήτων ακουστικού φάσματος 26

Κεφάλαιο 2ο – Η ηχορρύπανση ως φαινόμενο
Πρόλογος 2ου κεφαλαίου 29
2.1 Εισαγωγή 30
2.2 Το dB – Χαρακτηριστικά 33
2.3 Είδη θορύβου 35
2.4 Ανάλυση μεθόδων μέτρησης θορύβου
2.4.1 Πρόσθεση ηχητικών επιπέδων πίεσης 39
2.4.2 Στατιστική ανάλυση 40
2.4.3 Μέθοδος προσδιορισμού αερόφερτου θορύβου από χρησιμοποιούμενα στην ύπαιθρο μηχανήματα 40
2.5 Θόρυβος και σταθμιστικά φίλτρα 41
2.6 Συστήματα κατάταξης & δείκτες θορύβου 42
2.7 Θόρυβος από την οδική κυκλοφορία 45
2.8 Γενικές αρχές για τον υπολογισμό του οδικού θορύβου 46
2.9 Παράγοντες που συνεισφέρουν στον κυκλοφοριακό θόρυβο 47
2.10 Μέτρα μείωσης κυκλοφοριακού θορύβου 48
2.11 Το ΕΛ.ΙΝ.Α. & οι δραστηριότητές του στον τομέα θορύβου 53
2.12 Επιπτώσεις της ηχορύπανσης στο περιβάλλον 58

Κεφάλαιο 3ο – Πολεοδομική ηχοπροστασία – Ηχορύπανση στον εργασιακό χώρο
Πρόλογος 3ου κεφαλαίου 62
3.1 Εισαγωγή 63
3.2 Κριτήρια αντιθορυβικού σχεδιασμού οικισμών & κτιρίων 64
3.3 Καμπύλες κατάταξης θορύβου 65
3.4 Αντιθορυβικός σχεδιασμός οικισμών 67
3.5 Αντιθορυβικός σχεδιασμός κατοικίας 68
3.6 Μονοκατοικία – Πολυκατοικία 69
3.7 Υλικά ηχομόνωσης 71
3.8 Ηχορύπανση στον εργασιακό χώρο
3.8.1 Ημερήσια ατομική ηχοέκθεση 74
3.8.2 Επιπτώσεις ηχορύπανσης στους εργαζόμενους 75
3.9 Οι δονήσεις σε συνδυασμό με το θόρυβο 78
3.10 Μέτρηση θορύβου στον εργασιακό χώρο 78
3.11 Κυρώσεις 79
3.12 Προστασία από το θόρυβο στον εργασιακό χώρο 80

Κεφάλαιο 4^{ο} – Νομοθετικό πλαίσιο για την ηχορύπανση
Πρόλογος 4^{ου} κεφαλαίου 85
4.1 Γενικά στοιχεία για την όχληση του ανθρώπου από το θόρυβο
4.1.1 Κριτήρια θορύβου σε εξωτερικούς χώρους 86
4.1.2 Κριτήρια θορύβου σε εσωτερικούς χώρους 86
4.1.3 Προβλήματα από τη λειτουργία κέντρων διασκέδασης 87
4.2 Ευρωπαϊκές προτάσεις
4.2.1 Πράσινη βίβλος 88
4.2.2 Γενική πολιτική κατά του θορύβου 89
4.3 Η κοινοτική νομοθεσία για το θόρυβο
4.3.1 Εκπομπή θορύβων από τεχνικό εξοπλισμό εξωτερικών χώρων 91
4.3.2 Οδηγία για τις εκπομπή θορύβου από εξατμίσεις αυτοκινήτων 92
4.3.3 Οδηγία για τα όρια εκπομπής θορύβου μοτοσικλετών 92
4.4 Συνοπτική αναφορά στη νομοθεσία ξένων χωρών για το θόρυβο 94
4.5 Αντιμετώπιση του θορύβου στην Ελλάδα
4.5.1 Μέτρα κατά του θορύβου στα αστικά κέντρα- Χάρτες θορύβου 97
4.5.2 Κ.Ο.Κ. και θόρυβος 101
4.5.3 Ελληνική νομοθεσία για τα διάφορα είδη θορύβου 102
4.5.3.1 Οδικός θόρυβος 102
4.5.3.2 Αεροπορικός θόρυβος 103
4.5.3.3 Βιομηχανικός θόρυβος 103
4.5.3.4 Μηχανολογικός θόρυβος 104
4.5.3.5 Θόρυβος από κοινωνικές δραστηριότητες 105
4.6 Τα προγράμματα «Ήσυχα προϊόντα» - «Ήσυχες προσόψεις» 105

Κεφάλαιο 5^{ο} – Η λειτουργία της ακοής & οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης σε αυτήν και γενικότερα στην υγεία
Πρόλογος 5^{ου} κεφαλαίου 108
5.1 Πορεία του ήχου από το περιβάλλον στο ανθρώπινο αυτί 109
5.1.1 Εξωτερικό αυτί 111
5.1.2 Μέσο αυτί 112
5.1.3 Έσω αυτί 113
5.2 Προστατευτικοί μηχανισμοί του αυτιού 115
5.3 Αποκρυπτογράφηση ηχητικών συμβόλων 116
5.4 Δυσλειτουργία της ακοής 117
5.5 Αίτια βλάβης ακουστικού οργάνου 119
5.6 Μη ακουστικές βλάβες προερχόμενες από την ηχορύπανση 122

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 6^{ο} – Ακοομετρία
Πρόλογος 6^{ου} κεφαλαίου 130
6.1 Εισαγωγικές έννοιες 131
6.2 Ακοομετρικές εξετάσεις 131
6.3 Ερμηνεία σημαντικών όρων ακοομετρίας 133
6.4 Ακουστικά βαρηκοϊας 138
6.5 Διεξαγωγή πειράματος 140
6.6 Αποτελέσματα 141
6.7 Συνολικά συμπεράσματα 146

Βιβλιογραφία 147

Εισαγωγή

Από την πρώτη του εμφάνιση στη γη, ο άνθρωπος άρχισε να αντιλαμβάνεται τον κόσμο γύρω του, αλλά και την ίδια του την ύπαρξη, μέσω των αισθητήριων οργάνων του. Οι αισθήσεις του είναι αυτές που του έδωσαν το έναυσμα να ερευνήσει και να ερευνηθεί, να εξελίξει και να εξελιχθεί.

Εστιάζοντας στο αισθητήριο της ακοής, η εργασία αυτή στοχεύει στην παρουσίαση του φαινομένου της ηχορύπανσης και πώς αυτό επιδρά αρνητικά στην ομαλή λειτουργία της ακοής, στην ψυχική ισορροπία του ατόμου, αλλά και επεκτείνοντας την δράση του φαινομένου, παρουσιάζονται συνοπτικότερα οι επιπτώσεις στον επαγγελματικό και κοινωνικό βίο του ανθρώπου.

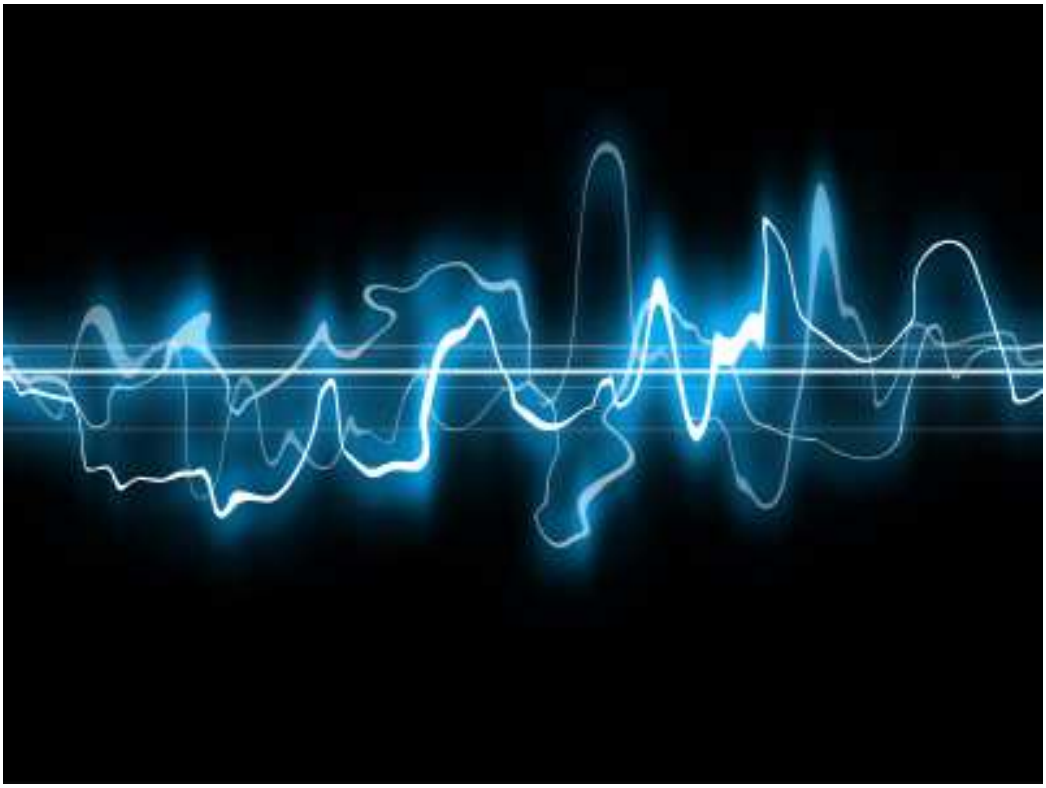
Κατά τη δόμηση και τον σχεδιασμό της παρούσης εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από έγκυρες και έγκριτες πηγές, με σκοπό την ορθότερη κατά τα επιστημονικά δεδομένα παρουσίαση του θέματος, αλλά και εξαγωγή συμπερασμάτων. Να σημειωθεί, ότι λόγω της φύσης του θέματος, τα 5 πρώτα κεφάλαια αναπτύσσουν σε θεωρητικό πλαίσιο κάθε πτυχή της ηχορύπανσης, ενώ στο 6^{ο} και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η διεξαγωγή ενός πειράματος, το οποίο περιλαμβάνει την τονική ακοομέτρηση 6 ατόμων, με σκοπό να παρουσιαστεί κατά πόσο η ηχορύπανση έχει επιρροή στην ακοή τους και σε τι ποσοστό.

Για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής, χρησιμοποιήθηκαν πηγές οι οποίες ξεκάθαρα αναφέρονται εντός της και για τις οποίες τηρήθηκε το άρθρο 21 του Ν.2121/1993 (ΦΕΚ Α’ 25/4.3.1993) για την πνευματική ιδιοκτησία, συγγενικά δικαιώματα και πολιτιστικά θέματα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος της ολοκλήρωσης προπτυχιακών σπουδών της συγγραφέος και σε καμιά περίπτωση δεν αντικαθιστά οποιοδήποτε επιστημονικό άρθρο, μελέτη ή βιβλίο πάνω στο θέμα που πραγματεύεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{Ο}

Ο ΗΧΟΣ ΩΣ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ



Ιδιότητες και Χαρακτηριστικά του ήχου - Κυματικά φαινόμενα

Πρόλογος 1ου Κεφαλαίου

Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει τον ήχο ως φυσικό φαινόμενο, μέσα από τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του (ύψος, ακουστότητα, χροιά) και τα αντικειμενικά (συχνότητα, ένταση, φασματικό περιεχόμενο), τις ιδιότητές του, τον τρόπο μετάδοσής του, καθώς και τα φαινόμενα που τον διέπουν κατά τη διάδοσή του (απορρόφηση, ανάκλαση, διάθλαση, περίθλαση).

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να κάνει μια μικρή, αλλά προσεγμένη ανατομία στο ‘σώμα’ του ήχου κατά τρόπο κατανοητό και με σκοπό να δώσει στον αναγνώστη το απαραίτητο βασικό υπόβαθρο, ώστε να κατανοήσει μετέπειτα έννοιες και φαινόμενα που σχετίζονται τόσο με την ηχορύπανση, όσο και με το αυτί ως τελικό αποδέκτη του φαινομένου αυτού, έτσι όπως θα περιγραφεί στα επόμενα κεφάλαια.

1.1 Εισαγωγή

Η αξία της ακοής γίνεται αντιληπτή με την απώλειά της. Ένα παιδί που γεννιέται κωφό, στερείται βασικών ηχητικών ερεθισμάτων κατά τις πρώτες βαθμίδες της διανοητικής του ανάπτυξης. Η ακοή σε συνδυασμό με την ομιλία – η οποία απορρέει από την ακοή- εξασφαλίζουν στον άνθρωπο την ιδιαίτερα σημαντική δυνατότητα της επικοινωνίας.

Πριν από δυο αιώνες οι λόγιοι της εποχής είχαν θέσει το κάτωθι ερώτημα του τι ακριβώς είναι ήχος: «Αν ένα δέντρο πέσει στο δάσος και δεν βρίσκεται εκεί κανείς για να το ακούσει, θα παραχθεί ήχος;» Η απάντηση των φυσικών ήταν θετική, ενώ των φιλοσόφων αρνητική, υποδηλώνοντας την κριτική στάση των ανθρώπων της εποχής εκείνης προς την επιστήμη. Η επιστήμη όμως είναι η μόνη που μπορεί να δώσει πραγματικές εξηγήσεις για το φυσικό κόσμο που μας περιβάλλει, αφού απομονώνοντας την υποκειμενικότητα και το συναίσθημα, εργάζεται με μεθοδικότητα μέσω πειραμάτων και ήδη αποδεδειγμένων νόμων, προς εξαγωγή νέων συμπερασμάτων.

1.2 Μεταφορικό μέσο για τη διάδοση του ήχου

Ο ήχος δε μεταδίδεται στο κενό. Κι αυτό αποδείχθηκε στα μέσα του $17^{ου}$ αιώνα από τον Ρόμπερτ Μπόυλ. Ο ερευνητής αυτός, μέσα από πολλαπλά πειράματα απέδειξε σε ένα από αυτά, ότι ένα κουδούνι που χτυπά σε αερόκενο δοχείο, δε μπορεί να ακουστεί. Ο ήχος λοιπόν, χρειάζεται κάποιο μέσο μετάδοσης, είτε αέριο, είτε στερεό, είτε υγρό, ώστε μέσω αυτού να μπορούν να μεταβιβαστούν οι παλμικές δονήσεις. Το πιο συνηθισμένο είναι ο αέρας, ο οποίος μεταδίδει τον ήχο, κατά παρόμοιο τρόπο με αυτόν που μεταδίδονται οι δακτυλιοειδείς ρυτίδες του νερού σε μια ήρεμη λίμνη που διαταράσσεται από την ρήψη μιας πέτρας ή καλύτερα με τον ίδιο τρόπο που ένα έμβολο πάλλεται μέσα σε έναν σωλήνα. Όταν το πιστόνι πιέζεται, τα μόρια του αέρα που βρίσκονται δίπλα του, προβάλλουν αντίσταση, μαζεύονται στο μέτωπο του εμβόλου ($1^{ος}$ Νόμος του Νεύτωνα) και λειτουργούν όπως ένα ελατήριο που απελευθερώνουν την ενέργειά τους, και ως εκ τούτου μετατρέπεται η δυναμική ενέργεια σε κινητική. Γενικά πάντως, τα μόρια του αέρα βρίσκονται σε συνεχή άτακτη κίνηση, ώσπου πάνω τους προσκρούει το ηχητικό κύμα, που τα σπρώχνει προς τα γειτονικά τους, ενώ τα αναταρασσόμενα μόρια μεταπηδούν στην αρχική τους θέση για να ξανασπρωχθούν και πάλι. Το φαινόμενο αυτό

γίνεται αλυσιδωτά, μέχρι την οριστική εξασθένηση του ήχου μετά από κάποια απόσταση και χρόνο. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται ‘πυκνώματα’ και ‘αραιώματα’ στον αέρα, με τη μορφή κύματος πίεσης και όλο αυτό καλείται ‘ήχος’. **[3].**

Ο ήχος λοιπόν, ορίζεται με δυο διαφορετικούς τρόπους, έναν σχετικό με τη φυσική και έναν σχετικό με τη φυσιολογική του σημασία:

- Μηχανική διαταραχή που διαδίδεται μέσα σε ένα ελαστικό μέσο, με ορισμένη ταχύτητα και έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε να μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα.
- Το ακουστικό αίσθημα που προκαλείται όταν διεγείρεται το αισθητήριο της ακοής (αυτί).**[28].**

1.3 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες του ήχου

Ο ήχος διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα στα διάφορα μέσα. Ενδεικτικά:

ΜΕΣΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΟΥ m/sec
Αέρας (20^o C)	**344**
Υδρατμοί	**450**
Νερό	**1.000**
Σίδηρο	**5.050**
Μαλακό ξύλο	**3.400**
Τσιμέντο	**3.100**
Ατσάλι	**5.000**
Μόλυβδο	**1.200**
Γυαλί	**5.500**

Διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης ήχου σε διαφορετικά μέσα **[Δ13] [28]**

Η πρώτη καταγεγραμμένη ιστορικά μέτρηση της ταχύτητας του ήχου στον αέρα ήταν γύρω στο 1640, από τον Γάλλο μαθηματικό Μαρέν Μερσέν, ο οποίος υπολόγισε τον χρόνο επιστροφής της ηχούς από μια δεδομένη απόσταση στην αρχική πηγή ενός ήχου, που ήταν 316m/s. Όμως, 20 χρόνια μετά, οι Ιταλοί ερευνητές Μπορέλλι και Βιβιάνι χρησιμοποίησαν μια ακριβέστερη μέθοδο, η οποία βασιζόταν στο χρόνο που χρειαζόταν

ο κρότος ενός κανονιού να φτάσει σε έναν παρατηρητή. Το 1708 ο Άγγλος Ουίλλιαμ Ντέρχαμ τελειοποίησε αυτήν τη μέθοδο, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη του και την επίδραση των ανέμων στις μετρήσεις του. Αυτό που έκανε ο Ντέρχαμ ήταν να ανέβει στο κωδωνοστάσιο της εκκλησίας του Απμίνστερ στο Έσεξ και να παρατηρήσει την πυροδότηση ενός κανονιού 20 χλμ. μακριά από τον Τάμεση. Κατόπιν επαναλαμβανομένων τέτοιων μετρήσεων κατέληξε κοντά στην τιμή των 344 m/s σε θερμοκρασία 20^{o} C. Η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντικός παράγοντας, γιατί ανάλογα με την τιμή της στο μέσο που διαδίδει τον ήχο, επηρεάζει την ταχύτητα του τελευταίου. Σε ψυχρό περιβάλλον, η κίνηση των μορίων είναι αργή και μειώνουν την ταχύτητα του μεταδιδόμενου ήχου, ενώ σε ένα θερμό, η υψηλή θερμοκρασία αναγκάζει τα μόρια του μέσου να σπρώχνουν το ένα το άλλο, επιταχύνοντας την διάδοση του ήχου **[3]**.

Σημαντική επίσης είναι και η ηχητική ισχύς (sound power) που είναι η ηχητική ενέργεια που μεταφέρεται από την ηχογόνο πηγή στον αέρα. Η ισχύς εκφράζεται με Watts (W). Ένας μέσος ψίθυρος έχει ισχύ 0,1μW ενώ μια μηχανή ενός τούρμπο τζετ παράγει ισχύ 100KW **[Δ13]**.

Συνοψίζοντας λοιπόν, οι κύριες προϋποθέσεις για την παραγωγή και στην συνέχεια διάδοση του ήχου καθώς και βασικές ιδιότητες του ήχου είναι:

- Η ύπαρξη μιας ηχητικής πηγής.
- Η ύπαρξη ενός ελαστικού μέσου διάδοσης
- Η ταχύτητα διάδοσης είναι συνάρτηση της φύσης του υλικού στο οποίο διαδίδεται ο ήχος, αλλά και των υπόλοιπων συνθηκών (θερμοκρασία, πίεση, κλπ). Συγκεκριμένα, η ταχύτητα διάδοσης στον αέρα είναι ανεξάρτητη από την πυκνότητά του, τη συχνότητα, το πλάτος ή τη μορφή ταλαντώσεως του ηχητικού κύματος, ενώ εξαρτάται από τη θερμοκρασία και είναι μικρότερη στον ξηρό παρά στον υγρό αέρα.
- Ο ήχος διέπεται από κυματικά φαινόμενα (συμβολή, ανάκλαση, περίθλαση κ.α.).
- Ο ήχος στα μεν υγρά και αέρια διαδίδεται ως διαμήκη κύματα, ενώ στα στερεά διαδίδεται και ως διαμήκη και ως εγκάρσια κύματα. **[33].**

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου κατηγοριοπιούνται σε δυο βασικές κατηγορίες: α) τα **υποκειμενικά** χαρακτηριστικά και β) τα **αντικειμενικά**. «*Μιλώντας για τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των ήχων, ουσιαστικά αναφερόμαστε στα φυσικά*

χαρακτηριστικά τους, δηλ. εκείνα που μπορούν να περιγραφούν και να μελετηθούν από τη Φυσική επιστήμη (Μηχανική, Ακουστική, Ηλεκτρολογία) και να προσδιοριστούν ποσοτικά και ποιοτικά επακριβώς μέσω μετρήσεων, που γίνονται από εξειδικευμένα όργανα και συσκευές. Αντίστοιχα, τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου, αφορούν στις αισθήσεις και τις ψυχολογικές εντυπώσεις που δημιουργούνται στον ακροατή, οι οποίες σχετίζονται με την ποιος ακούει τον ήχο και την ποσότητα του ήχου που γίνεται αντιληπτός. Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά δε μπορούν να μετρηθούν με συμβατικό τρόπο, δηλ. με όργανα μετρήσεων. Η μελέτη και ανάλυσή τους γίνεται μέσω ελέγχου-δοκιμασίας (τεστ) ομάδων ακροατών».

Οι παράγοντες τώρα, που προσδιορίζουν πλήρως ένα ηχητικό κύμα είναι η διάρκεια, η συχνότητα, το φάσμα συχνοτήτων και η έντασή του, ενώ άλλα χαρακτηριστικά μικρότερης σημασίας είναι η φάση (που περιγράφει τη στιγμιαία κατάσταση του σήματος), το μήκος κύματος (που εξαρτάται άμεσα από τη συχνότητα) και τέλος, η δυναμική, που σχετίζεται με την εξέλιξη της έντασης (την κατανομή της ενέργειας) στο χρόνο. Αναφορικά με τα υποκειμενικά και αντικειμενικά χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, τα υποκειμενικά είναι το ύψος, η ακουστότητα και η χροιά, ενώ κατά αντιστοιχία τα αντικειμενικά είναι η συχνότητα, η ένταση και το φάσμα συχνοτήτων **[2]**.
Αναλυτικά:

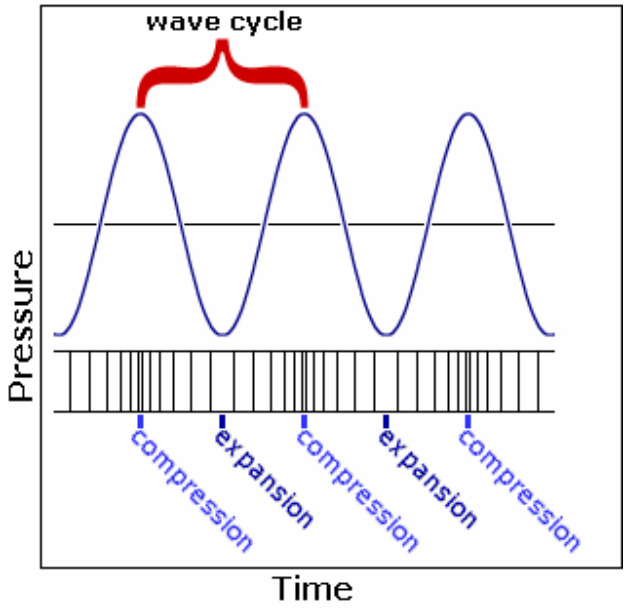
Αντικειμενικά χαρακτηριστικά:

- **Συχνότητα.** Είναι ο αριθμός των παλινδρομικών δονήσεων που δημιουργεί το ηχογόνο σώμα στα μόρια του αέρα ανά δευτερόλεπτο. Όταν αναφέρεται ως συχνότητα ταλάντωσης τότε είναι ο αριθμός των περιόδων ανά δευτερόλεπτο. **[3]**. Μονάδα μέτρησης της είναι το Herz, όπου το 1Hz δηλώνει 1 κύκλο (διάρκεια περιόδου) το δευτερόλεπτο. Οι ήχοι που αποτελούνται από μια μόνο συχνότητα λέγονται **απλοί** (ημιτονοειδούς μορφής), ενώ από μια συχνότητα και πάνω αναφερόμαστε σε **σύνθετους**, με πολύπλοκο συχνοτικό φάσμα. Ισχύει ότι όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο υψηλότερος είναι ο τόνος, και το ανάποδο, κι αυτό συμβαίνει διότι το ύψος εξαρτάται κυρίως από τη θεμελιώδη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Ήχος μικρότερος από 20 Hz καλείται υπόηχος και μεγαλύτερος από 20K Hz υπέρηχος. Τα δυο αυτά άκρα οριοθετούν το φάσμα ακοής του ανθρώπου **[2]**. Το ανθρώπινο αυτί, ακούει δηλ. συχνότητες με μήκος

κύματος από 17μ. ως 0,017μ. **[28]. Διακρότημα.** Όταν έχουμε δυο τόνους με ίδιες ακριβώς συχνότητες και τους προσθέσουμε, τότε παράγεται τόνος ίδιας πάλι συχνότητας, αλλά με μεγαλύτερη ένταση. Αν τώρα οι συχνότητες των δυο αυτών τόνων διαφέρουν πολύ λίγο (κατά 1-16 Hz), τότε η συνήχησή τους θα παράγει ήχο αισθητό σαν περιοδική διακύμανση της έντασης του τόνου, κάτι που καλείται διακρότημα. **Συνήχηση δυο τόνων.** Όταν η συνήχηση δυο τόνων διαφορετικού ύψους είναι ευχάριστη στο αυτί, τότε τη χαρακτηρίζουμε ως *συμφωνία,* διαφορετικά ως *διαφωνία.*

- **Ένταση.** Πρόκειται για την ακουστική ισχύ *«που διαπερνά μια επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου(m^2) κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του ήχου. Μετράται σε Watts (W) ανά m^2, ενώ ακουστική ισχύς είναι η ακουστική ενέργεια που μεταφέρεται σε ένα δευτερόλεπτο και μετράται σε* N/ m^2 ή dynes ανά cm^2». Πρακτικά, η ένταση είναι δύσκολο να μετρηθεί, διότι είναι διανυσματικό μέγεθος. Είναι όμως ευκολότερο να καταγραφούν οι μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα από τα πυκνώματα και αραιώματα του ηχητικού κύματος. Οι μετρήσεις είναι έμμεσες μέσω σύγκρισης μιας κατώτατης τιμής ακουστικής πίεσης που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η απόκριση του αυτιού στην ηχητική ένταση εξαρτάται από συχνότητα, έχει ορισθεί το 1Khz ως συχνότητα αναφοράς για πολλές ακουστικές μετρήσεις. Κατόπιν πολλών πειραμάτων, βρέθηκε λοιπόν ότι *«ένας απλός τόνος συχνότητας 1Khz γίνεται μόλις αντιληπτός, όταν η έντασή του κυμαίνεται στα 2,5*10 $^{-12}$ Watts (W) ανά m^2. Ορίστηκε έτσι μια κατώτερη ένταση, η ένταση κατωφλίου (Io) που αντιστοιχεί στην τιμή των 10 $^{-12}$ W/ m^2 και αποτελεί το σημείο αναφοράς για τη μέτρηση των εντάσεων. Εν συνεχεία, ορίζεται το μέγεθος στάθμης έντασης που συμβολίζεται με το L και ισούται με: 10log(I/Io), όπου I η προς μέτρηση ένταση του ήχου και Io η ένταση κατωφλίου. Στην περιοχή των πολύ ισχυρών ήχων από πειράματα προέκυψε ότι οι ήχοι έντασης πάνω από 1 W/ m^2 προκαλούν την αίσθηση του πόνου.»* Αυτή η ένταση είναι 1012 φορές ισχυρότερη από την ένταση κατωφλίου, έχει στάθμη στα 120dB και θεωρείται το όριο ανοχής της ανθρώπινης ακοής. Παρομοίως ορίζεται και η στάθμη ακουστικής πίεσης, σε dBspl, η οποία ισούται με 20log(P/Po), όπου P η προς μέτρηση rms τιμή πίεσης και Po η rms τιμή της

ακουστικής πίεσης ($2*10^{-5}$ N/ m^2). Έτσι, έστω ήχος που είναι 0 dB, τότε ένας ήχος 10 φορές ισχυρότερος θα είναι 10 dB, ένας άλλος 100 φορές ισχυρότερος 20 dB κ.ο.κ.



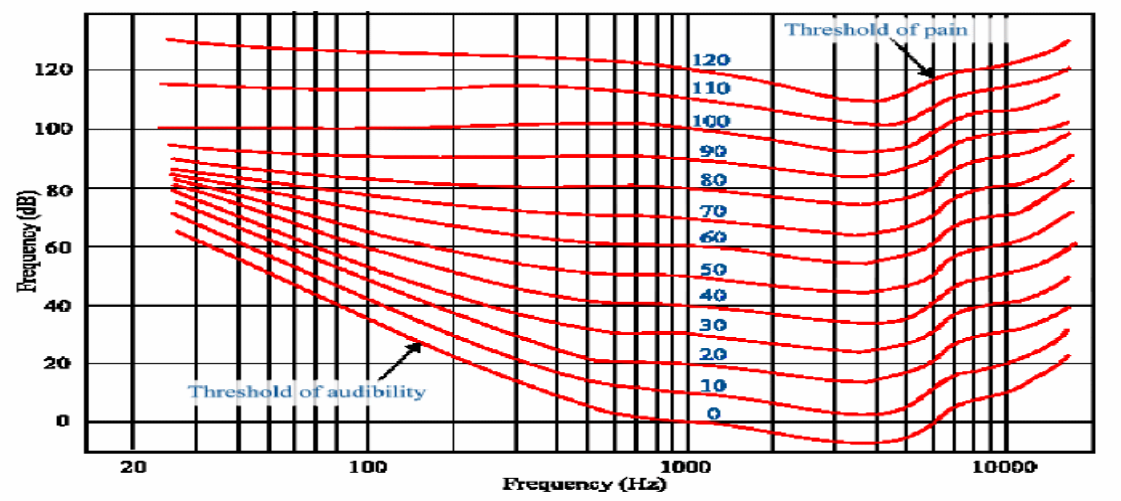
Πυκνώματα και αραιώματα του ηχητικού κύματος / Πηγή:
http://www.dosits.org/science/whatis/img/compositb-frequenc.gif (2-8-08)

- **Φάσμα συχνοτήτων.** Το φάσμα συχνοτήτων είναι η αντικειμενική εκδοχή της χροιάς, δηλαδή εκείνο το χαρακτηριστικό που κάνει δυο ήχους ίδιας συχνότητας (ύψους) και έντασης (ακουστότητας) να διαφέρουν στο άκουσμά τους. Κάθε απλός τόνος έχει μια θεμελιώδη συχνότητα, η οποία είναι και η χαμηλότερη συχνότητα στο φάσμα ενός σύνθετου ήχου και το κύριο χαρακτηριστικό που καθορίζει το ύψος του, ενώ συνήθως έχει τη μεγαλύτερη ένταση από όλες τις άλλες συχνότητες μέσα σε ένα σύνθετο φάσμα. Η θεμελιώδης αυτή συχνότητα ονομάζεται και $1^{η}$ αρμονική. Αν θεωρητικά έχουμε θεμελιώδη συχνότητα τα 50Hz, τότε οι παράγωγες αρμονικές της θα είναι τα ακέραια πολλαπλάσιά της, δηλ. $2^{η}$ αρμονική τα 100 Hz, $3^{η}$ αρμονική τα 150 Hz, $4^{η}$ αρμονική τα 200 Hz κ.ο.κ. **[2]**. Οι αρμονικές συχνότητες είναι αυτές που προσδίδουν μουσικότητα στον ήχο: όσο περισσότερες αρμονικές παράγονται, τόσο μουσικότερος και πληρέστερος είναι ο ήχος. Το διαπασών ως γνωστόν, παράγει ήχο χωρίς αρμονικές, δηλ. περιέχει μόνο τη θεμελιώδη συχνότητα (440 Hz) **[3]** Όσον

αφορά στο διαπασών, αυτό είναι μια χαλύβδινη ράβδος, λυγισμένη σε σχήμα U, το οποίο αν διεγερθεί κατάλληλα, πάλλεται και σχηματίζει στάσιμα κύματα με κοιλίες στη καμπή και τα ελεύθερα άκρα του**.** Τα διαπασών πάλλονται σχεδόν με μια αρμονική, γι'αυτό και οι ήχοι που εκπέμπουν μπορούν να θεωρηθούν ως απλοί ήχοι. Η συχνότητα με την οποία πάλλεται ένα διαπασών εξαρτάται από τις διαστάσεις του. Επειδή ο ήχος που παράγεται από το διαπασών είναι ασθενής, για την ενίσχυσή του, στηρίζεται πάνω σε κιβώτια που είναι ανοιχτά κατά το ένα μέρος (αντηχεία) και έχουν τέτοιες διαστάσεις, ώστε η στήλη του αέρα που περιέχεται μέσα σε αυτά, να συντονίζεται στη συχνότητα του διαπασών **[23].** Στις περιπτώσεις φασμάτων που εμφανίζονται παράγωγες αρμονικές που δεν είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους, τότε αυτές ονομάζονται μη αρμονικές (inharmonics). Επίσης, μπορεί να υπάρξουν και οι λεγόμενες υποαρμονικές (subharmonics), οι οποίες είναι ακέραια υποπολλαπλάσια της θεμελιώδους, π.χ. «*το χαμηλότερο φα του πιάνου είναι στα 43Hz και είναι η 3^{η} υποαρμονική του ντο των 130,8 Hz της 3^{ης} οκτάβας.*» Βασικό επίσης χαρακτηριστικό είναι η κατανομή των συχνοτήτων –αρμονικών και μη- στο ακουστικό φάσμα, η οποία καθορίζει αν ο ήχος που ακούγεται είναι 'ωραίος' κατά τα συμβατικά ανθρώπινα δεδομένα ή όχι. Όσο εντονότερα δονείται το ηχογόνο σώμα, τόσο περισσότερες αρμονικές και μη αρμονικές συχνότητες παράγονται, ενώ όσο πιο ισχυρός είναι ο ήχος τόσο περισσότεροι υποκειμενικοί τόνοι παράγονται λόγω της μη γραμμικής λειτουργίας του αυτιού, με αποτέλεσμα να υπάρχει αλλοίωση στη χροιά του ήχου. Αναφορικά με τη χροιά σε σχέση με το χρόνο, *«οι εντάσεις των αρμονικών από τη γέννηση ως την παύση του ήχου, δεν ακολουθούν την ίδια πορεία μεταβολής, δηλ. στην αρχή να είναι όλες εξίσου ισχυρές, κατόπιν να φθίνουν ομοιόμορφα και τέλος να μηδενίζονται όλες ταυτόχρονα. Αντίθετα, η κάθε αρμονική ακολουθεί τη δική της περιβάλλουσα, όπως προέκυψε από έρευνες του Γάλλου συνθέτη και φυσικού J.C.Risset το 1965 πάνω στη σύνθεση ήχου. Αυτό εξηγεί π.χ. γιατί στο πιάνο ο ήχος είναι πιο λαμπρός στην αρχή (attack) λόγω των υψηλών αρμονικών που έχουν αρκετή ισχύ, ενώ κατόπιν (decay) γίνεται πιο θαμπός και πιο μπάσος, επειδή οι υψηλές αρμονικές φθίνουν γρηγορότερα από ότι οι χαμηλές* **[2]**».

Υποκειμενικά χαρακτηριστικά:

- **Ύψος.** Ύψος ήχου είναι το βαρύ ή το οξύ κι εξαρτάται από τον αριθμό των παλμικών κινήσεων που κάνει το ηχογόνο σώμα, κατά τη διέγερσή του, σε 1 δευτερόλεπτο. Όσο πιο μικρός είναι ο αριθμός των παλμικών κινήσεων, τόσο πιο βαρύς είναι ο ήχος, ενώ όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των παλμικών κινήσεων, τόσο πιο οξύς είναι ο παραγόμενος ήχος. Είναι το αντίστοιχο υποκειμενικό γνώρισμα της συχνότητας.
- **Ακουστότητα.** Η υποκειμενική εκδοχή της έντασης είναι η ακουστότητα με μονάδα στάθμης το 1 phon και δεν είναι τίποτε άλλο από *«το μέγεθος της ακουστικής αντίληψης που παράγει ο ήχος στον ακροατή»*. Η διαφοροποίηση μεταξύ έντασης και ακουστότητας, απεδείχθη ξεκάθαρα από τις καμπύλες ίσης ακουστότητας που συνέταξαν οι Fletcher & Munson.



Καμπύλες ίσης ακουστότητας Fletcher – Munson / Πηγή:
http://www.customanalogue.com/elsinore/elsinore_images/Fletcher-Munson_700W.gif (2-8-08)

Από το άνω διάγραμμα προκύπτει η εξάρτηση της ακουστότητας ενός ήχου από τη συχνότητά του. Ήχοι με ίδια ένταση ή ακουστική πίεση, αλλά με διαφορετική συχνότητα, έχουν διαφορετική ακουστότητα, υποδηλώνοντας ότι το αυτί δεν έχει την ίδια ευαισθησία σε όλες τις συχνότητες. Κάτω από το 1Khz και πάνω από τα 6 Khz, η ευαισθησία του αυτιού μειώνεται αρκετά, ενώ στην περιοχή 3-4 Khz παρουσιάζει τη μέγιστη ευαισθησία. «*Στην περιοχή μέγιστης ευαισθησίας, το αυτί μπορεί να διακρίνει περίπου 375 στάθμες ακουστότητας, ενώ στις χαμηλές ή πολύ υψηλές συχνότητες, οι*

διακριτές στάθμες μειώνονται κατά πολύ. Συνεπώς, με δεδομένο ότι η περιοχή αντιληπτών εντάσεων ήχου έχει εύρος περίπου 120dB, τότε το αυτί μπορεί να διακρίνει μεταβολές έντασης περίπου 0,5dB στην περιοχή μέγιστης ευαισθησίας του **[2]**». Η μικρότερη ακουστότητα που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο αυτί σε μια δεδομένη αλλαγή έντασης, όχι συγκεκριμένα στην περιοχή μέγιστης ευαισθησίας, αλλά σε όλο το ακουστικό φάσμα είναι περίπου 3dB. Το επίπεδο 0dB έχει καθιερωθεί ως ο ασθενέστερος ήχος – για τις μετρήσεις της καθημερινής ζωής – που είναι ακουστός από ένα συνηθισμένο αυτί. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ακουστότητα δεν είναι ευθέως ανάλογη της έντασης, λόγω του ότι ένας εγγενής εσωτερικός μηχανισμός στο αυτί ελαττώνει την ευαισθησία του, καθώς αυξάνει η ένταση, έτσι ώστε όταν π.χ. η ένταση ενός ήχου διπλασιάζεται, η ακουστότητα αντί να διπλασιασθεί, αυξάνεται περίπου κατά 23% **[3]**. Επειδή με τις καμπύλες ίσης ακουστότητας και τη μονάδα phon δε μπορεί να υπάρξει μια πραγματική εικόνα για το πότε ένας ήχος είναι διπλάσιος ή μισός σε ένταση από κάποιον άλλο, εισήχθη μια νέα μονάδα ακουστότητας, το sone όπου *«τα δυο sones ηχούν με διπλάσια ακουστότητα από το 1 sone, τα 20 sones διπλάσια από τα 10 sones κ.ο.κ. Εξ'ορισμού το 1 sone είναι η ακουστότητα που παράγει ένας απλός τόνος συχνότητας 1Khz με στάθμη 40 phons.»* Για το διαχωρισμό του phon και sone, μπορεί να οριστεί ότι το phon είναι αντικειμενική μονάδα ακουστότητας, ενώ το sone υποκειμενική **[2].**

- **Χροιά.** Είναι αυτό που κάνει δυο ή περισσότερους ήχους ίδιας έντασης και οξύτητας να διαφέρουν μεταξύ τους. Όταν π.χ. από ένα μουσικό όργανο ακούγεται μια νότα μαζί με τη θεμελιώδη συχνότητα, δημιουργείται κι ένα πλήθος από αρμονικές. Η ενέργεια που μεταφέρει κάθε αρμονική εξαρτάται από το είδος του οργάνου και αυτό ακριβώς είναι που κάνει να διαφέρει ένα όργανο από ένα άλλο, και λέγεται ότι κάθε όργανο έχει *τη δική του χροιά.* Το αυτί μας, που έχει τη δυνατότητα να αντιλαμβάνεται και να ξεχωρίζεται τις αρμονικές μπορεί έτσι να πιστοποιεί την ταυτότητα της ηχητικής πηγής. Η διαφορετικότητα της χροιάς έγκειται στον διαφορετικό τρόπο με τον οποίο κατανέμεται η ηχητική ενέργεια κάθε φορά. Γι'αυτό και είναι το αντίστοιχο υποκειμενικό χαρακτηριστικό του φάσματος συχνοτήτων. **[36].**

1.4 Φαινόμενα κατά τη διάδοση του ήχου

Εισαγωγή

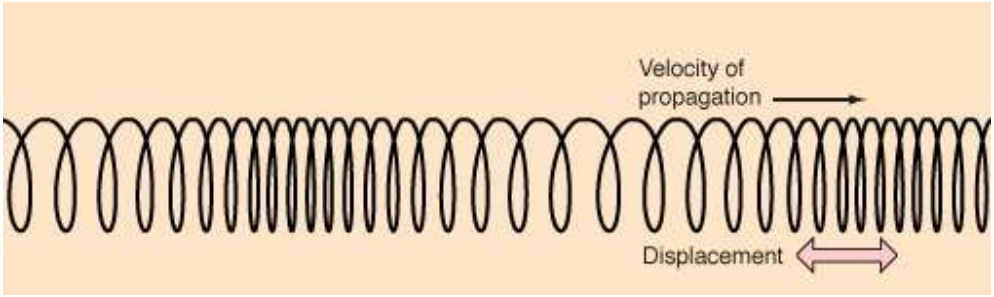
Ο ρόλος του ημιτονικού κύματος ως δομικό στοιχείο των σύνθετων ήχων, αποσαφηνίστηκε για πρώτη φορά το 1801 από τον Γάλλο μαθηματικό Ζαν Μπατίστ Φουριέ. Ο Φουριέ απέδειξε έμπρακτα την ανάλυση ενός σύνθετου ήχου στα συστατικά του ημιτονικού κύματος, κάνοντας ένα βήμα μπροστά. Από εκείνο το σημείο και πέρα έγινε ευκολότερη η μελέτη του ήχου στις διάφορες πτυχές του **[3].**

Είδη κυμάτων

Οι δύο γενικές κατηγορίες διάκρισης των κυμάτων είναι τα εγκάρσια και τα διαμήκη. Τα εγκάρσια είναι εκείνα στα οποία η διεύθυνση ταλάντωσης των τμηματιδίων της μάζας είναι κάθετη προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Στο εγκάρσιο κύμα η υψηλότερη περιοχή της ημιτονοειδούς γραμμής μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή λέγεται ‘όρος’, ενώ η χαμηλότερη ‘κοιλάδα’. Η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών ορέων λέγεται μήκος κύματος. Τα διαμήκη κύματα είναι εκείνα στα οποία η διεύθυνση ταλάντωσης των τμηματιδίων της μάζας συμπίπτει με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. **[25].**

Για τα διαμήκη κύματα ισχύουν:

- Διαδίδονται υπό μορφή πυκνωμάτων και αραιωμάτων
- Διαδίδονται μόνο στα μέσα στα οποία παρουσιάζεται ελαστικότητα όγκου, δηλ. στα υγρά, στα αέρια και σε ορισμένα μόνο στερεά.
- Δεν υφίστανται πόλωση



Διαμήκες κύμα / Πηγή: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/tralon.html (5-8-08)

Για τα εγκάρσια κύματα ισχύουν:

- Διαδίδονται υπό μορφή διαδοχικών ορέων και κοιλάδων
- Διαδίδονται στα στερεά και στην επιφάνεια των υγρών

- Υφίστανται πόλωση **[33].**

Για τη διάδοση του ήχου στα διάφορα μέσα, ισχύουν οι παρακάτω τύποι:

α) Ταχύτητα διάδοσης του ήχου στα στερεά: $c = \sqrt{E} / \rho$

όπου: **E** το μέτρο ελαστικότητας

ρ η πυκνότητα του στερεού

β) Ταχύτητα διάδοσης του ήχου στα υγρά: $c = \sqrt{B} / \rho$

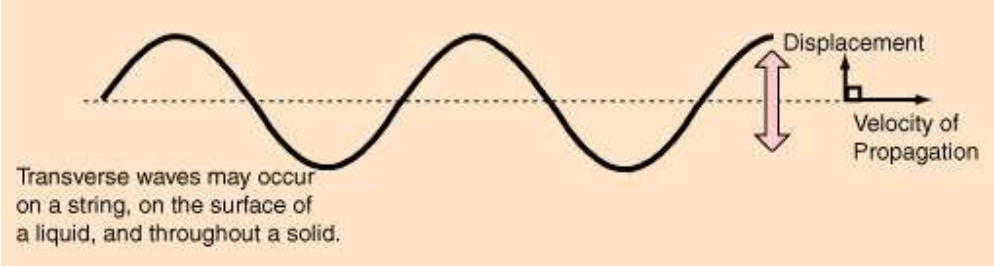
όπου: **B** ο συντελεστής ελαστικότητας

ρ η πυκνότητα του υγρού

γ) Ταχύτητα διάδοσης του ήχου στα αέρια: $c = \sqrt{p\gamma} / \rho$

όπου: **p** η πίεση

γ ο λόγος Cp / Cv των δυο ειδικών θερμοτήτων του αερίου **[25]**



Εγκάρσιο κύμα / Πηγή: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/tralon.html (5-8-08)

Επίσης, ως γενικότερη έννοια, υπάρχει και αυτή του ***τρέχοντος*** κύματος, το οποίο είναι μια χρονική και τοπική μεταβολή ενός ελαστικού μέσου, εντός του οποίου, η φάση διαδίδεται απομακρυνόμενη από την πηγή με ομαλή ταχύτητα που εξαρτάται από την ελαστικότητα και την πυκνότητα του μέσου. **[7]**

1.5 Ηχητικά φαινόμενα [3]

1.5.1 Απορρόφηση

Οι πρώτες καταγεγραμμένες τουλάχιστον απόπειρες για την αύξηση της ηχητικής απορροφητικότητας ενός χώρου μέσω μείωσης ανακλάσεων έγινε από τον Ουάλλας Σαμπίν (Wallace Sabin) το 1895 όταν του ανατέθηκε η διόρθωση της άθλιας ακουστικής μιας αίθουσας διαλέξεων του Μουσείου Τέχνης Φογκ στο Χάρβαρντ. Οι αρχικές μετρήσεις έγιναν απλά με τη χρήση ενός χρονομέτρου και το αυτί του, μετρώντας την αργή εξασθένηση του ήχου από τις ανακλάσεις στους τοίχους. Προσπάθησε να

προσδώσει τέτοια ακρίβεια στις μετρήσεις του, που για να εξουδετερώσει την απορροφητική επίδραση των ρούχων του, διεξήγαγε το πείραμα κλεισμένος μέσα σε ένα κουτί, από το οποίο εξείχε μόνο το κεφάλι του. Στη συνέχεια, άρχισε να φέρνει σταδιακά μαξιλάρια από τα καθίσματα του γειτονικού θεάτρου Σάντερς, ώσπου τα έφερε όλα και επιπλέον κάλυψε τα θεωρεία και την εξέδρα. Ως σταθερή πηγή ήχου, χρησιμοποίησε τη νότα από ένα μόνο σωλήνα εκκλησιαστικού οργάνου. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά, αφού ύστερα από πολλαπλές μετρήσεις κατάφερε να μειώσει το χρόνο αντήχησης της αίθουσας από 8-9sec στα 5,33 sec και κατόπιν διαδοχικών καλύψεων της αίθουσας μειώθηκε στα 1,14 sec και όλα αυτά, με μονάδα απορρόφησης ένα μαξιλάρι του θεάτρου Σάντερς **[3]**. Από το παραπάνω πείραμα προκύπτει ότι η απορροφητικότητα των επιφανειών και των αντικειμένων που υπάρχουν σε έναν χώρο και ο όγκος του, επηρεάζουν το βάθος του χώρου αυτού. Επίσης, ισχύει ότι *«Η απορροφητική ικανότητα των υλικών μεταβάλλεται με τη συχνότητα.»* Αυτό σημαίνει ότι ένα υλικό έχει διαφορετική απορρόφηση στις χαμηλές από ότι στις υψηλές, γι'αυτό και υπάρχουν ειδικά υλικά ανά περίπτωση. Εδώ, είναι απαραίτητο να αναφερθούν οι έννοιες χρόνος αντήχησης και συντονισμός. *«Ο χρόνος αντήχησης ενός χώρου είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να εξασθενήσει η ένταση του ήχου, μετά την παύση του, κατά 60dB και δίνεται από τον τύπο:* $t = (0,16*V) / (S*a)$ *όπου:*

V ο όγκος του χώρου

S η συνολική επιφάνεια σε m^2

α ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης

t ο χρόνος αντήχησης σε sec

Ο παραπάνω τύπος ισχύει για τιμές του $\alpha < 0,2$. *Για τιμές του* $\alpha > 0,2$ *ο t δίνεται από τον τύπο:* $t = (0,16*V) / (-S* \ln(1-\alpha))$ **[2]**».

Όταν το ηχητικό κύμα εισχωρήσει σε απορροφητικό υλικό, ανακλάται και σκορπίζεται σε μυριάδες θύλακες αέρα, μέχρι να χαθεί ένα μεγάλο μέρος της ενέργειάς του, μετατρέποντας την ηχητική ενέργεια σε θερμότητα, της η οποίας η αύξηση υπό κανονικές συνθήκες είναι τόσο μικρή, που θεωρείται αμελητέα **[3]**.

Ένα άλλο φαινόμενο είναι ο **συντονισμός**, που δημιουργείται όταν ένα ηχητικό κύμα προσπέσει σε ένα σώμα, του οποίου η ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης είναι ίδια με τη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Τότε το σώμα αρχίζει να δονείται δημιουργώντας νέα

ηχητικά κύματα. Οι συντονισμοί παρατηρούνται και σε μουσικά όργανα και σε ηχητικά συστήματα, αλλά αποτελούν πλέον ελεγχόμενο φαινόμενο σε χώρους ακροάσεων ή ηχογραφήσεων.

1.5.2 Περίθλαση

Περίθλαση δημιουργείται όταν το ηχητικό κύμα παρακάμπτει ένα εμπόδιο, δημιουργώντας μια νέα σειρά κυμάτων, τα οποία εκπέμπονται από το εμπόδιο σα να ήταν αυτό η πηγή του ήχου. *«Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος από τις διαστάσεις του εμποδίου, τόσο εντονότερη είναι η περίθλαση.»* Επειδή η ένταση του ήχου ακριβώς πίσω από το εμπόδιο είναι πολύ μικρή, θεωρείται ότι παράγεται μια ηχητική σκιά από το εμπόδιο **[2]**, δηλ. δημιουργείται 'ζώνης σιγής'. Την έκταση του φαινομένου αυτού, μειώνει η περίθλαση **[8].** Όταν το εμπόδιο έχει μικρότερες ή σχεδόν ίδιες διαστάσεις με το μήκος κύματος του προσπίπτοντα ήχου, τότε αλλάζει κατεύθυνση και περνά πάνω ή γύρω από το εμπόδιο. Στην αντίθετη περίπτωση, αν το εμπόδιο έχει πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις με κενό κάπου στη μέση μικρών διαστάσεων, τότε λόγω της περίθλασης, περνάει μέσα από κενό και συνεχίζει να διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις, πίσω από το κενό, με ελαττωμένη όμως ένταση, γιατί ένα μεγάλο μέρος της, ανακλάστηκε πίσω από το εμπόδιο.

1.5.3 Ανάκλαση

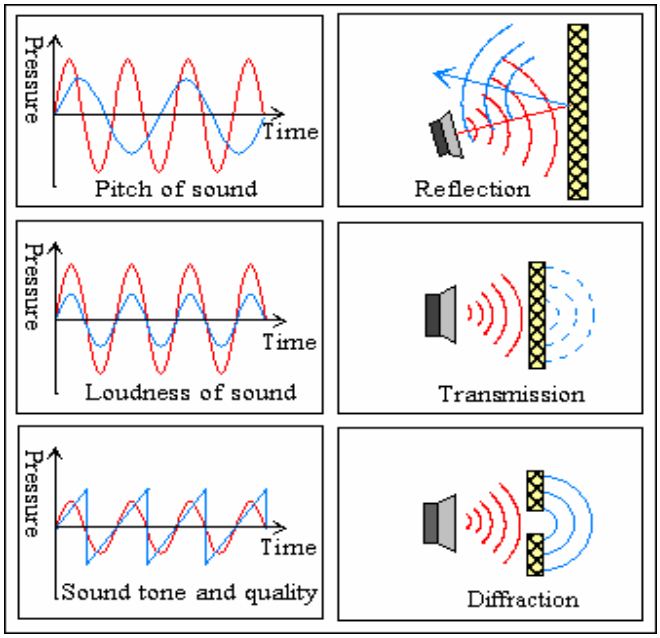
Στην πιο απλή μορφή της, ένα ηχογόνο σώμα εκπέμπει ηχητικά κύματα, τα οποία όταν προσπίπτουν σε εμπόδιο, ανακλώνται. Η ανάκλαση, αλλά και τα υπόλοιπα φαινόμενα (απορρόφηση, διάθλαση, περίθλαση), εξαρτώνται από τη συχνότητα του ήχου, τη γωνία πρόσκρουσης (ισχύει όπως και στην οπτική, ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης), αλλά και το υλικό του μέσου διάδοσης. *«Ένα φαινόμενο παράγωγο της ανάκλασης είναι η αντήχηση ή μετήχηση. Παρουσιάζεται στους κλειστούς χώρους και είναι η βαθμιαία εξασθένηση του ήχου (λόγω απορρόφησης) μετά την παύση του, η οποία δημιουργεί το εφέ του φυσικού βάθους (reverb).»* Μέσα στο γενικότερο πλαίσιο της ανάκλασης εντάσσεται και η ηχώ, η οποία είναι η διακριτή επανάληψη ενός ήχου, δηλ. ένα ακριβές αντίγραφο του αρχικού ήχου **[2]**. Για παράδειγμα όταν ένας ακροατής βρίσκεται σε έναν χώρο και δέχεται το απ'ευθείας κύμα, δέχεται και διαδοχικά τις διάφορες ανακλάσεις σε διαφορές χρόνου, που εξαρτώνται από τις διαφορές δρόμου των διαφόρων ηχητικών κυμάτων. Λόγω του ότι το αυτί έχει μια ορισμένη αδράνεια, οι

ακουστικές εντυπώσεις δε χάνονται αμέσως, αλλά έχουν κάποια χρονική διάρκεια. Αν ένα ανακλώμενο κύμα έχει αρκετή ένταση όσο και αρκετή καθυστέρηση σε σχέση με το απ'ευθείας, είναι τότε δυνατό να διαχωριστεί ως επανάληψη του απευθείας και αυτό λέγεται ηχώ. Για χρονικές διαφορές μικρότερες από 0,035s που αντιστοιχεί σε διαφορά δρόμου 12m, δε δημιουργείται ηχώ, απλώς τα ηχητικά κύματα λειτουργούν προσθετικά, αυξάνοντας την ακουστική εντύπωση. Για χρονικές όμως διαφορές μεγαλύτερες από 0,05s για ήχους μικρής διάρκειας ή από 0,01s για ήχους μεγαλύτερης διάρκειας (που σε διαφορές δρόμου είναι 17m και 34m αντίστοιχα), εμφανίζεται η ηχώ. Ως στοιχείο σύγκρισης, αναφέρεται ότι μια μέση συλλαβή διαρκεί 0,1s και το διάστημα μεταξύ δυο λέξεων είναι περίπου 0,2s **[27]**.

Όσον αφορά στην ανάκλαση τώρα, μπορεί να επίπεδη (στην πιο απλή μορφή της), παραβολική (τα ηχητικά κύματα προσκρούουν σε επιφάνεια με παραβολικό σχήμα κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα ηχητικά κύματα που παράγονται να αναπηδούν κατευθείαν προς τα έξω, από τους ανακλαστήρες. Αυτό έχει ιδιαίτερη χρήση σε υπαίθριες ορχήστρες με την κατασκευή των παραβολικών οστράκων), και ελλειπτική. Η έλλειψη είναι κλειστή και από τα δύο άκρα, έτσι ώστε τα ηχητικά κύματα που γεννιόνται σε μια εστία και ανακλώνται από οποιοδήποτε σημείο συγκλίνουν προς την άλλη εστία. Το φαινόμενο αυτό είναι ένας από τους παράγοντες που επενεργούν στις λεγόμενες *Whispering Galleries*, δηλ. τεράστιες αίθουσες στις οποίες ένας ψίθυρος που προφέρεται στη μια άκρη μπορεί να ακουστεί πολύ στην άλλη, αν και μόλις ακούγεται οπουδήποτε αλλού μέσα στην έλλειψη.

1.5.4 Διάθλαση

Όταν κατά τη διάδοση ενός κύματος αλλάξει το μέσο διάδοσης, τότε το κύμα αλλάζει κατεύθυνση, επειδή μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης, που επιφέρει αλλαγές στην ταχύτητα διάδοσης. Όσον αφορά στον αέρα, *«η ταχύτητα του ήχου στον θερμό αέρα είναι μεγαλύτερη από ότι στον ψυχρό* **[3]**»..



Ηχητικά φαινόμενα

Πηγή: http://www.onosokki.co.jp/English/hp_e/whats_new/SV_rpt/SV_3/images/sV1.gif (2-8-08)

1.6 Είδη ηχητικών πεδίων [28]

Ελεύθερο ηχητικό πεδίο. Το ηχητικό πεδίο που δημιουργεί ένα ομογενές, ισότροπο μέσο σε ένα χώρο και εκτείνεται απεριόριστα προς όλες τις κατευθύνσεις **[8].** Είναι αυτό στο οποίο δεν υφίστανται σχεδόν ανακλάσεις (οι όποιες επιφάνειες έχουν αμελητέα επίδραση στο πεδίο, για την περιοχή συχνοτήτων που μας ενδιαφέρει).

Κοντινό ηχητικό πεδίο, που ακτινοβολεί σε συνθήκες ελεύθερου ηχητικού πεδίου, είναι η περιοχή εκείνη του ηχητικού πεδίου της πηγής, στην οποία η ηχητική πίεση και η ηχητική σωματιδιακή ταχύτητα δεν είναι σε φάση. Η έκταση του κοντινού ηχητικού πεδίου εξαρτάται από τον τύπο της πηγής και το μήκος κύματος.

Μακρινό ηχητικό πεδίου, σε αντίθεση με το κοντινό, η ηχητική πίεση και η ηχητική σωματιδιακή ταχύτητα, εδώ είναι σε φάση.

Ημι-αντηχητικό πεδίο, το οποίο υπάρχει σε μεγάλο κλειστό χώρο, του οποίου οι επιφάνειες έχουν μέτρια ηχοανακλαστικότητα.

Διάχυτο ηχητικό πεδίο, στο οποίο κάθε σημείο έχει ίδια τιμή πυκνότητας ηχητικής ενέργειας και η ηχητική ένταση είναι ίδια προς όλες τις κατευθύνσεις.

Αντηχητικό πεδίο, σε έναν ολικά ή μερικά κλειστό χώρο, είναι η συνιστώσα του ηχητικού πεδίου που προέρχεται από τις αλλεπάλληλες ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων και στην οποία η επίδραση του ήχου που φτάνει κατευθείαν από την πηγή είναι αμελητέα.

1.7 Φαινόμενο Doppler

«Όταν η πηγή ενός ήχου κινείται ως προς τον ακροατή ή ο ακροατής κινείται ως προς την πηγή ή και τα δυο μαζί, τότε ο ακροατής αντιλαμβάνεται μια μεταβολή στο ύψος του ήχου. Αν πηγή και ακροατής πλησιάζουν μεταξύ τους, τότε η συχνότητα που ακούει ο ακροατής είναι ψηλότερη από την πραγματική συχνότητα της πηγής **[2]**», ενώ όταν απομακρύνεται, η συχνότητα είναι χαμηλότερη. Αυτό συμβαίνει επειδή όταν π.χ. πηγή και ακροατής πλησιάζονται, τα κύματα αν και διασκορπίζονται προς όλες τις κατευθύνσεις με σταθερή ταχύτητα, παύουν να έχουν πια κοινό κέντρο και συσσωρεύονται εμπρός από την κινούμενη πηγή και η απόσταση μεταξύ τους ελαττώνεται **[3]**. Αντίθετα, αν πηγή και ακροατής απομακρύνονται, τότε η συχνότητα ακούγεται χαμηλότερη, επειδή πίσω από την κινούμενη πηγή, η απόσταση μεταξύ των κυμάτων μεγαλώνει και ο τόνος χαμηλώνει. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως Doppler, από το όνομα του αυστριακού φυσικού Christian Johann Doppler **[2], [3]**.

Στο φαινόμενο Doppler ισχύουν τα παρακάτω:

- η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής όταν πλησιάζει προς την ακίνητη πηγή είναι μεγαλύτερη από την πραγματική και ίση με

$$f' = f\,[(\upsilon + \upsilon_{\pi}) / (\upsilon)]$$

- η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής όταν απομακρύνεται από την ακίνητη πηγή είναι μικρότερη από την πραγματική και ίση με

$$f' = f\,[(\upsilon - \upsilon_{\pi}) / (\upsilon)]$$

Έστω τώρα, ότι ο παρατηρητής είναι ακίνητος και ότι η ηχητική πηγή κινείται πως προς αυτόν, με ταχύτητα μικρότερη από την ταχύτητα του ηχητικού κύματος ($\upsilon_{\pi} < \upsilon$):

- η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο ακίνητος παρατηρητής όταν η ηχητική πηγή τον πλησιάζει είναι μεγαλύτερη από την πραγματική και ίση με

$$f' = f\,[\upsilon /(\upsilon - \upsilon_{\pi})]$$

- η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο ακίνητος παρατηρητής όταν η ηχητική πηγή απομακρύνεται από αυτόν είναι μικρότερη από την πραγματική και ίση με

$$f' = f\,[\upsilon /(\upsilon + \upsilon_{\pi})]$$

όπου,

f' η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής (μη πραγματική)

f η πραγματική συχνότητα

υ η ταχύτητα διάδοσης κυμάτων ακίνητης πηγής

υ_{π} η ταχύτητα κίνησης (προσέγγισης ή απομάκρυνσης) του παρατηρητή ως προς την ακίνητη πηγή

Υπάρχει βέβαια και η γενική περίπτωση κατά την οποία και η ηχητική πηγή να κινείται –είτε πλησιάζοντας προς τον παρατηρητή είτε απομακρύνοντας από αυτόν- και ο παρατηρητής να κινείται –είτε πλησιάζοντας προς την πηγή είτε απομακρυνόμενος από αυτήν. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει ότι η φαινόμενη συχνότητα του ήχου που γίνεται ακουστός είναι ίση με

$$f' = f\,[(\upsilon \pm \upsilon_{\pi}) / (\upsilon \mp \upsilon_{\pi\eta\gamma})]$$

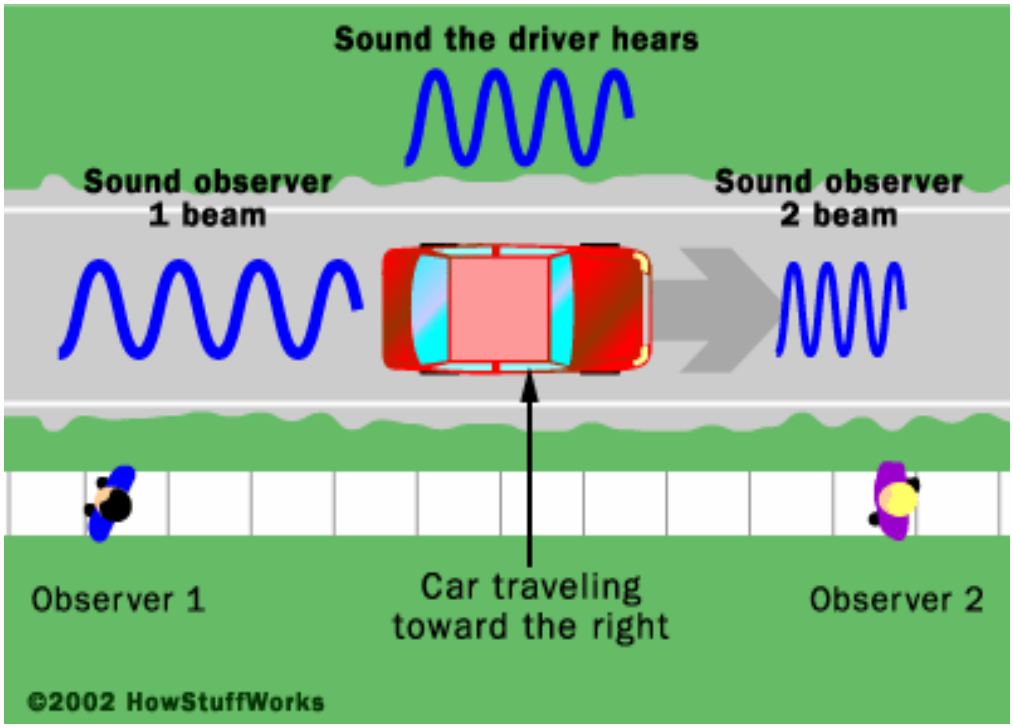
Στον αριθμητή, όταν ο παρατηρητής πλησιάζει προς την πηγή, λαμβάνουμε την ταχύτητα του υ_{π} με πρόσημο θετικό, ενώ όταν ο παρατηρητής απομακρύνεται από την πηγή, λαμβάνουμε την ταχύτητα υ_{π} με πρόσημο αρνητικό.

Στον παρανομαστή, όταν η πηγή πλησιάζει προς τον παρατηρητή, λαμβάνουμε την ταχύτητα της $\upsilon_{\pi\eta\gamma}$ με πρόσημο αρνητικό, ενώ όταν η πηγή απομακρύνεται από τον παρατηρητή, λαμβάνουμε την ταχύτητα της $\upsilon_{\pi\eta\gamma}$ με πρόσημο θετικό.

Στην περίπτωση που και ο παρατηρητής είναι ακίνητος και η ηχητική επίσης ακίνητη, αυτονόητο είναι ότι δε παρουσιάζεται καμιά μεταβολή της συχνότητας του ηχητικού κύματος. Η σχέση $f' = f\,[(\upsilon \pm \upsilon_{\pi}) / (\upsilon \mp \upsilon_{\pi\eta\gamma})]$ ισχύει, όταν ο αέρας ή γενικότερα το μέσο διάδοσης του ήχου είναι ακίνητο. Όταν το μέσο διάδοσης του ήχου κινείται με ταχύτητα $\upsilon_{\mu\acute{\varepsilon}\sigma ου}$, η παραπάνω σχέση γίνεται

$$f' = f\,[(\upsilon \pm \upsilon_{\pi} \pm \upsilon_{\mu\acute{\varepsilon}\sigma ου}) / (\upsilon \pm \upsilon_{\mu\acute{\varepsilon}\sigma ου} \pm \upsilon_{\pi\eta\gamma})]$$

όπου το πρόσημο + λαμβάνεται, όταν η ταχύτητα του μέσου και του ήχου έχουν την ίδια φορά στην κατεύθυνση του παρατηρητή. **[29].**



Φαινόμενο Doppler / Πηγή : http://static.howstuffworks.com/gif/doppler.gif *(1-8-08)*

1.8 Διαχωρισμός των συχνοτήτων του ακουστικού φάσματος [2]

Τα χαμηλά μπάσα (Low Bass). Εκτείνονται από 10Hz-80Hz, δεν μπορούν να παραχθούν από όλα τα μουσικά όργανα, δίνουν βάθος και πληρότερο και είναι περισσότερο ‘αισθητές’ παρά ‘ακουστές’.

Τα υψηλά μπάσα (High Bass). Εκτείνονται από 80Hz -250Hz, δίνουν στον ήχο την ώθηση και δυναμική πληρότητα, αν και μπορεί να αρχίσουν να θολώνουν.

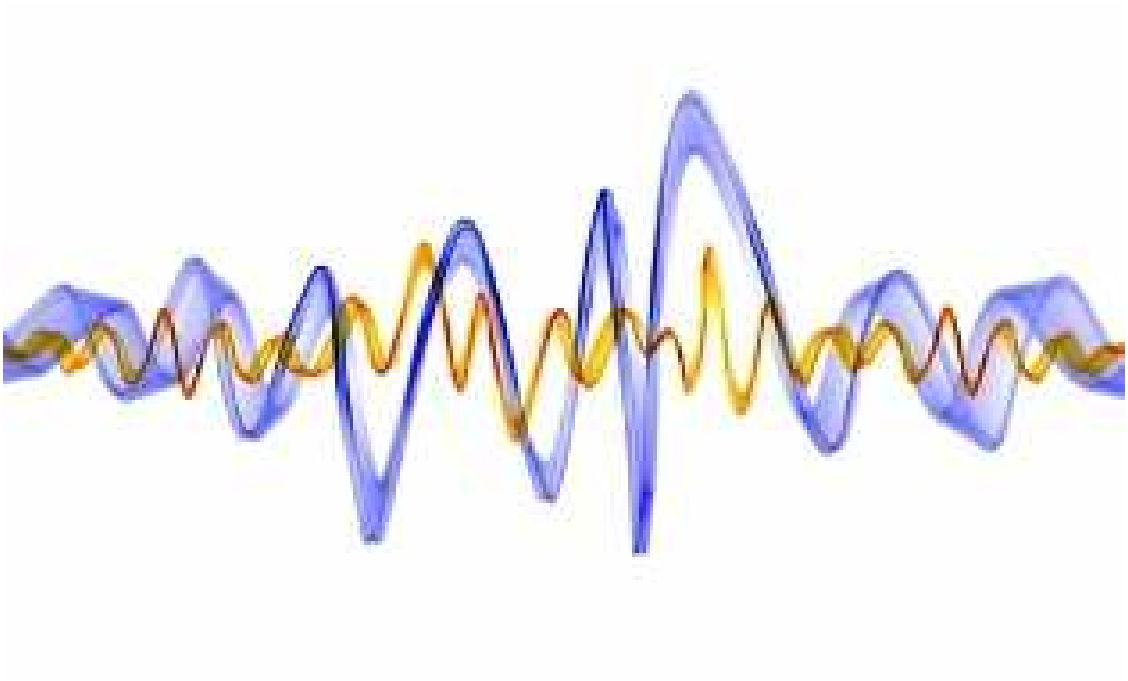
Οι χαμηλές μεσαίες (Low Mid). Εκτείνονται από 250Hz -500Hz, δίνουν ζεστό και κάπως θολό ήχο.

Οι μεσαίες (Mid). Εκτείνονται από 500Hz -3KHz είναι η περιοχή που το ανθρώπινο αυτί είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο και που τα περισσότερα όργανα έχουν συγκεντρωμένη την ισχύ τους σε αυτήν την περιοχή, γι’αυτό και αν λείπουν, ο ήχος ακούγεται ανούσιος.

Οι υψηλές μεσαίες (High Mid). Εκτείνονται από 2Hz -5KHz, και στην περιοχή το αυτί παρουσιάζει τη μέγιστη ευαισθησία, δίνουν παρουσία και λαμπρότητα στον ήχο.

Οι υψηλές (High). Εκτείνονται από 5KHz -10KHz, δίνουν διαύγεια, και σε αυτή την περιοχή υπάρχει και το φάσμα θορύβου (hiss), καθώς και οι υψηλές αρμονικές σχεδόν όλων των οργάνων.

Πολύ υψηλές (Ultra High). Εκτείνονται από 10KHz -20KHz δεν είναι εύκολα αντιληπτές.



Ηχητικό κύμα / Πηγή: http://vasiliki.files.wordpress.com/2007/04/sound-wave.jpg (2-8-09)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Η ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ ΩΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ



Ηχορύπανση: Ορισμός – Είδη - Μέθοδοι μέτρησης - Μέτρα προστασίας

Πρόλογος 2ου Κεφαλαίου

Ο ήχος δεν είναι τίποτε άλλο από ένα ερέθισμα που διεγείρει το αισθητήριο της ακοής του ανθρώπου. Μπορεί να είναι ευχάριστος υπό μορφή μελωδίας ή μουσικής και δυσάρεστος ως θόρυβος.

Στην περίπτωση του θορύβου και πιο συγκεκριμένα όταν ο άνθρωπος εκτίθεται σε σχετικά μεγάλες εντάσεις για τακτά ή συνεχή χρονικά διαστήματα, τότε το αυτί υφίσταται κάποιες βλάβες, άλλοτε ελαφριές και άλλοτε σοβαρότερες (ακόμα και στις περιπτώσεις συχνού χαμηλόσυχνου θορύβου). Η ηχορύπανση όμως έχει αρνητική επίδραση και στην ψυχολογική ισορροπία του ατόμου, επηρεάζοντας βραχυπρόθεσμα ή και μακροπρόθεσμα την κοινωνική του συμπεριφορά και όλες εκείνες τις παραμέτρους που απορρέουν από αυτήν.

Στο κεφάλαιο αυτό, παρατίθενται κάποιες βασικές έννοιες αναφορικά με την ηχορύπανση (ορισμός της, πώς εξελίσσεται, τα είδη και μέθοδοι αντιμετώπισής της), πριν ακολουθήσει μια ιατρική προσέγγιση σε επόμενο κεφάλαιο για τη λειτουργία του αυτιού και τις πιθανές βλάβες που προκύπτουν από αυτήν.

2.1 Εισαγωγή

Η ηχορύπανση είναι η εισβολή ανεπιθύμητων, ανεξέλεγκτων και απρόβλεπτων ήχων, όχι απαραίτητα δυνατών, στις ζωές των ανθρώπων, με φυσιολογικές ευαισθησίες, οι οποίες εμποδίζουν τις καθημερινές δραστηριότητες, όπως εργασία, ομιλία και ανάπαυση, αλλά και ελαττώνουν την ακουστική ικανότητα προκαλώντας επιτάχυνση ή και όξυνση συγκινησιακών διαταραχών. Η χρήση του όρου 'φυσιολογικός άνθρωπος' απορρίπτει τη θεώρηση του ανεπιθύμητου ήχου ως υποκειμενική. **[5]**

Εκτός από τις παραπάνω διαταραχές, η ηχορύπανση επηρεάζει αρνητικά την εργατική απόδοση του ατόμου, αλλά και τις κοινωνικές του συναναστροφές, με γενικότερες συνέπειες τόσο στη εθνική οικονομία **[Δ21]**, όσο και στη στερεότητα των κοινωνικών δομών. Σύμφωνα με στοιχεία της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας, σε κοινοτικό επίπεδο, η ηχορύπανση μειώνει την παραγωγικότητα και τις δυνατότητες εκμάθησης, αυξάνει τις ημέρες απουσίας από την εργασία και συμβάλλει στην αύξηση της χρήσης των ναρκωτικών ουσιών **[38].**

Οι ανεπιθύμητοι ήχοι ως γενικότερη έννοια, έχουν ήδη αναφερθεί στις ιστορίες της Παλαιάς Διαθήκης, όπου ο δυνατός ήχος της οχλαγωγίας, τα γαυγίσματα των σκύλων και το θορυβώδες πέρασμα των αμαξών σε δρόμους από χαλίκι, συχνά ωθούσαν τον κόσμο σε έντονες αντιδράσεις. Κατά τη Βιομηχανική Επανάσταση, η ανάπτυξη των πόλεων και η ανάγκη για μεταφορικά μέσα έκανε τον κόσμο ακόμα πιο θορυβώδη και όσο ο χρόνος κυλούσε, τόσο πιο εξαρτημένος γινόταν ο άνθρωπος από τα θορυβώδη γεννήματα της τεχνολογίας **[5]**. Από όλες τις πηγές θορύβου (οχήματα, ηχητικά συστήματα, φωνές ανθρώπων και ζώων), η κυριότερη είναι τα οχήματα **[6]**.

Η ηχορύπανση έχει βρεθεί ότι επηρεάζει και το έμβρυο κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και ιδιαίτερα το τελευταίο τρίμηνο της κύησης. Το έμβρυο έχει θέσει από νωρίς σε λειτουργία την αίσθηση της ακοής και μάλιστα μελέτες έχουν δείξει ότι οι ήχοι που αντιλαμβάνεται με μεγάλη σταθερότητα είναι οι κτύποι της καρδιάς της μητέρας του και οι σφυγμοί του αίματος στα αγγεία του πλακούντα. Μια διαταραχή αυτής της σταθερότητας, μπορεί να έχει και μοιραία αποτελέσματα **[15].** Συγκεκριμένα, η έγκυος που εκτίθεται σε θορυβώδες περιβάλλον, επέρχεται σε κατάσταση στρες, αυξάνοντας την κινητικότητα του εμβρύου και πολλές φορές οδηγώντας σε πρόωρο τοκετό. Σε πειραματόζωα έχει επαληθευτεί πειραματικά η σύνδεση θορύβου και αρνητικών

επιδράσεων στο έμβρυο, ενώ για τον άνθρωπο ισχύουν προς το παρόν εικασίες και προτάσεις στο θέμα αυτό. **[41].** Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης των ερευνητών Jones και Tauscher το 1978, τα βρέφη που γεννιόντουσαν από μητέρες που διέμεναν κοντά στο αεροδρόμιο του Λος Άντζελες, ζύγιζαν λιγότερο, καθώς επίσης είχαν και πιο πολλά γενετικά προβλήματα και ατέλειες, όπως π.χ. διαχωρισμένο ουρανίσκο, σε σχέση με βρέφη γεννημένα σε ησυχότερες περιοχές. Η σύνδεση γενετικών ανωμαλιών και θορύβου δεν επαρκής, απόλυτη και ξεκάθαρα αποδεδειγμένη, γι'αυτό κι αποτελεί σημείο τριβής για τους σχετιζόμενους επιστημονικούς κύκλους. Σύμφωνα επίσης με μια έρευνα του 1964 σχετικά με την ακουστική ικανότητα και τη μάθηση, αναφερόταν ότι τα παιδιά που μεγαλώνουν σε περιβάλλον με θόρυβο, παρουσιάζουν αδυναμία στο να δίνουν προσοχή σε βασικά ακουστικά ερεθίσματα, εξηγώντας έτσι και την αδυναμία πολλών παιδιών να παρακολουθήσουν το μάθημα μέσα στην τάξη, παρουσιάζοντας κάποιες φορές και μειωμένη απόδοση σε ασκήσεις ψυχοκινητικών δεξιοτήτων. Σε γενικές γραμμές ο θόρυβος (ακόμα και ως μορφή μουσικής) επηρεάζει τον καρδιακό ρυθμό, ρυθμό αναπνοής, τη γαλβανική δερματική αντίδραση (μεταβολή αγωγιμότητας του δέρματος), την αρτηριακή πίεση, τη μυϊκή ένταση, τη γαστρική κίνηση, τις ορμονικές εκκρίσεις κ.α. **[45].** Ο θόρυβος όμως, φαίνεται να αλλάζει και την κοινωνική συμπεριφορά του ατόμου, αφού έρευνες έχουν δείξει αυξημένα ποσοστά επιθετικότητας και έλλειψης αλληλοβοήθειας, με ότι αυτό συνεπάγεται (αύξηση διαρρήξεων, εγκληματικότητας, περιπτώσεων αβοήθητων ανθρώπων που περνούν απαρατήρητοι κλπ), σε συνδυασμό όμως και με άλλους παράγοντες. **[Δ20].**

Ο θόρυβος ταξινομείται γενικά σε τρεις κατηγορίες: στον θόρυβο περιβάλλοντος (ambient noise), δηλ. ο θόρυβος από πολλές πηγές κοντά ή σε απόσταση από τον δέκτη, ο θόρυβος φόντου (background noise), δηλ. ο θόρυβος από πολλές πηγές διαφορετικές από την πηγή ενδιαφέροντος του δέκτη και ο τυχαίος θόρυβος (random noise), δηλ. ο θόρυβος που δεν μπορεί να προβλεφθεί χρονικά **[26].**

Μια πιο επίσημη διατύπωση εμπεριέχεται στην οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2002/49/CE 25-06-2002, σύμφωνα με την οποία, ορίζεται ως *περιβαλλοντικός* θόρυβος, «*ο ανεπιθύμητος ή επιβλαβής θόρυβος στην ύπαιθρο που δημιουργείται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένου και του θορύβου που εκπέμπεται από τα μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές*

μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται και τα κέντρα αναψυχής. Κατά συνέπεια, δεν αποτελούν αντικείμενο περιβαλλοντικού θορύβου οι θόρυβοι εντός των μέσων μεταφοράς, οι θόρυβοι από οικιακές δραστηριότητες, οι θόρυβοι των γειτόνων ή οι θόρυβοι στους χώρους εργασίας» **[38].** Οι παραπάνω όμως περιπτώσεις θορύβου, εξετάζονται χωριστά και κατά περίπτωση.

Υπολογίζεται ότι το κόστος από το θόρυβο στην Ευρώπη κυμαίνεται από 10-100 δις ευρώ ανά έτος, με κύριες αιτίες την εξάπλωση του αστικού πληθυσμού με υψηλή πυκνότητα, έλλειψη ανοικτών χώρων και ελλιπής συντήρηση οχημάτων και ειδικά δικύκλων. Στην Ελλάδα η αναλογία είναι 122 δίκυκλα/ 1000 κατοίκους, με μέσο όρο ΕΕ 61/1000 και 1 δίκυκλο ανά 2 αυτοκίνητα , με μέσο όρο Ε.Ε. 1/7 **[Δ16].**

Αναφορικά με τη μέτρηση του θορύβου, για πρακτικούς λόγους, απαιτείται μια κλίμακα μετατροπής που να εκφράζει τον θόρυβο και γι'αυτό χρησιμοποιείται το dB, του οποίου η κλίμακα είναι λογαριθμική, έτσι ώστε μια αύξηση των 10dB δείχνει διπλάσια ένταση από την αρχική, ενώ μια αύξηση κατά 20dB, τετραπλάσια **[5].** Επίσης, για την ανάλυση και τον προσδιορισμό των συχνοτήτων σε μέτρηση θορύβου, έχει υιοθετηθεί η ανάλυση σε επίπεδο οκτάβας, και για περισσότερη φασματική λεπτομέρεια, σε επίπεδο του 1/3 της οκτάβας **[16]** και χαρακτηρίζεται ως *'ζωνική στάθμη ηχητικής* πίεσης' **[8].** Μια κανονική ένταση είναι περίπου 50-60dB, ενώ μια δυνατή μουσική μπορεί να ξεπεράσει τα 120dB. Συχνή έκθεση του ανθρώπου σε ήχους πάνω από 85 dB, προκαλεί βλάβες στο αυτί, πολλές φορές μόνιμες. Ιδιαίτερα ευαίσθητη είναι η ακοή των παιδιών και νέων 5-19 ετών, τα οποία εκτίθενται συχνότερα σε πηγές θορύβου, όπως είναι ήχοι από Η/Υ, δυνατή μουσική σε συναυλίες, νυχτερινά μαγαζιά, κ.α. Το 1972 θεσμοθετήθηκε νόμος στις ΗΠΑ που αναγνώριζε την επικινδυνότητα της ηχορύπανσης στον ανθρώπινο οργανισμό, ξεκινώντας έστω και μετ'εμποδίων, μια νέα θεώρηση του φαινομένου **[5]**.

Όσον αφορά στις ελληνικές τουριστικές πόλεις, αυτές είναι κατεξοχήν ευαίσθητες περιβαλλοντικά, αλλά και πολιτιστικά. *«Η ανεξέλεγκτη χρήση γης και η αυθαίρετη δόμηση αποτελούν τις κύριες αιτίες υποβάθμισής τους. Παράλληλα, η πολύ υψηλή πυκνότητα οίκησης στα κέντρα των πόλεων, ο ελλιπής συγκοινωνιακός σχεδιασμός σε συνάρτηση με τον θόρυβο (κυκλοφοριακή συμφόρηση, αναποτελεσματικό δίκτυο δημόσιας συγκοινωνίας,*

αύξηση χρήσης δικύκλων, έλλειψη χώρων στάθμευσης) και η απουσία ηχομονωτικής προστασίας έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία υψηλών εκπομπών θορύβου με επίπτωση στην υγεία των ανθρώπων και την αλλοίωση του ακουστικού τοπίου» **[38].**

2.2 Το dB – Χαρακτηριστικά – Σχέση του στη μέτρηση θορύβου

Το dB είναι το 1/10 του Bel, το οποίο είναι ο λογάριθμος του πηλίκου δυο ιδιαίτερων εντάσεων ήχου. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά κάποια επίπεδα θορύβου:

ΤΥΠΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	
Πηγή	**Μέγιστο επίπεδο θορύβου σε dB**
Απογείωση τζετ	140
Γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων	125
Μύλος άλεσης	115
Λεωφορείο που επιταχύνει στα 4μ.	112
Ροκ συγκρότημα στα 15μ.	108
Ανεκτό επίπεδο θορύβου	68 ή λιγότερο
Δυνατή κόρνα αυτοκινήτου	100
Πυκνή οδική κυκλοφορία	90
Ήσυχο δωμάτιο	20
Θορυβώδης συζήτηση	50

[9] [Δ17]

> 81 dB	ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
78-80 dB	ΠΟΛΥ ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
75-77 dB	ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
72-74 dB	ΣΧΕΔΟΝ ΑΝΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
69-71 dB	ΚΑΛΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
< 68 dB	ΑΝΕΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

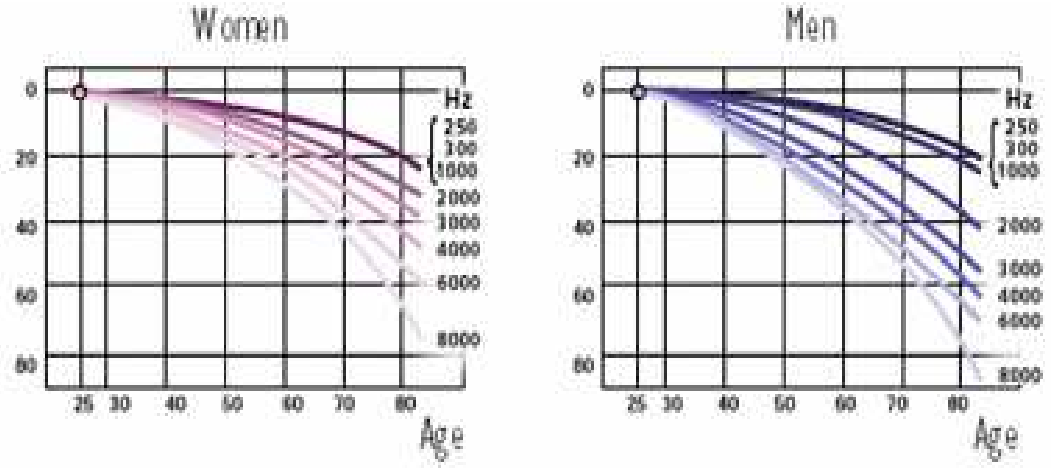
Διαβαθμίσεις επιπέδων θορύβου [Δ16]

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο θόρυβος ουσιαστικά είναι οι αλλαγές πίεσης του αέρα, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η πίεση μετράται σε Pascals (Pa) και το κατώφλι της ανθρώπινης ακοής είναι περίπου 0,00002Pa **[Δ4]**. Η χρήση του dB ως μονάδα μέτρησης οφείλεται στο γεγονός ότι το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ανιχνεύσει ηχητικές πιέσεις που κυμαίνονται από $2*10^{-5}$ N/m^2 ως πάνω από 200 N/m^2 , που είναι το όριό του. Αυτό το ευρύ φάσμα οδήγησε στη χρήση λογαριθμικής κλίμακας για την έκφραση ηχητικών πιέσεων **[9].**

Με αφετηρία την πίεση αναφοράς υπάρχουν τουλάχιστον τρεις κλίμακες dB:

1) Αν η πίεση αναφοράς θεωρείται ότι είναι 20μPa, τότε ένα επίπεδο θορύβου, π.χ. 95dB θα εκφράζεται ως **dBspl (Sound Pressure Level)**, κλίμακα κατάλληλη και για τη μέτρηση του βιομηχανικού θορύβου.
2) Στην ακοομέτρηση, η πίεση αναφοράς εξαρτάται από τη συχνότητα, όπως η πίεση ασθενούς θορύβου, ο οποίος ακούγεται από υγιή νεαρά άτομα στην υπό εξέταση συχνότητα. Για να αποφεύγεται η αναφορά της πίεσης σε κάθε συχνότητα τα ακοομετρικά επίπεδα θορύβου αναφέρονται ως **dB HTL** (45 dB HTL / Hearing Threshold Level, επίπεδο ακοής κατωφλίου).
3) Σε αυτήν την κλίμακα αναφέρονται επίπεδα ήχου στο κατώφλι ακοής ενός ορισμένου ατόμου σε δεδομένη συχνότητα και καλείται κλίμακα του επιπέδου αίσθησης **(SL. Sensation Level)**. Έτσι, όταν ένα άτομο έχει μειωμένη ακοή, με κατώφλι ακοής στα 45dB HTL, ένας τόνος 25dB πάνω απ'αυτό το κατώφλι, δηλ. 70dB HTL, λέγεται ότι είναι στο επίπεδο των 25dB SL για αυτό το άτομο **[Δ4].**

Το πρότυπο ISO1999 (1990) ορίζει τις πιθανότητες για διάφορες στάθμες απώλειας ακοής, Hearing Threshold Level (HTL), ανάλογα με την ηλικία, την στάθμη ηχο-έκθεσης και την διάρκεια σε έτη της επίδρασης της στάθμης αυτής. Με βάση το πρότυπο, υπολογίστηκαν οι πιθανότητες για τρεις στάθμες απώλειας ακοής (10,15 και 20dB) και για τρεις ηλικίες (45,55 και 65 ετών). Σημειώνεται ότι το όριο για ανεκτή κατανόηση ομιλίας είναι 25dB. Όμως, ακόμα και 10dB μείωση του μέσου όρου των τιμών μεταξύ 2 – 4KHz στα δυο αυτιά, μπορεί να έχει δυσμενές αποτέλεσμα στην κατανόηση της ομιλίας. **[27].**



Μέση τιμή HTL για γυναίκες και άνδρες με φυσιολογική ακοή / Πηγή: http://www.widex.com (5-8-08)

2.3 Είδη θορύβου

Πριν γίνει αναφορά στα είδη του θορύβου ως προς τα μέσα εκπομπής του, είναι απαραίτητο να ξεκαθαριστούν κάποιες έννοιες αναφορικά με τους τρόπους παραγωγής του ως εξής: • ***Αερόφερτος ήχος:*** Μεταδίδεται μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα

- ***Κτυπογενής ήχος:*** Ο ήχος που παράγεται με κτυπήματα πάνω σε αντικείμενο, στην πλευρά που βρίσκεται προς τον ακροατή.
- ***Πλευρική ηχομετάδοση:*** Η έμμεση μετάδοση του ήχου από έναν χώρο εκπομπής σε έναν χώρο ακρόασης, μέσω διαδρομών που παρακάμπτουν τον ακροατή.
- ***Κραδασμοί:*** Η περιοδική κίνηση που μεταδίδεται από ένα στερεό τμήμα σε ένα άλλο στερεό, υπό την επίδραση μιας περιοδικής δύναμης, η οποία μπορεί να προκαλεί ταλαντώσεις είτε στην ίδια την πηγή της δύναμης είτε στο στήριγμα της πηγής. Οι ταλαντώσεις αυτές μπορούν να μεταδίδονται στο δάπεδο και σε μέρη του κτιρίου μέσω του στηρίγματος. **[8]**

Οι πιο σημαντικές πηγές θορύβου στην ΕΕ είναι οι εξής: οδική, σιδηροδρομική και εναέρια κυκλοφορία, κέντρα ψυχαγωγίας και εγκαταστάσεις αναψυχής, εργοτάξια και οικοδομές, οικιακά ζώα και συσκευές. Η διάδοση του ήχου γίνεται μέσω του αέρα (αερόφερτος ήχος) με ανάκλαση σε επίπεδες επιφάνειες που προωθούν τον ήχο σε νέες κατευθύνσεις, με διάθλαση σε στρώματα θερμού αέρα που μεταφέρουν τον ήχο σε μεγαλύτερη απόσταση, με διάχυση μέσα από σχισμές ή οπές που μεταφέρουν τον ήχο στο εσωτερικό των χώρων, αλλά και με κυματική διάδοση μέσα από στερεά δομικά

στοιχεία (τοίχους, δάπεδα) που μεταφέρει τον ήχο στο χώρο που βρίσκεται πίσω από το δομικό στοιχείο **[Δ5]**. Ειδικά για τον αερόφερτο θόρυβο μέσω στερεών ισχύουν: Η αντίσταση ενός κτιρίου στον θόρυβο λέγεται *Τάξη Ηχητικής Εκπομπής (Sound Transmission Class, STC)* και εκφράζεται με έναν δείκτη ο οποίος όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο πιο μονωμένο είναι το εξεταζόμενο σύστημα στον αερόφερτο θόρυβο (π.χ. STC_{45} σημαίνει ότι μειώνεται ο ήχος κατά 45dB) **[Δ17]**. Ο δείκτης αυτός ορίστηκε από την '*Αμερικάνικη Εταιρεία Δοκιμασίας Υλικών' (American Society for Testing Materials, ASTM),* όπου η γραφική παράσταση από μετρήσεις σε τοίχο, τοποθετείται σε STC, μετά από σύγκριση με γραφική παράσταση αναφοράς (περίγραμμα STC) **[24]**. Ο θόρυβος που μεταδίδεται μέσω στερεών (πόρτες που χτυπούν, έπιπλα που τρίζουν, καλείται '*θόρυβος πρόσκρουσης*' και ο αντίστοιχος δείκτης λέγεται *Τάξη Μόνωσης Θορύβου Πρόσκρουσης (Impact Insulation Class, IIC)* **[Δ17]**.

STC	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΟΜΙΛΙΑΣ
25	Κανονική ομιλία μπορεί με ευκολία να ακουστεί
30	Δυνατή ομιλία μπορεί με ευκολία να ακουστεί
35	Δυνατή ομιλία μπορεί εύκολα να ακουστεί, αλλά είναι ακατάληπτη
42	Δυνατή ομιλία ακούγεται σαν μουρμουρητό
45	Χρειάζεται πολύ προσπάθεια για να ακουστεί δυνατή ομιλία
48	Δυνατή ομιλία μόλις που ακούγεται
53	Δυνατή ομιλία δε είναι ακουστή

Σχέση STC και αντίληψης ομιλίας / Πηγή: ***[Δ17]*** *(2-8-08)*

IIC	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΟΜΙΛΙΑΣ
45	Περαστικοί τριγύρω είναι εύκολα ακουστοί
50	Περαστικοί τριγύρω ακούγονται και είναι αντιληπτοί
55	Περαστικοί τριγύρω απλώς ακούγονται
62	Το περπάτημά τους ακούγεται θαμπό (χαμηλής συχνότητας)
70	Δυνατοί βηματισμοί ακούγονται πολύ θαμπά (χαμηλής συχνότητας)

Σχέση IIC και αντίληψης ομιλίας / Πηγή: ***[Δ17]*** *(2-8-08)*

Για τη σωστή ηχοπροστασία απαιτείται να προσδιοριστεί η προέλευση του ήχου και το είδος της πηγής, να υπολογιστεί ή να μετρηθεί η στάθμη θορύβου, να προσδιοριστεί ο κύριος τρόπος μετάδοσης του ήχου από την πηγή στον δέκτη, ενώ στη συνέχεια, λαμβάνονται μέτρα για τον περιορισμό του ήχου είτε στην πηγή (διακοπή ή περιορισμός λειτουργίας, αντικατάσταση με λιγότερο θορυβώδη) είτε στη διαδρομή (εγκατάσταση ηχοπετάσματος, ηχοαπορρόφηση) είτε στο δέκτη (ηχομόνωση τοίχων, δαπέδων, παραθύρων). Λόγω του ότι ο θόρυβος είναι αρκετά μεταβαλλόμενος, χρησιμοποιούνται στατιστικοί δείκτες, όπως L_{10}, L_{20}, L_{50}, L_{90} ή ειδικοί δείκτες μερικοί από τους οποίους είναι οι :Leq, Ldn, και ο Lden που προβλέπει η οδηγία 2002/49 της ΕΕ.

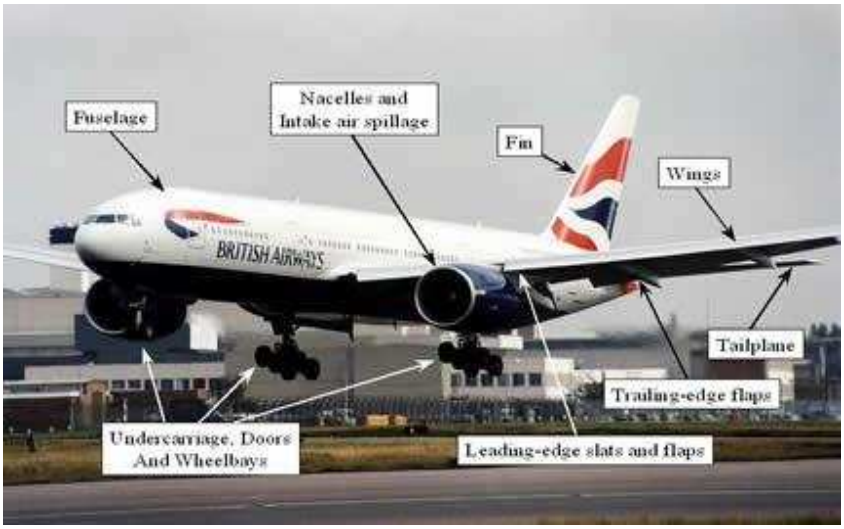
Αν και η μέτρηση θορύβου με ένα ηχόμετρο φαίνεται τόσο απλή όσο η μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμότητα, εν τούτοις δεν είναι, διότι πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τον προσδιορισμό της στάθμης όπως η θέση της πηγής, οι πιθανές ανακλάσεις, απόσταση και ύψος της θέσης μέτρησης από την πηγή, διάρκεια μέτρησης, περιβαλλοντικές συνθήκες, κ.α. Για το λόγο αυτό, η μέτρηση θορύβου πρέπει να πραγματοποιείται με αξιοπιστία από ειδικούς επιστήμονες με πιστοποιημένο κα βαθμονομημένο εξοπλισμό **[Δ5]**.

Όσον αφορά στα είδη των πηγών, οι γενικές κατηγορίες είναι πηγές από:

- **Οδικές μεταφορές**, οι οποίες αποτελούν στην Ελλάδα το κυρίαρχο χερσαίο μέσο μετακινήσεων ατόμων και αγαθών και την βασικότερη γραμμική πηγή θορύβου. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η ενόχληση από τον αστικό οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο, εφόσον διάφορες έρευνες που έλαβαν χώρα σε κατοίκους αστικών περιοχών, απέδειξαν την σημασία που δίνεται σε αυτή τη μορφή όχλησης, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες και γενικότερα τις ώρες ξεκούρασης. Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Δ/νσης DG XI της Ε.Ε., ο θόρυβος από την οδική κυκλοφορία ενοχλεί το 25% περίπου του πληθυσμού των ανεπτυγμένων χωρών της Δυτ.Ευρώπης, ενώ το 19% του συνολικού πληθυσμού της Ε.Ε. (περίπου 67 εκατ. άτομα) βρίσκεται σε περιοχές με υψηλές στάθμες θορύβου. Όσον αφορά τον κυκλοφοριακό θόρυβο σε τουριστικές περιοχές, σημειώνεται ότι κατά την αιχμή της τουριστικής περιόδου, παρατηρούνται και τα υψηλότερα επίπεδα ηχορύπανσης. Στη Ρόδο, σε μια ψυχοκοινωνική έρευνα που διεξήχθη, έδειξε ότι οι μόνιμοι κάτοικοι αναφέρουν ως πρώτη αιτία όχλησης τον κυκλοφοριακό

θόρυβο σε ποσοστό 76,6%, ενώ το 44,64% των τουριστών δήλωσαν ότι ο εν λόγω θόρυβος είναι η κύρια αιτία παρενόχλησης του ύπνου τους.

- **Σιδηροδρομικές μεταφορές**, σχετίζονται κυρίως με τον αριθμό και το είδος των συρμών, η κατανομή της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου, την ταχύτητα κυκλοφορίας, τα ηχητικά σήματα ή κορναρίσματα κατά τη διέλευση των συρμών από διασταυρώσεις ή οικιστικές περιοχές, τη λειτουργία του σιδηροδρομικού σταθμού, αλλά και θόρυβος από οδική κυκλοφορία στο σταθμό, σχετιζόμενη με την εξυπηρέτηση των επιβατών.
- **Αεροπορικές μεταφορές**, στις οποίες ισχύει γενικότερα ότι και στις παραπάνω κατηγορίες. Ο θόρυβος γύρω από τα αεροδρόμια εξαρτάται από τη χρήση τους, δηλ. αν πρόκειται για διεθνή, τοπικά ή στρατιωτικά, τους τύπους και τον αριθμό των αεροσκαφών, αλλά και τις διαδρομές που αυτά εκτελούν. Στο αεροδρόμιο των Χανίων, αν και εξυπηρετεί ικανό αριθμό πτήσεων, εν τούτοις, η αραιή –προς το παρόν- οικιστική ανάπτυξη έχει συμβάλλει σημαντικά στην μείωση φαινομένων όχλησης του ακουστικού περιβάλλοντος.



Θόρυβοι που προέρχονται από μέρη του αεροπλάνου / Πηγή: *www.britishairways.com (02-08-08)*

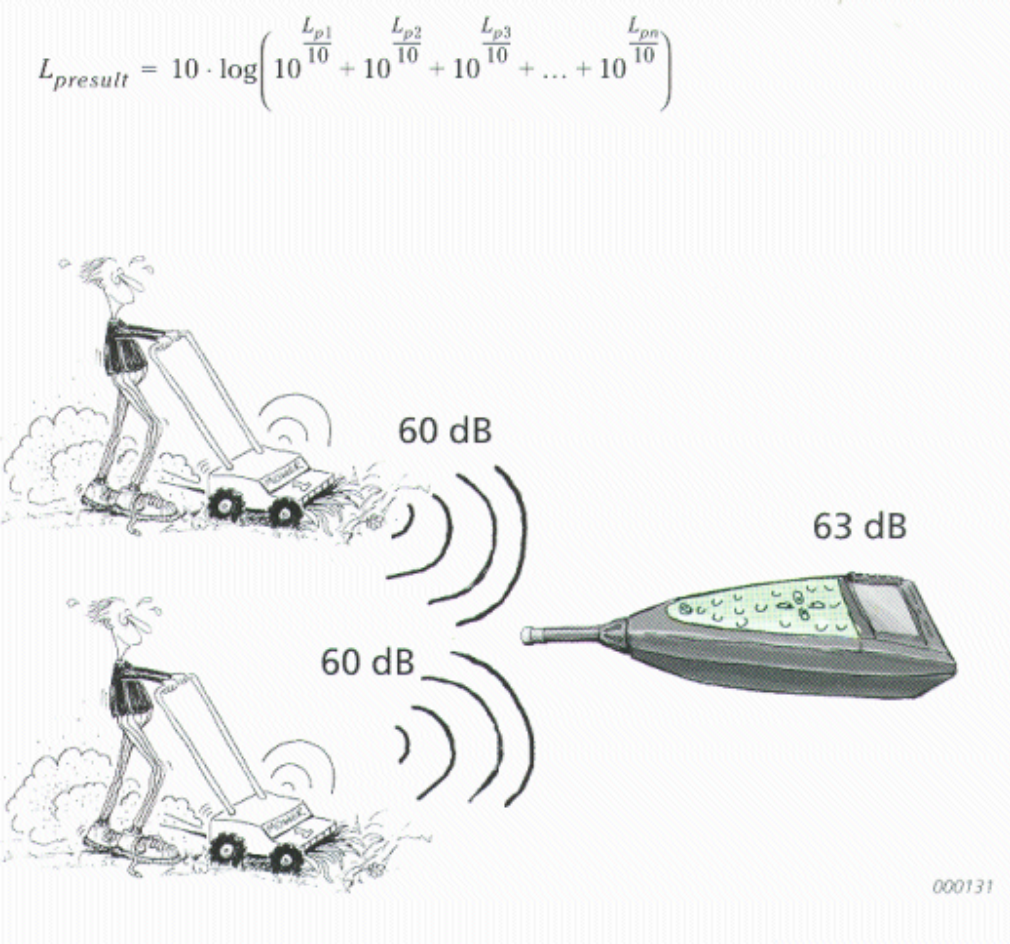
- **Θαλάσσιες μεταφορές**. Αφορά στις λειτουργίες πλοίων κατά την προσέλευση, αναχώρηση και παραμονή τους στο λιμάνι από μηχανές και σφυρίγματα, τυχόν επισκευαστικές εργασίες πλοίων, λειτουργία χερσαίου μηχανολογικού

εξοπλισμού λιμένων, όπως γερανοί εκφόρτωσης, κλπ, αλλά και θόρυβος από οδική κυκλοφορία στο λιμάνι σχετιζόμενη με την εξυπηρέτηση των επιβατών. Οι περιοχές γύρω από τα λιμάνια οχλούνται ιδιαίτερα, ειδικά στην περίπτωση λειτουργίας εμπορικού λιμανιού ή ναυπηγο-επισκευαστικής ζώνης **[38].**

2.4 Ανάλυση των μεθόδων μέτρησης θορύβου

2.4.1 Πρόσθεση ηχητικών επιπέδων πίεσης

Τα dB, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, δε μπορούν να προστεθούν ή να αφαιρεθούν όπως άλλα μεγέθη, επειδή δεν εκφράζονται γραμμικά, αλλά λογαριθμικά, που σημαίνει ότι 60dB + 60dB = 63dB (ως προς τα 20μPa).



Πρόσθεση στάθμεων ηχητικής πίεσης / Πηγή: www.nonoise.org/library/envnoise/index.htm (5-8-08)

Στις μελέτες που σχετίζονται με την ηχορύπανση, τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφέρονται ως προς τον κοντινότερο αριθμό και στην περίπτωση πρόσθεσης, οι διάφορες εντάσεις θα πρέπει να συνδυάζονται ανά δυο τη φορά, ξεκινώντας με τις χαμηλότερες εντάσεις μέχρι να μείνει ένας αριθμός. Εναλλακτικός τρόπος πρόσθεσης είναι η μετατροπή των dB σε ηχητικές πιέσεις, πρόσθεσή τους και μετατροπή τους πάλι σε dB **[4]**.

2.4.2 Στατιστική ανάλυση

Οι περισσότερες μονάδες μέτρησης κυμαινόμενου θορύβου, προκύπτουν από μια διαδικασία ανάλυσης που ονομάζεται στατιστική ανάλυση και πραγματοποιείται με συσκευές οι οποίες καταγράφουν τη στάθμη θορύβου ανά τακτά χρονικά διαστήματα (πχ. ανά 1 sec), συλλέγοντας σημαντικό αριθμό στατιστικών στοιχείων σχετικά με τη διακύμανση του θορύβου **[26]**.

2.4.3 Μέθοδος προσδιορισμού του μεταδιδόμενου θορύβου στον αέρα που εκπέμπεται από τα χρησιμοποιούμενα στην ύπαιθρο μηχανήματα (Οδηγία 79/113/ΕΟΚ για τα Μηχανήματα Εργοταξίου) [39]

«*Η παρούσα μέθοδος προορίζεται για να προσδιορίσει το θόρυβο που εκπέμπεται από κάθε τύπο μηχανήματος, τμήματος μηχανήματος ή εγκαταστάσεως που χρησιμοποιείται στην ύπαιθρο. Τα μηχανήματα, τμήματα μηχανημάτων ή εγκαταστάσεις ονομάζονται στην παρούσα μέθοδο 'ηχητικές πηγές'. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε κάθε τύπο θορύβου που εκπέμπεται από τις ηχητικές πηγές που χρησιμοποιούνται κανονικά στην ύπαιθρο και εφαρμόζεται στις ηχητικές πηγές όλων των διαστάσεων εκτός αν προβλέπονται αντίθετες διαστάσεις από ειδικές οδηγίες.*

<u>Επίπεδο ακουστικής πίεσης L_{pA} :</u> Λαμβάνεται, εφαρμόζοντας την ισοστάθμιση A στο επίπεδο ακουστικής πίεσης Lp. Το Lp ορίζεται ως εξής σε dB(A): $20\log_{10}(P/Po)$ όπου P είναι η πραγματική τιμή της ακουστικής πίεσης μετρούμενη σε ένα ειδικό σημείο σε Pa και Po η ακουστική πίεση αναφοράς (20μPα).

<u>Επιφάνεια μετρήσεως:</u> Η επιφάνεια μετρήσεως εμβαδού S είναι μια φανταστική επιφάνεια που περιβάλλει την ηχητική πηγή και πάνω στην οποία βρίσκονται τα σημεία μέτρησης.

<u>Επίπεδο επιφανειακής ακουστικής πιέσεως L_{pAm}:</u> Είναι το επίπεδο που υπολογίζεται σύμφωνα με την εκτιθέμενη μέθοδο στο σημείο 8,4 της τετραγωνικής μέσης τιμής των ακουστικών πιέσεων που λαμβάνονται στην επιφάνεια μετρήσεως.

<u>Επίπεδο ακουστικής ισχύος Lw_A:</u> Λαμβάνεται, εφαρμόζοντας την ισοστάθμιση A στο επίπεδο ακουστικής ισχύος Lw σε dB(A) και ορίζεται από τη σχέση 10log(W/Wo) όπου W είναι η ολική ακουστικής που εκπέμπεται από την πηγή σε Watts και Wo είναι η ακουστική ισχύς αναφοράς, ίση προς 10^{-12} W.

<u>Ξένοι θόρυβοι:</u> Με την έκφραση 'ξένος θόρυβος' νοείται ο θόρυβος που προκύπτει από το 'θόρυβο βάθους' (κάθε παρατηρούμενος στα σημεία μετρήσεως θόρυβος που δεν παράγεται από την ηχητική πηγή) και τον 'παρασιτικό θόρυβο' (κάθε παρατηρούμενος στα σημεία μέτρησης θόρυβος, που παράγεται από την ηχητική πηγή, αλλά που δεν εκπέμπεται ευθέως από αυτήν).

<u>Εξοπλισμός μέτρησης:</u> Πρέπει να σχεδιάζεται με τη μέτρηση του ισοσταθμισμένου πεδίου A της τετραγωνικής μέσης ακουστικής πίεσης. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει όργανα μετρήσεως, μικρόφωνο με το καλώδιο σύνδεσής του και δίκτυο ισοσταθμίσεως, όλα σύμφωνα με τους όρους του δημοσιεύματος CEI 651, πρώτη έκδοση 1979».

2.5 Θόρυβος και σταθμιστικά φίλτρα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο $1^{ο}$ κεφάλαιο, η ακουστότητα είναι η υποκειμενική εκδοχή της έντασης και η διαφοροποίηση έντασης – ακουστότητας δίδεται από τις καμπύλες ίσης ακουστότητας Fletcher – Munson **[4]**.

Ένας θόρυβος θα μπορούσε να προσδιοριστεί με τη μέτρηση της έντασης σε κάθε οκτάβα, αλλά αυτός ο τρόπος μέτρησης θα μπορούσε να εφαρμοστεί κυρίως στις περιπτώσεις όπου ο έλεγχος των πηγών γίνεται με χρήση ηχομονωτικών, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αποτελεσματικά σε μια συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων, οπότε ο αναλυτικός προσδιορισμός των εντάσεων του θορύβου της πηγής σε κάθε οκτάβα είναι απαραίτητος για την επιλογή του σωστού μέσου.

Πρακτικά, η εκτίμηση της ακουστότητας των θορύβων που δημιουργούν προβλήματα στον άνθρωπο, γίνεται με τη χρήση κατάλληλων <u>σταθμιστικών φίλτρων</u>, τα οποία είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα ενσωματωμένα στους ηχομετρητές, με σκοπό να 'απαλύνουν' κάποιες συχνότητες, επιτρέποντας στον μετρητή να αντιδρά περισσότερο, από ότι σε κάποιες άλλες συχνότητες **[5]**.

Οι κατηγορίες τους είναι οι παρακάτω:

- Σταθμιστικό κύκλωμα A: Το κύκλωμα αυτό φιλτράρει αρκετά αυστηρά τις πολύ χαμηλές συχνότητες και αντιστοιχεί στην καμπύλη ακουστότητας των 40dB στο 1KHz και 20-55dB τιμή ηχοστάθμης, προσομοιώνοντας περισσότερο από τα υπόλοιπα φίλτρα την ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται διεθνώς για τη μέτρηση του θορύβου στο εργασιακό περιβάλλον **[10]**. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1929 σε μετρήσεις θορύβου που πραγματοποιήθηκαν στη Ν.Υόρκη και προτυποποιήθηκε το 1936 για πρώτη φορά από τις Η.Π.Α **[26]**.
- Σταθμιστικό κύκλωμα B: Το κύκλωμα Β φιλτράρει μέτρια τις πολύ χαμηλές συχνότητες, με τιμές ηχοστάθμης 55-85dB.
- Σταθμιστικό κύκλωμα C: Δε φιλτράρει σχεδόν καθόλου τις χαμηλές συχνότητες, αντιστοιχώντας σε καμπύλες ακουστότητας των 70 και 100dB περίπου, στο 1KHz και τιμές ηχοστάθμης 85-140 dB.
- Σταθμιστικό κύκλωμα D: Αναπτύχθηκε κυρίως για τις μετρήσεις θορύβου των αεροσκαφών και χρησιμοποιείται σπάνια **[10]**. Για τη μέτρηση του θορύβου των αεροσκαφών υπάρχει μια μεγάλη ομάδα μονάδων, με σημαντικότερες τις :

  α) PNL (Perceived Noise Level). Στάθμη αντιληπτού θορύβου. Η μονάδα αυτή προκύπτει από τη σύγκριση του φάσματος του αεροσκάφους με μια οικογένεια καμπυλών, βάσει των οποίων υπολογίζεται η συμμετοχή κάθε ζώνης στην τελική Αντιληπτή Στάθμη Θορύβου. Μονάδα μέτρησης είναι το PNdB.

  β) NEF (Noise Exposure Forecast). Παρόμοια στάθμη με την προηγούμενη, αλλά αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο τύπο αεροσκάφους και για συγκεκριμένο αεροδρόμιο.

  γ) NNI (Noise & Number Index). Πρόκειται για μια σύνθετη διαδικασία προσδιορισμού του θορύβου που χρησιμοποιείται στην Αγγλία και λαμβάνει υπόψη τη στάθμη θορύβου και τον αριθμό των αεροσκαφών **[26]**.

2.6 Συστήματα κατάταξης θορύβου - Δείκτες θορύβου

Ένα σύστημα κατάταξης θορύβου θα πρέπει να σχεδιάζεται με βάση τη συχνότητα, να έχει σαφή διαχωρισμό του θορύβου κατά τη διάρκεια της νύχτας και της μέρας και ξεκάθαρη περιγραφή της αθροιστικής έκθεσης στο θόρυβο.

Η Ε.Ε. προκειμένου να αξιολογήσει την ενόχληση από τον περιβαλλοντικό θόρυβο, διέκρινε εκείνο της ημέρας από τον θόρυβο της νύχτας. Σημειώνεται, ότι *«η ημέρα διαρκεί 12 ώρες, το βράδυ 4 ώρες και η νύχτα 8 ώρες»*.

Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των επιπέδων θορύβου σε σχέση με κάποιες παραμέτρους είναι οι κάτωθι (για τους δυο πρώτους έχει ήδη γίνει προαναφορά):

α) Ln. Πρόκειται για ένα στατικό μέτρο που δηλώνει, πόσο συχνά υπερβαίνεται ένα συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου, π.χ. L_{50} = 80dBA, σημαίνει ότι τα 80dBA, σημαίνει ότι τα 80dBA υπερβαίνονται για το 50% του συνολικού χρόνου μέτρησης **[4]**. Αντιστοίχως, η L_{10} εκφράζει τη μέση στάθμη κορυφής των σημείων μέτρησης και χρησιμοποιείται για μετρήσεις κυκλοφοριακού θορύβου, ενώ η L_{90} εκφράζει τη στάθμη εκείνη κάτω από την οποία ο θόρυβος της περιοχής δε πέφτει ποτέ (ως ένδειξη του θορύβου βάθους). Στο πλαίσιο του δείκτη αυτού, συνηθίζεται η χρήση του $L_{A10,18hr.}$ Η κλίμακα αυτή γενικά αναφέρεται στο μέτρο του επιπέδου του θορύβου που υπερβαίνεται κατά 10% ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος. Ο δείκτης αυτός αφορά στο διάστημα μεταξύ 06:00 και 24:00.

β) $L_{Aeq.}$ Ισοδύναμη Ηχοστάθμη. Μετά από προσπάθειες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων που έχει η έκθεση των ανθρώπων σε θόρυβο επαγγελματικής μορφής, προέκυψε η μονάδα *Ισοδύναμης Ηχοστάθμης*, που έχει σχεδόν διεθνή αναγνώριση. Η μονάδα αυτή στηρίζεται στη σχέση ότι *για κάθε αύξηση της στάθμης κατά 3dB, ο χρόνος έκθεσης πρέπει να μειώνεται στο μισό*, ώστε η φόρτιση της ακοής να παραμένει ίδια. Η Ισοδύναμη Ηχοστάθμη (Leq) υπολογίζεται από τις δόσεις θορύβου που δέχεται ένα άτομο κατά την ώρα εργασίας του, οι οποίες μετρούνται με συσκευές που ονομάζονται *δοσίμετρα.* Το δοσίμετρο είναι όργανο που με τη βοήθεια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων υπολογίζει με βάση τα στατιστικά στοιχεία που διαλέγει από τη διακύμανση θορύβου τις δόσεις θορύβου, μια βοηθητική μονάδα για τον υπολογισμό της Leq **[26]**.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), αλλά και με την απόφαση του υπουργού Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. 17252/20.5.92 (ΦΕΚ Β395/13.6.92), στο πλαίσιο των ΜΠΕ για οδικά συγκοινωνιακά έργα, είναι απαραίτητη η εκτίμηση των αναμενόμενων τιμών στάθμης θορύβου των βασικών δεικτών L_{10} (18 ωρ) ή Leq (8-20

ωρ) και η διαπίστωση εάν αυτοί οι δείκτες παρουσιάζουν στάθμες που υπερβαίνουν τις ανώτατες οριακές τιμές της πιο πάνω απόφασης που είναι 70 και 67dBA αντίστοιχα. **[Δ5]**

γ) Lden. (day-evening-night). Χρησιμοποιείται για γενική όχληση του θορύβου. Αποτελεί πρόταση της Ε.Ε. και ορίζεται μαθηματικώς ως εξής:

$$L_{den} = 10 \times \log_{10}\left(\frac{1}{24}\right)\left(12 \times 10^{L_{day}/10} + 4 \times 10^{(5+L_{evening})/10} + 8 \times 10^{(10+L_{night})/10}\right) \text{dB(A)}$$

όπου,

Lday είναι το Α-σταθμισμένο ισοδύναμο επίπεδο θορύβου μεταξύ των ωρών 07:00 – 19:00

Levening είναι το Α-σταθμισμένο ισοδύναμο επίπεδο θορύβου μεταξύ των ωρών 19:00 – 23:00

Lnight είναι το Α-σταθμισμένο ισοδύναμο επίπεδο θορύβου μεταξύ των ωρών 23:00 – 07:00 και χρησιμοποιείται για τη διατάραξη του ύπνου **[17].**

Για αυτοκινητόδρομους ισχύουν διαφορετικές σχέσεις των άνω δεικτών σε σχέση με τους συνηθισμένους δρόμους (μη αυτοκινητόδρομους).

Ενδεικτικά:

Για αυτοκινητόδρομους:

$$L_{day} = 0.98 \times L_{A10,18h} + 0.09 \text{ dB}$$

$$L_{evening} = 0.89 \times L_{10,18h} + 5.08 \text{ dB}$$

$$L_{night} = 0.87 \times L_{A10,18h} + 4.24 \text{ dB}$$

$$L_{den} = 0.90 \times L_{A10,18h} + 9.69 \text{ dB}$$

Για μη αυτοκινητόδρομους:

$$L_{day} = 0.95 \times L_{A10,18h} + 1.44 \text{ dB}$$

$$L_{evening} = 0.97 \times L_{10,18h} - 2.87 \text{ dB}$$

$$L_{night} = 0.90 \times L_{A10,18h} - 3.77 \text{ dB}$$

$$L_{den} = 0.92 \times L_{A10,18h} + 4.20 \text{ dB}$$

Οι παραπάνω σχέσεις αφορούν στις συνθήκες δρόμων της Αγγλίας, κατόπιν μελέτης των Άμποτ και Νέλσον (2006) για τη σχέση του δείκτη **)** $L_{A10,18hr}$ και των νέων Ευρωπαϊκών δεικτών, όπως αυτοί αναφέρονται στην οδηγία 2002/49 **[Δ22]**.

Ως ανώτατα επιτρεπόμενα όρια των παραπάνω δεικτών καθορίζονται τα κάτωθι:

- για τον Leq τα 67dB(A) και
- για τον L_{10} (18ωρ.) τα 70dB(A), μετρούμενο σε απόσταση 2μ. από την πρόσοψη των πλησιέστερων, προς το οδικό έργο, κτιρίων της πολεοδομικής ενότητας.

Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ειδική ακουστική προστασία, όπως σχολεία, νοσοκομεία, χώροι κοινωνικών εκδηλώσεων και συναφή, τα παραπάνω ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και οι κατά περίπτωση περιβαλλοντικοί όροι που πρέπει να εγκριθούν σύμφωνα με την ΚΥΑ 69269/5387/ΦΕΚ, δύνανται να μειώνονται κατά 5-10dB(A) **[38]**.

2.7 Θόρυβος από την οδική κυκλοφορία

Καθώς τα συστατικά του θορύβου από την οδική κυκλοφορία βρίσκονται κυρίως στον θόρυβο από το σύστημα προώθησης οχημάτων και στην αλληλεπίδραση μεταξύ δρόμου και ελαστικού, το μεγαλύτερο μέρος των μέτρων πρόληψης και θεραπείας, αποτελείται από λιγότερο θορυβώδεις οδικές τεχνολογικές συσκευές μείωσης θορύβου, στρατηγικές διαχείρισης κυκλοφοριακής κίνησης και μακροπρόθεσμες λύσεις σχεδιασμού κυκλοφοριακής κίνησης και χρήσης γης. Το δύσκολο σημείο στη λήψη μέτρων κατά του αστικού θορύβου είναι η πραγματοποίηση, ενός σχεδίου που θα συνδυάζει τη μείωση της συνολικής εκπομπής θορύβου με τη μη παρεμπόδιση της κίνησης. Αν και ο θόρυβος όπως έχει προαναφερθεί είναι υποκειμενική εμπειρία, είναι γενικά αποδεκτά ότι τα 55dB$_A$ είναι ενοχλητικός θόρυβος, ενώ τα 65dB$_A$ και πάνω θεωρούνται αφόρητα. Λαμβάνοντας αυτά υπόψη και σύμφωνα με έρευνες, μελέτες και επίσημες στατιστικές, μέχρι και 250 εκατομμύρια Ευρωπαίοι υποφέρουν από ενοχλήσεις εξαιτίας του αστικού θορύβου, με εκτιμώμενο οικονομικό κόστος τα 38 δις ευρώ **[Δ15]**.

Πηγές οδικού θορύβου

Ο θόρυβος από την οδική κυκλοφορία θα μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί ως προς το είδος της πηγής σε δυο κατηγορίες. Εκπομπή θορύβου από:

- Τα οχήματα ως ολοκληρωμένες κατασκευές. Συνήθεις πηγές θορύβου σε αυτήν την περίπτωση είναι ο κινητήρας, η εξάτμιση, το σύστημα τροχοπέδησης, παράγοντες που επιδεινώνονται λόγω κακής συντήρησης των οχημάτων. Ο θόρυβος σε ένα όχημα έχει διαφορετικά επίπεδα στάθμης ανάλογα με την κινητική του κατάσταση, με τιμές από 75-85dB ή και περισσότερο για όχημα σε κίνηση, ανάλογα με την ταχύτητά του.
- Τη φυσική και άμεση επαφή (τριβή) του οχήματος με την επιφάνεια του οδοστρώματος. Η κατάσταση τόσο του δρόμου όσο και των ελαστικών του οχήματος, αποτελούν σημαντικό παράγοντα αύξησης ή μείωσης θορύβου. **[13]**

2.8 Γενικές αρχές που ισχύουν για τον υπολογισμό οδικού θορύβου [27]

Οι παράγοντες του περιβαλλοντικού θορύβου είναι πολλοί και σύνθετοι. Επειδή οι κυκλοφοριακές παράμετροι παίζουν μεγάλο ρόλο στην γένεση του περιβαλλοντικού θορύβου, και κυρίως μεταβάλλονται χρονικά (π.χ. στην διάρκεια της ημέρας, της εβδομάδας, του έτους κλπ) απαιτείται η ακριβής ανάλυση των κυκλοφοριακών συνθηκών. Η πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού θορύβου στηρίζεται στις εκτιμήσεις των κυκλοφοριακών φόρτων, και μέσω προγραμμάτων υπολογισμού μπορεί κανείς να εκτιμήσει – για διάφορα χρονικά σενάρια ανάλογα με τα λειτουργικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού – με μεγάλη ακρίβεια την αναμενόμενη κατάσταση θορύβου, αναλόγως του αποτελέσματος (αν υπάρχει υπέρβαση ή όχι των ορίων που έχει θέσει το κράτος) προτείνοντας μέτρα προστασίας και αντιμετώπισης θορύβου. Ένα άλλο μέτρο ελέγχου είναι η παρακολούθηση σε 24ωρη βάση του οδικού θορύβου. Το μέτρο αυτό εντάσσεται είτε σε αποφάσεις περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας (π.χ. αεροδρόμιο Ελ.Βενιζέλος, Αττική Οδός, αεροδρόμιο Μακεδονία κλπ) είτε σε πλαίσια ερευνητικών έργων (π.χ. αστικές περιοχές της Θεσσαλονίκης). Τα αποτελέσματα από τους χάρτες θορύβου και τα στοιχεία των ελέγχων από κινητές και σταθερές πηγές οριοθετούν την κατάσταση από πλευράς ποιότητας ακουστικού περιβάλλοντος και δρομολογούν τα μέτρα καταπολέμησης θορύβου στην πηγή, διαδρομή και δέκτη **[Δ5]**.

Ο δρόμος διαιρείται σε τμήματα με κοινά χαρακτηριστικά και η συνολική στάθμη προκύπτει από τη σύνθεση των επιμέρους σταθμών. Για κάθε τμήμα ισχύουν τα κάτωθι:

- Οι υπολογισμοί ξεκινούν από μια στάθμη αναφοράς η οποία είναι Leq = 63dB(A) σύμφωνα με ΕΛΟΤ868 για 1000 αυτοκίνητα / ώρα με ταχύτητα 50χλμ./ώρα ή $L_{10,1ώρα}$ = 65,9dB(A) σύμφωνα με τους Βρετανικούς κανονισμούς.
- Αν αντί για άσφαλτος, υπάρχει σκυρόδερμα ή λίθοι (λιθόστρωτο) ως οδόστρωμα, προστίθενται στην παραπάνω στάθμη 3 ή 5 dB(A) αντίστοιχα.
- Διπλασιασμός του αριθμού των αυτοκινήτων αντιστοιχεί σε αύξηση της στάθμης κατά 3dB(A), διπλασιασμός της μέσης ταχύτητας αντιστοιχεί σε αύξηση κατά 5dB(A), διπλασιασμός της απόστασης αντιστοιχεί σε μείωση κατά 3-4dB(A), ενώ οι σχετικοί υποδιπλασιασμοί οδηγούν σε αντίστοιχες μειώσεις στάθμης.
- Λαμβάνεται υπόψη πρόσθετη μείωση για την απορρόφηση του εδάφους: 0 dB(A) για ανακλαστικό έδαφος (πόλης), -2 dB(A) για πολύ απορροφητικό έδαφος σε απόσταση 10 – 20μ. από το άκρο του δρόμου, -4 dB(A) για απόσταση 30 – 40μ. και -6 dB(A) για αποστάσεις μεγαλύτερες των 60μ. από το άκρο του δρόμου. Αυτά ισχύουν για γωνία υπό την οποία φαίνεται ο δρόμος ίση προς 120^o . Υποδιπλασιασμός της γωνίας αυτής, αντιστοιχεί σε μείωση της στάθμης κατά 3dB(A).

Προσαυξάνεται η στάθμη, προκειμένου να συνυπολογισθούν οι ανακλάσεις από γειτονικά κτίρια. Επίσης, προσαυξάνεται η στάθμη κοντά σε διασταυρώσεις (1-2 dB(A) για μέχρι 100μ. από αυτήν και μέχρι 7 dB(A) στην πόλη κοντά σε σηματοδότη), αλλά και όταν ο δρόμος έχει κλίση (0,3 – 0,4 dB(A) ανά 1% κλίσης). Τέλος, προσαυξάνεται η στάθμη, αν το σημείο μέτρησης ή ο δρόμος είναι υπερυψωμένα (κατά 1 dB(A) μέχρι 1,5μ., κατά 2 dB(A) μέχρι 3μ. και κατά 3 dB(A) για πάνω από 3μ.).

2.9 Παράγοντες που συνεισφέρουν στον κυκλοφοριακό θόρυβο

Εκτός από την αναγνώριση των πηγών και τη μέτρηση των επιπέδων θορύβου τους, βασικό ρόλο έχουν και οι επιπλέον παράγοντες που συνεισφέρουν στην επιβάρυνση του κυκλοφοριακού θορύβου. Αυτοί είναι:

- Ο τύπος του οχήματος είναι αυτονόητο ότι τα βαρέα οχήματα παράγουν περισσότερο θόρυβο από τα συνηθισμένα αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης.

- Η επιφάνεια του δρόμου, οι σωστά συντηρημένοι δρόμοι είναι λιγότερο θορυβώδεις από εκείνους που έχουν σχισμές, λακκούβες ή πρόχειρες επιδιορθώσεις.
- Η γεωμετρία του δρόμου, αν θα είναι κάθετα ευθυγραμμισμένος, υπερυψωμένος κλπ σε σχέση με τις κατοικίες, επηρεάζει τον βαθμό ευκολίας με τον οποίο ο θόρυβος θα φτάσει στους αποδέκτες.**[13]**

  Η γεωμετρία του δρόμου είναι ιδιαίτερα σημαντική, ειδικά σε περιπτώσεις σχήματος U, όπου οι ανακλάσεις του ήχου είναι πολλαπλές –λόγω και των προκείμενων κτιρίων- επιφέροντας κάποιες φορές και επιβάρυνση της ήδη υπάρχουσας ηχορύπανσης. **[44]**
- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, δηλ. οι τρέχουσες καιρικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου (ειδικά από τα 50μ. και πάνω), παίζουν καθοριστικό ρόλο στον τρόπο μετάδοσης του ήχου.
- Η απόσταση μεταξύ δρόμου και αποδεκτών (π.χ. όπως έχει προαναφερθεί, ο διπλασιασμός της απόστασης δρόμου – αποδέκτη έχει αποτέλεσμα τη μείωση κατά 3dB του επιπέδου θορύβου).
- Το κυκλοφοριακό ρεύμα, δηλ. τύπος και ποσότητα οχημάτων, ταχύτητα κυκλοφορία και σταθερότητα ροής **[13]**.

2.10 Μέτρα μείωσης κυκλοφοριακού θορύβου

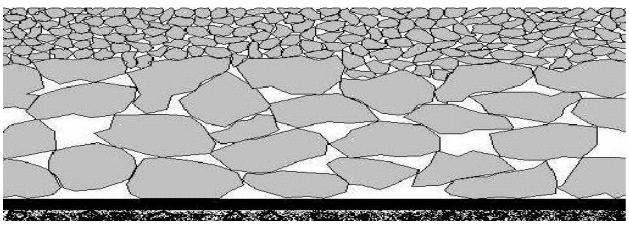
Ο κυκλοφοριακός θόρυβος προέρχεται από τα διάφορα οχήματα έτσι όπως αυτά ορίζονται από την νομοθεσία και ιδιαίτερα από τα δίκυκλα (μοτοποδήλατα – μοτοσικλέτες). Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Δημοσίας Τάξης, αρμόδιου για τη διαχείριση των μοτοποδηλάτων φαίνεται ότι κυκλοφορούν 478.000 μοτοποδήλατα στην Αττική, 1.303.000 μοτοποδήλατα στο σύνολο της χώρας, 195.000 μοτοσικλέτες στην Αττική και 430.000 στο σύνολο της χώρας. Αν ληφθεί όμως υπόψη ότι συνήθως δεν αναφέρεται η απόσυρση των δικύκλων λόγω παλαιότητας, μια ρεαλιστική εκτίμηση, είναι ότι κυκλοφορούν περίπου 550.000 δίκυκλα στην Αττική και 1.400.000 δίκυκλα στο σύνολο της χώρας. Σημειώνεται επίσης, ότι ο σημερινός ρυθμός αύξησης των δικύκλων στη χώρα είναι περίπου 40.000 μοτοσικλέτες και 70.000 μοτοποδήλατα ετησίως. Από τους ελέγχους, τις μετρήσεις καθώς και πρόσφατες δειγματοληπτικές έρευνες του

Υπουργείου Περιβάλλοντος, εκτιμάται ότι περίπου 5% των αυτοκινήτων και 20-25% των δικύκλων εκπέμπουν παράνομες στάθμες θορύβου **[Δ2].** Παρόμοια προβλήματα υφίστανται και στην Ισπανία, όπου σύμφωνα με επίσημες πηγές, το 2007 δόθηκαν 5.666 κλήσεις σε δίκυκλα, για παραβιάσεις των αποδεκτών σταθμών θορύβου. Ο κυκλοφοριακός θόρυβος, ιδίως από δίκυκλα, αποτελεί μάστιγα για τον αστικό πληθυσμό της Ισπανίας **[Δ3].**

Τα μέτρα που θα μπορούσαν να ληφθούν για τη μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου είναι τα κάτωθι:

- Μείωση στην πηγή, δηλ. καλύτερος (αντιθορυβικός) σχεδιασμός οχημάτων (χρήση εναλλακτικών ηχοαπορροφητικών υλικών) ή συσκευών (ηχομονωμένες βιομηχανικές συσκευές) στο στάδιο παραγωγής, εφαρμογή σχεδίου *'ήσυχων περιοχών'* κλπ. Η μείωση στην πηγή αποτελεί το καλύτερο μέτρο αντιμετώπισης, όταν κάποιο προϊόν δεν έχει ακόμη κατασκευαστεί. **[16]**
- Μείωση με σωστή πολεοδομική διαμόρφωση **[14,15]** και επιλογή διατομής των οδών. Θα πρέπει δηλ. να αποφεύγονται οι κλίσεις, ειδικά σε οδούς που διέρχονται μέσα από περιοχές που απαιτούν προστασία, οι απότομες στροφές λόγω της χρήσης φρένων, να υπάρχει κατάλληλη διατομή οδού, κατά δύναμη ρεύματα ίδιας κυκλοφορίας με λωρίδες επιβράδυνσης και επιτάχυνσης στις εξόδους και εισόδους αντίστοιχα και τέλος να κατασκευάζονται ειδικά μελετημένα αθόρυβα οδοστρώματα, ανυψωμένοι δρόμοι και γέφυρες **[26]**.
- Μείωση μέσω ειδικά σχεδιασμένης φύτευσης. Έχει εκτιμηθεί ότι το δάσος – ανάλογα βέβαια με το είδος και την πυκνότητα της βλάστησης – μπορεί να μειώσει τον θόρυβο ως και 7dBA ανά 30 μέτρα **[14,15]**. Οι θάμνοι και τα δέντρα μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην ηχοθωράκιση ενός δρόμου, π.χ. ένας φράχτης με κυπαρίσσια και πάχος 60cm, μειώνει τον θόρυβο κατά 2dB περίπου **[24].** Ερευνητές του τμήματος Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος στο ΑΠΘ, έπειτα από μετρήσεις στους πιο θορυβώδεις δρόμους της Θεσ/κης, κατέληξαν ότι τα φυτά (συνδυασμός θάμνων 2-3μ. ύψος, ακολουθούμενων από σειρές δέντρων, ύψους 15μ.έκαστο), ειδικά σε λεωφόρους και αυτοκινητόδρομους μπορούν να μειώσουν το θόρυβο ως και 10dB. Αν τώρα η βλάστηση αυτή συνδυαστεί με ηχοπετάσματα, η μείωση μπορεί να φτάσει και τα 15dB **[18].**

- Μείωση με χρήση αντιθορυβικών οδοστρωμάτων π.χ. με χρήση **πορώδους** οδοστρώματος που είναι περισσότερο ηχοαπορροφητικό **[14,15]**. Η κατασκευή αντιθορυβικών δρόμων είναι εδώ και χρόνια όχι μόνο εφικτή, αλλά υποχρεωτική σε πολλές χώρες, όπως Ολλανδία και Βέλγιο, στα τμήματα των αυτοκινητοδρόμων που διασχίζουν οικισμούς και πόλεις. Ανάλογες τεχνολογίες είναι πλέον υποχρεωτικό να εφαρμοστούν και στην Ελλάδα, κατά την ανακατασκευή των εθνικών οδών, στα τμήματα που επίσης διασχίζουν οικισμούς. Σύμφωνα με τον Ανδρέα Λοϊζο, επικεφαλής του Εργαστηρίου Οδοποιίας του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, *«υπολογίζεται ότι κατά τον διπλασιασμό της ταχύτητας ενός οχήματος, η αύξηση της στάθμης του παραγόμενου από το οδόστρωμα θορύβου είναι της τάξης των 12dB! Οι αντιθορυβικοί τάπητες λειτουργούν περίπου όπως οι ηχοαπορροφητικές μονώσεις των στούντιο ηχογράφησης. Ο θόρυβος απορροφάται από μικρά κενά στο μείγμα της ασφάλτου, που δημιουργούνται και διατηρούνται με τη χρήση χημικών προσμίξεων. Τα αποτελέσματα είναι πολύ ικανοποιητικά. Έρευνες στην Ολλανδία και στο Βέλγιο έδειξαν ότι με τη χρήση 'πορώδους τάπητα' επιτυγχάνεται μείωση μέχρι και 6dB σε σχέση με τον συμβατικό τάπητα για ελαφρά οχήματα σε ταχύτητες από 40χλμ. ως 120χλμ. την ώρα. Μάλιστα, το οδόστρωμα αποσβένει όχι μόνο τον θόρυβο ελαστικού – δρόμου, αλλά και τον θόρυβο που παράγεται από άλλα μέρη του οχήματος»* **[35]**.



Πορώδης άσφαλτος διπλής στρώσης / Πηγή: www.vejdirektoratet.dk/.../image_2-cPm2_14.jpg *(2-08-08)*



Πορώδης άσφαλτος / Πηγή: http://international.fhwa.dot.gov/quiet_pav/images/fig2.jpg (2-08-08)

- Μείωση με χρήση ακουστικών σηράγγων.



Ακουστική σήραγγα σε πόλη της Αυστραλίας

- Μείωση με χρήση ηχοπετασμάτων. Τα αντιηχητικά αυτά φράγματα είναι τοιχεία με ύψος περίπου 3 μέτρα με τα οποία αποκόπτεται η οπτική επαφή ανάμεσα στην πηγή και στον δέκτη θορύβου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάκλαση του θορύβου από την πλευρά της πηγής και τη δημιουργία ενός είδους ηχητικής σκιάς από την πλευρά του δέκτη. Επομένως, αναμένεται αύξηση του θορύβου από την πλευρά της πηγής και μείωση από αυτήν του δέκτη. Φυσικά, ένα μέρος από τον προσπίπτων ήχο απορροφάται από το πέτασμα, ένα άλλο μικρότερο το διαπερνά και διαδίδεται από

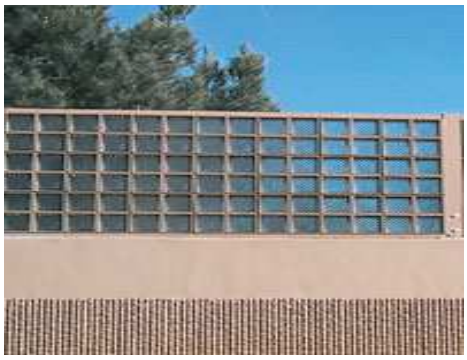
την άλλη πλευρά του και τέλος, ένα μέρος του αλλάζει πορεία, λόγω περίθλασης στα άκρα του και φτάνει στο δέκτη. Οι δυο τελευταίοι λόγοι είναι και οι βασικοί, μείωσης της απόδοσης του ηχοφράγματος. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η περίθλαση στα άκρα του πετάσματος δε κάμπτει τις ακτίνες του ήχου ομοιόμορφα σε όλες τις συχνότητες. Οι υψηλότερες από αυτές, περιθλώνται σε μικρότερο βαθμό (λόγω μικρού μήκους κύματος), από τις χαμηλότερες, γι'αυτό και το ηχόφραγμα είναι πιο αποτελεσματικό στις υψηλές συχνότητες. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση του ηχοφράγματος είναι το μήκος κύματος, οι διαστάσεις του πετάσματος, η θέση πηγής – δέκτη και η το ποσοστό διάδοσης του ήχου μέσα από αυτό.

Σε γενικές γραμμές, το ηχόφραγμα, χρησιμοποιείται συνήθως κατά μήκος του αυτοκινητόδρομου ή γύρω από το αεροδρόμιο και η στάθμη θορύβου που φθάνει στο δέκτη, προέρχεται μόνο από την περίθλαση του ηχητικού κύματος γύρω από το φράγμα **[26]**. Το ηχοπέτασμα μεταβάλλει την εξάπλωση του ηχητικού κύματος, μέσω διάθλασης, απορρόφησης, ανάκλασης ή περίθλασης. Τα ηχοπετάσματα μπορεί να είναι *φυσικά*, π.χ. αναχώματα ή *τεχνητά*, όπως π.χ. τοίχος ή συνδυασμός και των δύο. Το υλικό κατασκευής τους μπορεί να είναι τσιμέντο, τούβλα, μέταλλο, ξύλο ή διαφανή υλικά (πλέξι γκλας) **[6]** και αρκετά πυκνό (20Kgr / m^2), ενώ μπορεί να μειώσει μέχρι και 5dB το επίπεδο θορύβου, όταν είναι αρκετά υψηλό για να ξεπεράσει τη νοητή γραμμή που συνδέει την ηχογόνο πηγή με τον δέκτη. Για κάθε επιπλέον μέτρο στο ύψος του ηχοφράγματος επιτυγχάνεται μείωση 1,5dB **[Δ18]**.



Ηχοπέτασμα κατά μήκος του παραλιακού δρόμου του Μανχάταν



Διάφοροι τύποι ηχοπετασμάτων

- Περιορισμός ή απαγόρευση βαρέων οχημάτων σε κατοικημένες περιοχές, μέσω δημιουργίας περιφερειακών αρτηριών για την εξυπηρέτησή τους. Σημειώνεται ότι κάθε βαρύ όχημα ισοδυναμεί περίπου με 10 μικρά ΙΧ οχήματα.
- Ενημέρωση του κοινού για αυτοπροστασία και ανάληψη δράσης. **[26]**.

Περισσότερες πληροφορίες για τον έλεγχο θορύβου, περιλαμβάνονται στο ISO 11690/1 (1996) **[16].**

2.11 Το ΕΛ.ΙΝ.Α. και οι δραστηριότητες του στον τομέα θορύβου [Δ16]

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής (ΕΛΙΝΑ) δραστηριοποιείται στον χώρο της ακουστικής και αριθμεί περί τα 100 μέλη σε όλη την Ελλάδα. Το ΕΛΙΝΑ είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Ακουστικών Εταιρειών ΕΑΑ (European Acoustics Association) που περιλαμβάνει 29 κράτη μέλη.

Οι δραστηριότητες των μελών του ΕΛΙΝΑ σχετικά με την ηχορύπανση συνοψίζονται στην ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης κυκλοφοριακού θορύβου (Παν/μιο Πατρών) και στην ανάπτυξη νέων τύπων ηχοπετασμάτων καθώς και η υλοποίηση λογισμικού εκτίμησης της ηχομείωσης ηχοπετασμάτων με πολύπλοκη γεωμετρία (ΑΠΘ).

Στα πλαίσια του παραγοντικού μοντέλου θορύβου (Πανεπιστήμιο Πατρών) έχει μελετηθεί ο θόρυβος και οι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στο θόρυβο κυκλοφορίας σύμφωνα με το προαναφερθέν μοντέλο είναι οι εξής:

«1. Το κυκλοφοριακό φορτίο (q): Γίνεται γενικά αποδεκτό στα περισσότερα μοντέλα γενικά ότι για ένα ευρύ φάσμα των κυκλοφοριακών ροών η ισοδύναμη στάθμη eq L είναι λογαριθμική συνάρτηση του κυκλοφοριακού φορτίου (q):

$$L_{eq} = C \log q$$

όπου το q είναι το κυκλοφοριακό φορτίο σε οχήματα ανά ώρα και C είναι μια σταθερά. Γενικά μια τιμή 10 C = γίνεται αποδεκτή από τους περισσότερους ερευνητές . Για το μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ χρησιμοποιήθηκαν πέντε επίπεδα για την κυκλοφοριακή ροή. ***1: πολύ χαμηλή ροή*** *(μέχρι 300 οχήματα ανά ώρα),* ***2: χαμηλή ροή*** *(300-600 οχήματα ανά ώρα),* ***3: μέση ροή*** *(600-1200 οχήματα ανά ώρα),* ***4: υψηλή ροή*** *(1200-2400 οχήματα ανά ώρα)* ***5: πολύ υψηλή ροή*** *(πάνω από 2400 οχήματα ανά ώρα).*

2. Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων (p): Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων έχει μια σημαντική επίδραση στην παραγόμενη στάθμη θορύβου. Για το ποσοστό των βαρέων οχημάτων και της στάθμης θορύβου, μια γενική έκφραση που χρησιμοποιείται σε μερικά μοντέλα είναι:

$$L_{10} = 10 \log(1 + \frac{5p}{v})$$

όπου p είναι το ποσοστό των βαρέων οχημάτων και v είναι η ταχύτητα. Η κατηγορία ελαφρών οχημάτων περιλαμβάνει μικρά αυτοκίνητα και η κατηγορία βαρέων οχημάτων περιλαμβάνει μεγάλα αυτοκίνητα ή θορυβώδη οχήματα πχ λεωφορεία, βαριά φορτηγά κ.λπ..

Το μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ χρησιμοποιεί τη σύνθεση κυκλοφορίας ως παράγοντα. Αυτός ο παράγοντας ορίζεται για να έχει τρία επίπεδα. ***1: χαμηλό ποσοστό*** *των βαρέων οχημάτων (μέχρι 5%),* ***2: μέσο*** *(5%-15%) και* ***3: υψηλό ποσοστό*** *(πάνω από 15%).*

3. Η μέση ταχύτητα οχημάτων (v): Η σχέση μεταξύ της μέγιστης στάθμης του θορύβου και της ταχύτητας δίνεται από τη σχέση:

$$L = a + b \log v$$

όπου το a και το b είναι οι σταθερές, το b έχει κατά προσέγγιση τιμή 35 και για τα

ελαφρά και για τα βαρέα οχήματα.

*Στο παρόν μοντέλο έγινε χρήση έξι επίπεδων για τη ταχύτητα **1: πολύ χαμηλή** (μέχρι 25 Km/h) **2: χαμηλή** (25-35 Km/h), **3: μέση** (35-50 Km/h), **4: υψηλή** (50 - 70 Km/h) **5: πολύ υψηλή** (70 - 100 Km/h), **6: εθνική οδός** (πάνω από 100 Km/h).*

4. Η κλίση (g): Στους δρόμους με την κλίση ο οδηγός πρέπει να επιταχύνει ή να χρησιμοποιήσει τα φρένα συχνότερα απ' ότι στους ευθείς δρόμους. Ένας γενικά αποδεκτός τύπος για την επίδραση της κλίσης στο θόρυβο που χρησιμοποιείται στο μοντέλο CRTN (Calculation of Road Traffic Noise) είναι:

$$L = a \cdot g$$

όπου το g είναι η κλίση σε μοίρες και α μια σταθερά με τιμές 3 a = για την κίνηση οχημάτων προς τα πάνω και 2 a = για τα οχήματα που κινούνται προς τα κάτω.

*Εδώ χρησιμοποιήθηκαν τρεις στάθμες για την κλίση του δρόμου. **1:Μικρή**: δρόμοι με μικρή κλίση (0- 2%) **2: Μέση**: δρόμοι με κλίση <2% και κίνηση προς τα κάτω **3: Μεγάλη**: δρόμοι με κλίση >2% και κίνηση προς τα επάνω ή και στις δύο κατευθύνσεις.*

*5. Το έδαφος (r) Η αλληλεπίδραση μεταξύ των ελαστικών αυτοκινήτου και της οδικής επιφάνειας, έχει επιπτώσεις άμεσα στη στάθμη του θορύβου που παράγεται από την κυκλοφορία. Ο θόρυβος που διαδίδεται μεταξύ των ελαστικών των αυτοκινήτων είναι μικρότερος στις πορώδεις επιφάνειες απ' ότι στις πυκνές επιφάνειες. Στο μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ χρησιμοποιήθηκαν δυο στάθμες για την επιφάνεια του οδοστρώματος. **1: ήσυχοι**: όλοι οι δρόμοι με μικρό μέγεθος κόκκων (<11mm) **2: κανονικοί**: θορυβώδεις δρόμοι ή δρόμοι με μεγάλο μέγεθος κόκκων.*

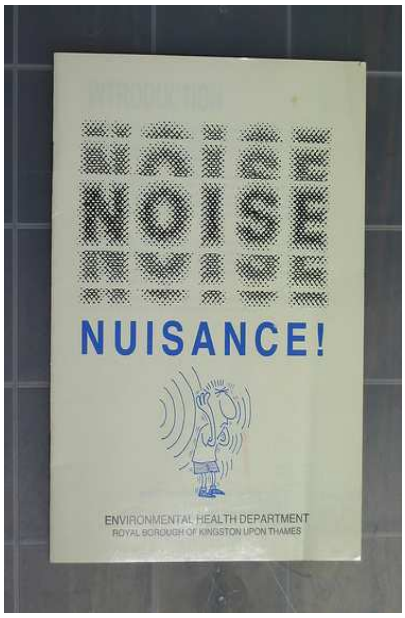
6. Ο αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας (l). Η απόσταση του μικροφώνου από τις λωρίδες κυκλοφορίας έχει επίσης μια σημαντική επίδραση στη στάθμη του θορύβου. Αν και στο μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ η στάθμη θορύβου αναφέρεται σε μια σταθερή απόσταση από την πλησιέστερη λωρίδα (7,5 m), στους δρόμους με πολλαπλές λωρίδες η επίδραση της απόστασης κάθε λωρίδας από το σημείο παρατήρησης είναι σημαντική. Οι περισσότεροι ερευνητές υποθέτουν ότι κάθε λωρίδα είναι μια γραμμική πηγή και για την επίδραση της απόστασης χρησιμοποιούν την σχέση:

$$\Delta L = 10 \log \frac{d}{d_0}$$

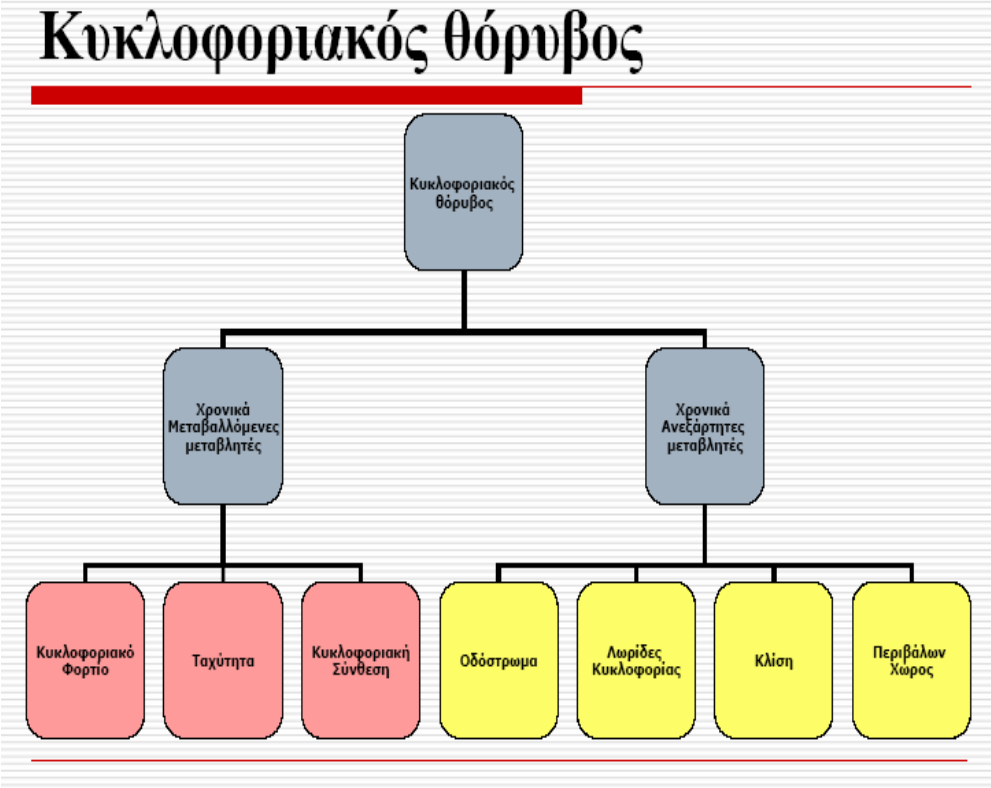
όπου το d είναι η απόσταση κάθε λωρίδας από το σημείο παρατήρησης και το d 0 η

απόσταση αναφοράς (7,5 m). Στο μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ χρησιμοποιήθηκαν δυο στάθμες για τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας. ***1: μικρός*** *μέχρι τρεις λωρίδες*
2: μεγάλος *πάνω από τρεις λωρίδες.*
7. Τα περιβάλλοντα κτήρια (b). Η επίδραση μιας πρόσοψης ενός κτηρίου πίσω από το σημείο υποδοχής θα αυξήσει το επίπεδο θορύβου. Στο μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ χρησιμοποιήθηκαν δυο στάθμες για την παρουσία κτηρίων. ***1: Ανοικτή περιοχή*** *ή περιοχή με κτήρια σε απόσταση >10 m από το σημείο παρατήρησης* ***2: Περιοχή με κτήρια*** *σε απόσταση <10 m από το σημείο παρατήρησης».*

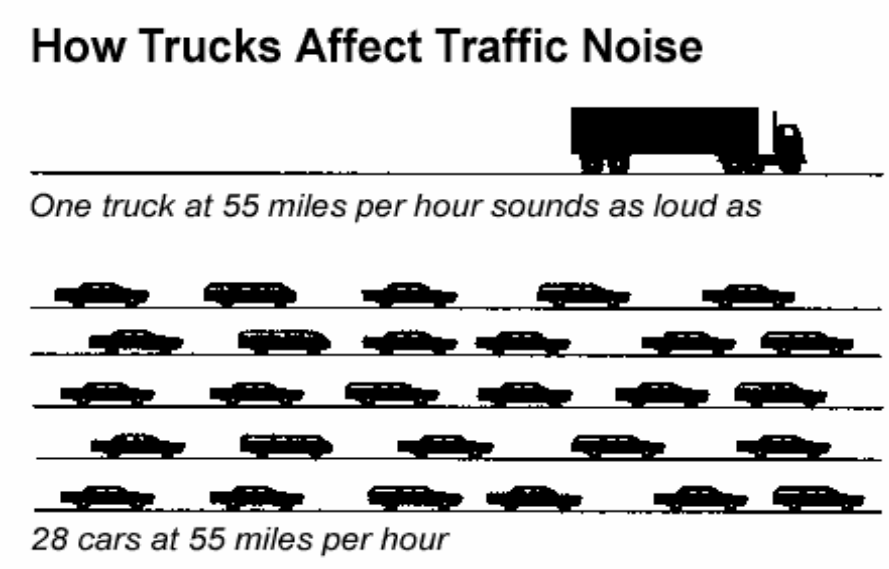
«Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην Πάτρα. Για τη συλλογή των μετρήσεων επιλέχτηκαν 20 σημεία στην πόλη, και 5 σημεία στις εθνικές οδούς, που καλύπτουν όλες τις πιθανές τιμές των παραγόντων. Η ποσότητα μέτρησης ήταν η 1 ωριαία A – σταθμισμένη ισοδύναμη στάθμη. Το ηχόμετρο τοποθετήθηκε 7.5 m μακριά από την πλησιέστερη λωρίδα και τουλάχιστον 6m από οποιαδήποτε ανακλαστική επιφάνεια. Το ηχόμετρο ήταν σε ένα ύψος 1,2 μέτρων επάνω από το έδαφος. Η κατηγορία ταχύτητας οχημάτων υπολογίστηκε με την καταγραφή του χρόνου των οχημάτων που περνούν πέρα από μια γνωστή απόσταση (20 μέτρα). Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό B&K 7815. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χωρίς βροχή με μέγιστο αέρα στα 3 m/s»







(Εισηγητής Δημ. Σκαρλάτος, 14-1-08, ΤΕΕ Αθήνα) **[Δ16].**



Αντιστοιχία θορύβου φορτηγού με ΙΧ / Πηγή:

http://www.sonicstopcorp.com/images/prob_solution/VSImage_03.gif (2-8-08)

2.12 Επιπτώσεις της ηχορύπανσης στο περιβάλλον

Αρνητικές επιδράσεις όμως υφίσταται και η πανίδα του οικοσυστήματος. «*Η αστική ηχορύπανση αλλάζει τη συμπεριφορά των πουλιών της πόλης. Οι επιστήμονες ανακαλύπτουν ότι κάποια είδη αναγκάζονται να προσαρμοστούν στον θόρυβο που πνίγει το τραγούδι τους αλλάζοντας την ώρα που κελαηδούν ή τη συχνότητα της φωνής τους.*

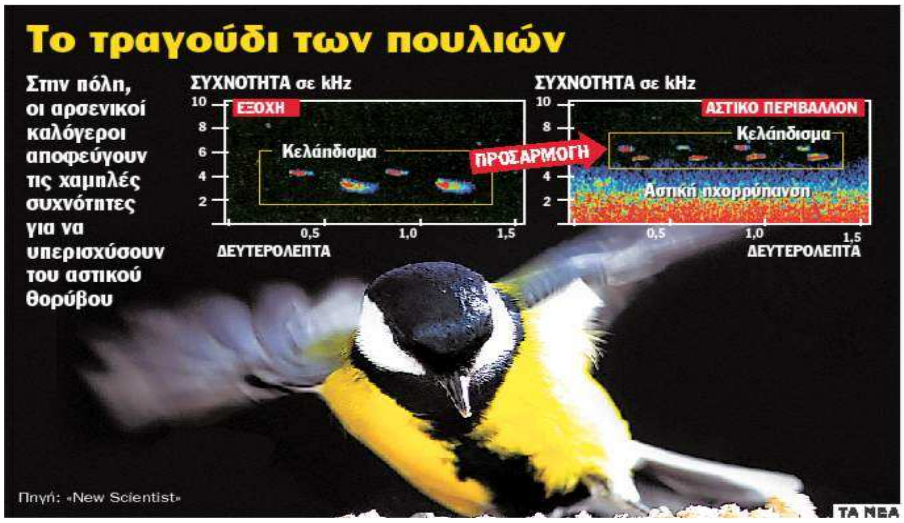
Ο θόρυβος στις πόλεις ευθύνεται για τη μείωση στη βιοποικιλότητα των πουλιών που συναντούμε στο αστικό περιβάλλον ή δίπλα σε μεγάλους δρόμους. Σε όλο τον κόσμο, τα πουλιά προσπαθούν να βρουν τον τρόπο να ανταγωνιστούν τους ήχους που δημιουργεί ο άνθρωπος, αλλά συχνά δεν τα καταφέρνουν.

«Συμπεριφορική προσαρμοστικότητα» είναι ο όρος που χρησιμοποιούν οι ειδικοί για να περιγράψουν την ικανότητα των ειδών να αλλάζουν τη συμπεριφορά τους ώστε να τα βγάζουν πέρα στις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον τους. Η ηχορρύπανση δεν αποκλείεται να προκαλέσει γενετικές μεταβολές σε διάφορα είδη, καθώς τα τραγούδια τους παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιβίωση και την αναπαραγωγή.

Αυτό ίσως έχει ήδη συμβεί στα κοτσύφια, σύμφωνα με Ολλανδούς επιστήμονες, που μελετούν τον πληθυσμό σε μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις. Οι Έρβιν Ριπμέεστερ και Χανς Σλάμπεκουρν από το Πανεπιστήμιο Λάιντεν πιστεύουν πως τα κοτσύφια έχουν αρχίσει να διαχωρίζονται σε δύο είδη, της πόλης και της εξοχής, λόγω του αστικού θορύβου.

«Βλέπουμε την αρχή της διαδικασίας αλλά ίσως δεν ζούμε όταν ολοκληρωθεί», λέει στο «New Scientist» ο Σλάμπεκουρν. Τα κοτσύφια ανήκουν στα είδη που καταφέρνουν να προσαρμόζονται στα νέα δεδομένα. Επέλεξαν να βάλουν στο συρτάρι την «μπάσα» φωνή τους και να αποφύγουν τις χαμηλές συχνότητες για να μπορούν να ακούγονται. Το ίδιο κάνουν τα σπουργίτια, οι σπίνοι και οι καλόγεροι. Το ίδιο καλά προσαρμόζονται και οι κοκκινολαίμηδες, οι οποίοι τραγουδούν πλέον το βράδυ αφού τις πρώτες πρωινές ώρες δεν μπορούν να ακουστούν πιο δυνατά από τα αυτοκίνητα. Η έρευνα του Ρίτσαρντ Φούλερ από το Πανεπιστήμιο του Σέφιλντ απέδειξε ότι κύριος λόγος για την αλλαγή είναι ο θόρυβος και όχι η φωτορρύπανση. Όλα αυτά τα πουλιά στις πόλεις τραγουδούν πολύ πιο δυνατά απ΄ ό,τι τα συγγενή τους είδη στην εξοχή. Τα αηδόνια προτιμούν άλλη μέθοδο, που τους ταιριάζει καλύτερα: ανεβάζουν την ένταση της φωνής τους. Επιστήμονες στο Βερολίνο ανακάλυψαν ότι τα αηδόνια της γερμανικής πρωτεύουσας κελαηδούν πολύ πιο δυνατά από τα ξαδέρφια τους στο δάσος, φθάνοντας τα 96 ντεσιμπέλ, θόρυβος στα όρια της ανθρώπινης αντοχής.

Όσο πιο δυνατός είναι ο θόρυβος στο περιβάλλον τους τόσο πιο δυνατά τραγουδούν τα πουλιά, τα οποία σημειώνουν τη δυνατότερη ένταση τις καθημερινές και μάλιστα τις πρωινές ώρες αιχμής. Υπάρχουν όμως και είδη που δεν καταφέρνουν να αλλάξουν συνήθειες. Δεν μπορούν δηλαδή να τραγουδήσουν άλλες ώρες ούτε να αλλάξουν συχνότητα στο τραγούδι τους. Σε αυτά συγκαταλέγονται οι φλώροι, οι κούκοι, τα σπιτοσπουργίτια και οι τσιχλοποταμίδες. Οι αστικοί πληθυσμοί τους έχουν μειωθεί στις μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις, όπως δείχνουν έρευνες σε πολλά μέρη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίπτωση ενός είδους σπίνου, το οποίο ο θόρυβος ωθεί στην απιστία. Τα πουλιά συνεννοούνται με το ταίρι τους με διάφορους ήχους που αναγνωρίζουν μεταξύ τους. Ο θόρυβος της πόλης όμως πνίγει το ερωτικό τους κάλεσμα, με αποτέλεσμα τα θηλυκά να χάνουν τον δρόμο προς το ταίρι τους και να καταλήγουν σε άλλη αγκαλιά.



Σημαντική αποδεικνύεται και η επιρροή της ηχορύπανσης στον θαλάσσιο κόσμο. Ο βυθός δεν είναι τόσο σιωπηλός όσο νομίζει ο περισσότερος κόσμος. Χιλιάδες ψάρια τραγουδούν στα βάθη της θάλασσας, βγάζοντας χαρακτηριστικούς ήχους με τους οποίους επικοινωνούν με τους υπόλοιπους εκπροσώπους του είδους τους ή καλούν το ταίρι τους σε ζευγάρωμα. Σύμφωνα με τις επιστημονικές έρευνες, μόλις τα 1.200 από τα 30.000 γνωστά είδη παράγουν ήχους. Πολλοί από αυτούς δεν έχουν αναγνωριστεί ακόμα από τους ειδικούς, που έχουν ρίξει υδρόφωνα σε πολλά σημεία του πλανήτη κρυφακούγοντας τα πλάσματα της θάλασσας. Αναγνωρίζοντας τους ήχους τους, έχουν εντοπίσει την παρουσία ειδών που δεν

ήξεραν ότι υπάρχουν σε διάφορες περιοχές, ενώ παράλληλα προσπαθούν να βρουν νέους ψαρότοπους. Τους ήχους των ψαριών ακολουθούν τα δελφίνια για να βρουν τροφή. Ελάχιστοι όμως ξέρουν ότι τα ψάρια τραγουδούν. «Για παράδειγμα, τα περισσότερα ψάρια ενυδρείου παράγουν ήχους. Ωστόσο, όταν τα βάζουμε σε ενυδρείο, είναι σαν να κρατάμε ένα καναρίνι σε ένα κλουβί με ηχομόνωση», λέει ο Φίλιπ Λόμπελ, καθηγητής βιολογίας στο Πανεπιστήμιο της Βοστώνης. Με τους ήχους, τα ψάρια εκφράζουν συναισθήματα: θυμό, φόβο ή άγχος. Προειδοποιούν για επερχόμενους κινδύνους ή επιχειρούν να ζευγαρώσουν. Όμως, ακόμα και στον βυθό εμπλέκεται αρνητικά ο ανθρώπινος παράγοντας. Ο θόρυβος στο νερό που προέρχεται από τάνκερ, ηχοβολιστικά σόναρ, καθώς και τις έρευνες για πετρέλαιο, πλησιάζει τις ηχητικές συχνότητες των θαλάσσιων οργανισμών. Η αύξηση του θορύβου στους ωκεανούς απειλεί την επικοινωνία των ψαριών.

Το μαύρο μυλοκόπι είναι διάσημο στην περιοχή της Φλόριντας για τον εκκωφαντικό ήχο που παράγει την εποχή του ζευγαρώματος σε πολύ χαμηλές συχνότητες, θόρυβος που κρατά ξάγρυπνους τους ντόπιους τα βράδια. Ο ηχητικός μηχανισμός των περισσότερων ψαριών είναι ένας μυς που δονεί μία νηκτική κύστη, κάτι σαν τη φωνητική χορδή. Η κύστη είναι γεμάτη αέριο που χρησιμοποιείται για την πλευστότητα του ψαριού. Κάποια είδη, όπως το ψάρι κλόουν, διαθέτουν έναν ηχητικό σύνδεσμο που χρησιμοποιούν για να τιτιβίσουν. Τα μαυρόψαρα παράγουν ήχους τρίβοντας τα κόκαλά τους πάνω στην κύστη» **[40].**

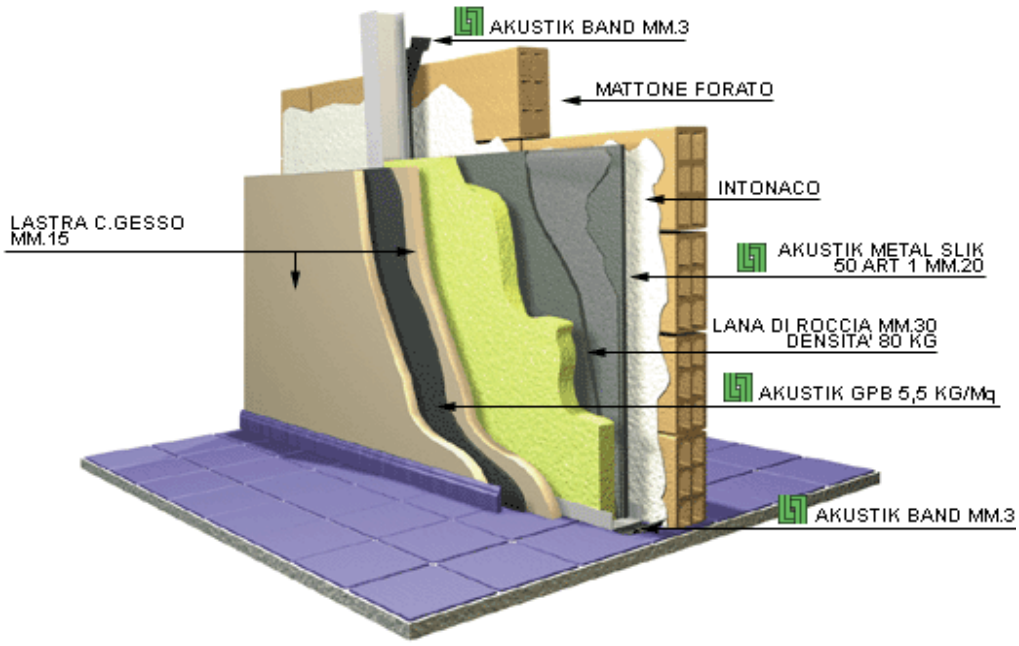


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{Ο}

ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ – ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟ ΧΩΡΟ







Κριτήρια αντιθορυβικού σχεδιασμού οικισμών & κατοικιών – Ηχομόνωση

Ηχορύπανση στον εργασιακό χώρο

Πρόλογος 3ου Κεφαλαίου

Σ'ένα περιβάλλον που συνεχώς συνωστίζεται από ανθρώπους και οχήματα είναι σημαντικό να κατασκευάζονται προσεκτικά μελετημένες και ηχοπροστατευμένες κατοικίες και κατ'επέκταση οικισμοί, που να κρατούν μακριά από τον άνθρωπο, όλον αυτόν τον ακατάσχετο ενοχλητικό θόρυβο. Σε μια κοινωνία, που ο θόρυβος βάθους πλησιάζει όλο και περισσότερο στο προσκήνιο είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα, που θα ενισχύσουν την ανθρώπινη άμυνα ενάντια στο φαινόμενο της ηχορύπανσης.

Στο κεφάλαιο αυτό, αναφέρονται τα κριτήρια αντιθορυβικού σχεδιασμού κατοικιών, ενδεικτικά κάποια υλικά ηχομόνωσης, καθώς και πώς η ηχορύπανση αντιμετωπίζεται στον εργασιακό χώρο, τόσο από τους εργοδότες όσο και από την πολιτεία, με αναφορά σε σχετικούς νόμους, και στα μέτρα προστασίας του εργαζόμενου.

ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

3.1 Εισαγωγή [26]

Προκειμένου να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τα σωστή πολεοδομική προστασία, πραγματοποιούνται χάρτες θορύβου στις ζητούμενες περιοχές, οι οποίοι απεικονίζουν την τρέχουσα κατάσταση θορύβου και βοηθούν στη σύγκριση με υπάρχοντες κανονισμούς, αλλά και στον προσδιορισμό των σημείων όπου παρατηρείται υπέρβαση, με σκοπό τη σωστή λήψη αποφάσεων.

Για τον ορθότερο έλεγχο όλων των παραμέτρων από την χαρτογράφηση θορύβου ως τη λήψη μέτρων, έχουν οριστεί περιοχές πολεοδομικών συγκροτημάτων, οι οποίες κατατάσσονται σε ζώνες, κάθε μια από τις οποίες έχει διαφορετικό ανώτατο όριο θορύβου. Μια τυπική κατάταξη ζωνών είναι:

Ζώνη 1: Περιοχές νοσοκομείων, αναψυχής, αγροτικές περιοχές.

Ζώνη 2: Περιοχές αστικής κατοικίας.

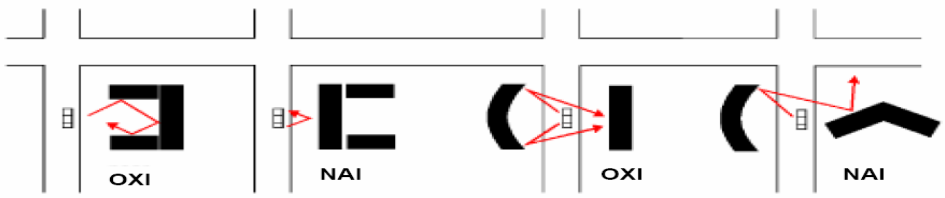
Ζώνη 3: Περιοχές κατοικίας με μικρή ανάμιξη βιοτεχνικών εργαστηρίων και καταστημάτων

Ζώνη 4: Περιοχές με βιοτεχνικά εργαστήρια ή κύριους δρόμους.

Ζώνη 5: Κέντρο πόλης, διοίκηση, εμπόριο, γραφεία.

Ζώνη 6: Βιομηχανικές περιοχές.

Κάθε μια από τις παραπάνω ζώνες έχει ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου κατά 5dB υψηλότερο από την προηγούμενη. Στις συστάσεις του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ΔΟΤ), η ανώτατη επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου κυμαίνεται από 35-45dB. Σημαντική είναι οι σωστή τοποθέτηση των κτιρίων σε επίπεδο αστικού σχεδιασμού, ώστε να υπάρχει η λιγότερη δυνατή έκθεση των κατοίκων στο θόρυβο, ειδικά στους αποκαλούμενους ‘ήσυχους χώρους’ (π.χ. τα υπνοδωμάτια).



Παραδείγματα βέλτιστης τοποθέτησης κτιρίων για ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του οδικού θορύβου

3.2 Κριτήρια αντιθορυβικού σχεδιασμού οικισμών και κτιρίων [26]

«Η βαθμονόμηση του θορύβου βασίζεται στην σύγκριση της στάθμης του με ένα θόρυβο αναφοράς ο οποίος ορίζεται με βάση την αποδεκτή στάθμη θορύβου περιβάλλοντος οπότε και αξιολογείται σαν κριτήριο. Τα διάφορα κριτήρια θορύβου είναι μονότιμα μεγέθη (dBA) ή πρότυπες καμπύλες (NC,NR) και χρησιμοποιούνται κατά τον αντιθορυβικό σχεδιασμό. Τα κριτήρια θορύβου βάθους συνοψίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

α) *Όρια ακουστικής βλάβης από θόρυβο βιομηχανίας*

- *αποφυγή μείωσης ακοής (θόρυβοι με συνεχές φάσμα)*
- *αποφυγή προσωρινής βλάβης του κατωφλίου αμφιωτικής ακοής (παλμικοί θόρυβοι)*
- *αποφυγή έκθεσης του δέκτη σε ακουστικούς κινδύνους (όταν μηχανήματα και προσωπικό κινούνται στον ίδιο χώρο)*
- *διατήρηση συνθηκών επαρκούς ακουστικής επικοινωνίας (η ομιλία και η τηλεφωνική επικοινωνία δεν πρέπει να καλύπτονται από τον θόρυβο βάθους)*

β) *Πρότυπα άνεσης*

- *διατήρηση παραδεκτών συνθηκών άνεσης για όλους τους εργαζόμενους και αποφυγή ακουστικής κόπωσης*
- *πρόβλεψη παραδεκτών συνθηκών άνεσης για εργαζόμενους που ακούν καθιστική εργασία (ελαχιστοποίηση θορύβων που παρεμποδίζουν την εργασία ή και εισαγωγή θορύβου επικάλυψης)*
- *πρόβλεψη παραδεκτών συνθηκών άνεσης για ελεύθερο χρόνο, ξεκούραση και ύπνο*

γ) *Κριτικές ακουστικές συνθήκες*

- *πρόβλεψη ιδανικών ακουστικών συνθηκών σε χώρους όπου η ομιλία και η μουσική είναι βασικά κριτήρια σχεδιασμού*
- *πρόβλεψη χαμηλού θορύβου βάθους στα στούντιο ραδιοφώνου, τηλεόρασης, κινηματογράφου και ηχογραφήσεων*
- *δημιουργία συνθηκών απόλυτης ησυχίας στα ακοομετρικά και στα ηχοτεχνικά εργαστήρια.»*

3.3 Καμπύλες κατάταξης θορύβου [26]

Οι πρότυπες καμπύλες κατάταξης θορύβου είναι βασισμένες στις καμπύλες απόκρισης του αυτιού και άρχισαν να θεσμοθετούνται το 1950. Προτάθηκαν φάσματα θορύβου να χρησιμοποιούνται ως βάση αναφοράς από τους αρχιτέκτονες για τον σχεδιασμό. Σήμερα χρησιμοποιούνται οι καμπύλες NC και PNC που αναπτύχθηκαν από τον Beranek, οι καμπύλες NR που αναπτύχθηκαν από τους Kosten και Vanos και χρησιμοποιούνται στο διεθνές πρότυπο ISO 1966 και οι καμπύλες BNL που χρησιμοποιούνται στα αγγλικά πρότυπα BRED που εκδίδονται από το HMSO. Οι καμπύλες θορύβου ισχύουν μόνο για θορύβους συνεχείς με ευρύ φάσμα και χωρίς καθαρούς τόνους όπως είναι συνήθως οι θόρυβοι βάθους.

Οι καμπύλες κατάταξης θορύβου είναι λοιπόν:

NC (Noise Criteria)

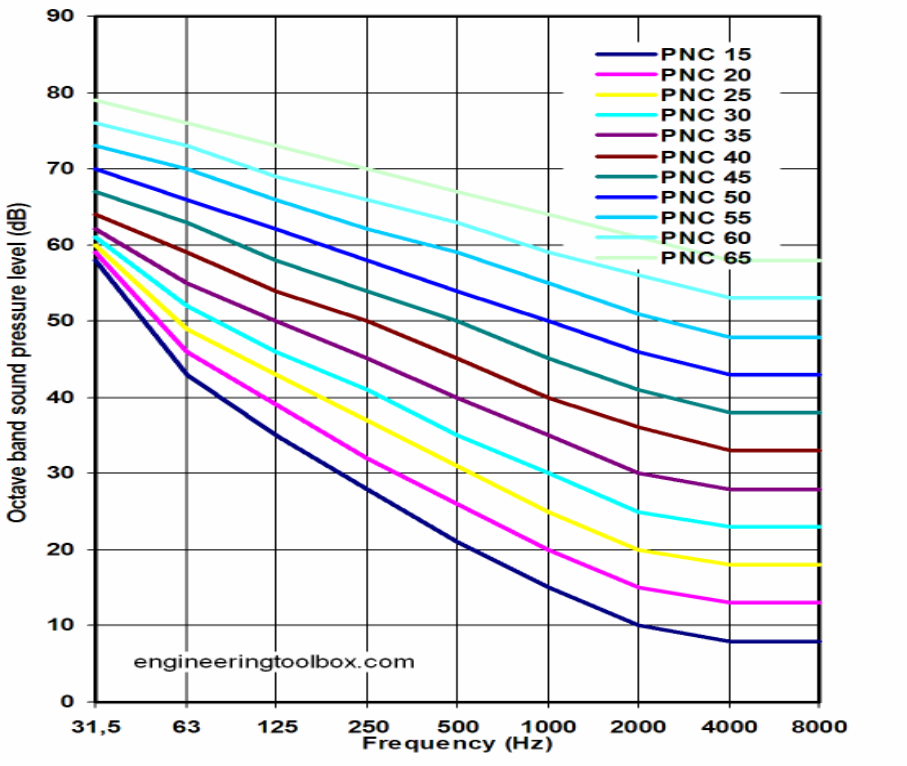
PNC (Preffered Noise Criteria)

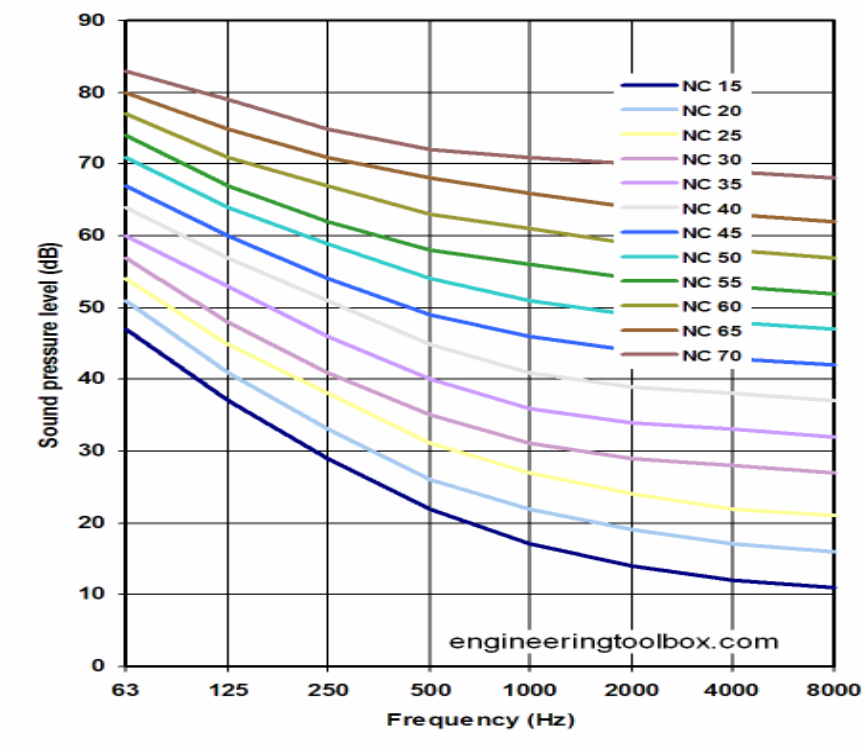
NR (Noise Rating)

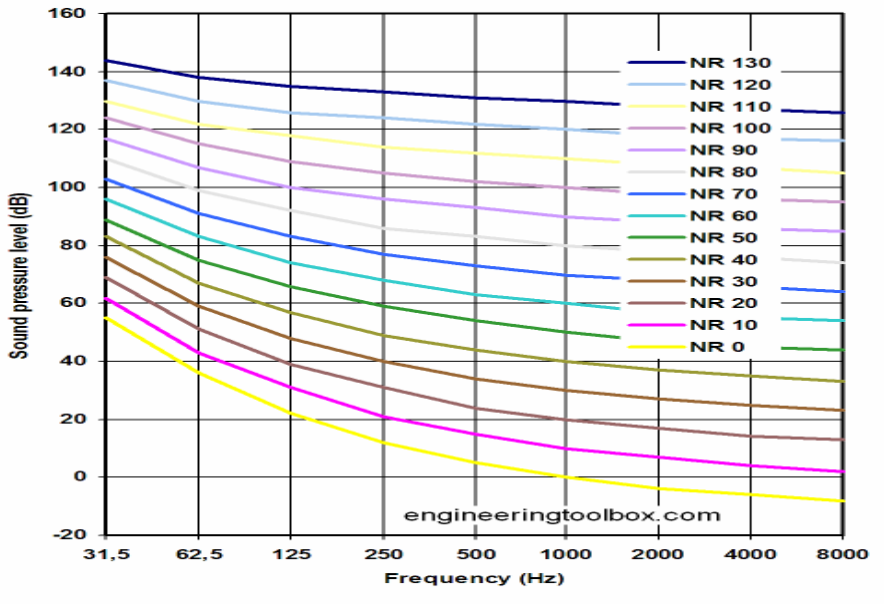
BNL (Background Noise Level)

dBA (ηχοστάθμη)

Οι διαφορές των καμπυλών, όλων εκτός της dBA είναι αυτές που τις κάνουν να έχουν μια πιο συγκεκριμένη χρήση, δηλ. οι NC είναι για θορύβους βάθους, οι PNC για τους πρόσθετους θορύβους σε ανοιχτές κατόψεις, οι BNL για θορύβους βάθους όπου η ομιλία είναι πρωταρχική λειτουργία και οι NR για το πλείστο των περιπτώσεων. Όσο για τη dBA (ηχοστάθμη) αφορά στο τυποποιημένο φάσμα συχνοτήτων καθαρών τόνων που έχει θεσμοθετηθεί διεθνώς και αποτελεί ενσωματωμένο κύκλωμα στα ηχόμετρα.


PNC 15
PNC 20
PNC 25
PNC 30
PNC 35
PNC 40
PNC 45
PNC 50
PNC 55
PNC 60
PNC 65
Octave band sound pressure level (dB)
Frequency (Hz)
31,5
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
engineeringtoolbox.com


NC 15
NC 20
NC 25
NC 30
NC 35
NC 40
NC 45
NC 50
NC 55
NC 60
NC 65
NC 70
Sound pressure level (dB)
Frequency (Hz)
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
engineeringtoolbox.com



Διαγράμματα καμπυλώνNR, NC, PNC / Πηγή: http://www.engineeringtoolbox.com (2-08-08)

3.4 Αντιθορυβικός σχεδιασμός οικισμών [26]

Ο κ. Γιώργος Καμπουράκης, επίτιμος καθηγητής του ΕΜΠ στο Εργαστήριο Ακουστικής, Επικοινωνίας και Τεχνολογίας των Μέσων Μαζικής Επικοινωνίας, παραδέχεται την ελλιπή αντιμετώπιση της ηχορύπανσης από την πολιτεία και εξηγεί πως, τη δεδομένη στιγμή, ενώ θεωρητικά γίνεται λόγος για την ενσωμάτωση μελετών ηχομονώσεως στη διαδικασία έκδοσης της οικοδομικής άδειας, πρακτικά κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει. Επιπλέον, έρευνες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής έχουν δείξει ότι το κόστος της μη πρόληψης για την ηχορύπανση μπορεί να φτάσει και τα 100 δισ. ευρώ. «Στη Γερμανία αμέσως μετά το Β' Παγκόσμιο πόλεμο, άρχισαν να τίθενται προδιαγραφές για την ηχορύπανση στους κτιριοδομικούς κανονισμούς της χώρας, θεσμοθετήθηκαν όρια θορύβων για όλες τις χρήσεις γης, τόσο εκτός όσο και εντός πολεοδομικού σχεδίου», σχολιάζει ο κ. Αθανάσιος Τροχίδης, καθηγητής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και πρόεδρος του Ελληνικού Ινστιτούτου Ακουστικής. Με τον τρόπο αυτό οι νόμοι που θεσπίστηκαν στη Γερμανία διευκόλυναν το πλαίσιο άσκησης πολιτικής για την αντιμετώπιση της ηχορύπανσης, υπογραμμίζει ο κ. Τροχίδης *(Καθημερινή, 15-4-08)* **[Δ19].** *«Πριν ληφθεί οποιοδήποτε αντιθορυβικό μέτρο σε επίπεδο οικισμού, θα πρέπει να έχει γίνει απεικόνιση του θορύβου της περιοχής σε χάρτη με ισοσταθμικές καμπύλες κατά*

κανονισμό DIN18005II. Τα βασικά ηχοπροστατευτικά μέτρα για την επίτευξη αντιθορυβικού σχεδιασμού οικισμού είναι συνοπτικά:

- *Σύμπτυξη αξόνων κυκλοφορίας (αυτοκινητόδρομους παράλληλα με σιδηρόδρομο) και γενικά πυκνά τοποθετημένες πηγές θορύβου*
- *Δημιουργία διαφοροποιημένου οδικού δικτύου με κλιμάκωση σταθμών θορύβου για ανάλογες απαιτήσεις ησυχίας και προσδιορισμός αριθμού κατοικιών ανά στάθμη*
- *Δημιουργία ζώνης πράσινου με πάρκα ανάμεσα στις περιοχές κατοικίας και εργασίας*
- *Διαμόρφωση δρόμων σε μονόδρομους, αδιέξοδα και δημιουργία δυσκολίας προσπέλασης ώστε να μειώνεται η κυκλοφορία μέσα από την περιοχή που μας ενδιαφέρει και επομένως να μειώνεται η στάθμη θορύβου*
- *Δημιουργία αδιεξόδων σε τμήματα οικισμού για επίτευξη ηχοπροστασίας από κυκλοφοριακό θόρυβο.*

Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης το περιβάλλον της πηγής και η τοποθέτησή της αναφορικά με τον δέκτη, ενώ για αποστάσεις μεγαλύτερες από 100 μέτρα, σημαντικό ρόλο μπορούν επίσης να παίξουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η τοποθέτηση των κτιρίων επηρεάζει σε πολύ μεγάλο ποσοστό τη συμπεριφορά ενός οικισμού ως προς τον θόρυβο. Μεμονωμένα κτίρια μπορούν να τοποθετηθούν με τις τυφλές τους πλευρές ή τις μικρές τους επιφάνειες προς τις πηγές θορύβου και με τρόπο ώστε να μην αποτελούν ανακλαστικές επιφάνειες για άλλα κτίρια. Επίσης, η κάτοψη του κτιρίου μπορεί να διαμορφωθεί έτσι ώστε οι κύριοι χώροι κατοικίας να είναι προσανατολισμένοι στην ήσυχη πλευρά του κτιρίου. Τέλος, η μείωση της ηχομονωτικής ικανότητας της πρόσοψης εξαρτάται από την ηχομονωτική ικανότητα του παραθύρου.»

3.5 Αντιθορυβικός σχεδιασμός κατοικίας

«*Κατά τον σχεδιασμό κτιρίων όπου συνυπάρχουν ήσυχες και θορυβώδεις λειτουργίες πρέπει να προβλέπονται:*

- *σύμπτυξη πηγών θορύβων, όπως κατάστημα και χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων μαζί, αλλά και χώρων όπου υπάρχει ανάγκη ηχοπροστασίας*
- *αποκλεισμός ή τουλάχιστον περιορισμός χώρων στάθμευσης που γειτονεύουν με χώρους κατοικίας*

- *κατά το δυνατό οριζόντια διάταξη κατοικίας*
- *διάταξη χρήσεων κατά ορόφους με βάση τον θόρυβο βάθους ή ειδικής πηγής θορύβους, π.χ. αεροσκαφών*
- *καθορισμός εκ των προτέρων από το σχέδιο πόλεως επιφανειών για συγκεκριμένα κτίρια όπως οικόπεδο όπου θα υπάρχει θόρυβος γιατί έχει επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί σαν χώρος στάθμευσης ενώ άλλο οικόπεδο έχει επιλεγεί να είναι σε ζώνη ησυχίας για να κτιστεί σχολείο κλπ.»* **[26]**

Τοίχοι. Για τα συνηθισμένα προβλήματα, στην πράξη, οι Γερμανικοί κανονισμοί DIN 4109 προβλέπουν να λαμβάνεται ως μέση συχνότητα τα 550Hz, για να υπολογισθεί η *'μέση ηχομονωτική αξία'* των τοίχων. Οι τοίχοι διακρίνονται σε *συμπαγείς* (η ηχομονωτική του αξία εξαρτάται από το βάρος του) και σε *τοίχους με διάκενα ή αλλιώς με διπλά χωρίσματα*, τα οποία παρουσιάζουν αυξημένο δείκτη ηχομείωσης για συχνότητες που είναι μεγαλύτερες από τη συχνότητα συντονισμού του διπλού τοιχώματος. *Πραγματικοί τοίχοι:* Οι τοίχοι που συναντώνται στις περισσότερες περιπτώσεις και είναι φτιαγμένοι από διάφορα υλικά, οπότε η ηχομείωση εδώ εξαρτάται από τη φύση του υλικού **[8].** Ο κανονισμός απαιτεί μια ηχομονωτική ικανότητα ανάμεσα στα 45 και 50dB για διαχωριστικούς τοίχους, ανάλογα βέβαια με τη χρήση των χώρων και από 25dB για εσωτερικούς διαχωριστικούς τοίχους **[43].**

Δάπεδα. Η ηχομονωτική του ικανότητα σε κτυπογενή ήχο, αυξάνει περίπου γραμμικά με τη συχνότητα, ενώ η αύξηση του πάχους του δεν συνεπάγεται αύξηση της ηχομονωτικής του αξίας, γι'αυτό και πρέπει να καλύπτονται με μαλακό υλικό που περιορίζει τον κτυπογενή θόρυβο (π.χ. η μοκέτα μπορεί να τον μειώσει από 22 – 30dB) **[8].**

3.6 Μονοκατοικία – Πολυκατοικία [26]

«Κατά τη σύνθεση της κάτοψης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι:

- *Οι χώροι με απαίτηση ησυχίας πρέπει να τοποθετούνται προς την ήσυχη πλευρά του κτιρίου, π.χ. προς τις εσωτερικές αυλές, τα αίθρια κλπ. Αυτού του είδους η διάταξη μπορεί να ονομαστεί ηχοτεχνικά 'αυτοπροστατευόμενες κατοικίες'.*
- *Οι θορυβώδεις χώροι πρέπει να μην γειτονεύουν με χώρους απαίτησης ησυχίας (π.χ. υπνοδωμάτια). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κάποια ομαδοποίηση των χώρων*

που προκαλούν θόρυβο και με δημιουργία εσωτερικών ζωνών ησυχίας στην κατοικία.

- *Ανάμεσα σε χώρους με απαίτηση ησυχίας και θορυβώδεις χώρους μπορούν να τοποθετηθούν ήσυχοι και βοηθητικοί χώροι.*
- *Χώροι με απαίτηση ησυχίας και πηγή θορύβου πρέπει να απομονώνονται μεταξύ τους είτε ανήκουν στην ίδια κατοικία είτε γειτονεύουν.*
- *Οι ήσυχοι χώροι και οι ήσυχοι βοηθητικοί χώροι μπορούν να συνορεύουν.»*

Λόγω έλλειψης υποδομών και εφαρμογής των μέτρων προστασίας από την ηχορύπανση, ο αστικός θόρυβος, τείνει να υποβαθμίζει τη αξία των ακινήτων, με επιπτώσεις στην εθνική οικονομία. Ο θόρυβος, εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, έχει συντελέσει και στην περιβαλλοντική παρακμή των αστικών κέντρων και την οικονομική υποβάθμιση πολλών περιοχών. Σε αντίθεση με τα περισσότερα αστικά κέντρα αναπτυγμένων κρατών, όπου οι αξίες ακινήτων στα κέντρα είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αξίες ακίνητων στα προάστια, στην Αθήνα παρατηρείται το παράδοξο φαινόμενο οι αξίες ακινήτων στο κέντρο να είναι πολύ χαμηλότερες από τις αξίες ακινήτων στα προάστια. Εξήγηση του φαινομένου αυτού αποτελεί η έλλειψη περιβαλλοντικής προστασίας των ελληνικών αστικών κέντρων, η οποία δεν αφήνει στους ανθρώπους άλλη επιλογή από τη φυγή προς τα προάστια. Το οικονομικό κόστος της υποβάθμισης των αστικών κέντρων στους ιδιοκτήτες ακινήτων αλλά και στο ίδιο το κράτος είναι ανυπολόγιστο και αναμφισβήτητο. Οι ιδιοκτήτες ακινήτων έχουν περιουσίες οι οποίες αξίζουν πολύ λιγότερο από ότι θα έπρεπε και το κράτος έχει μεγάλη απώλεια φορολογικών εσόδων, λόγω μείωσης της αντικειμενικής αξίας των ακινήτων. Εάν επιπλέον εξετάσουμε το κόστος και επιπτώσεις της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στον τουρισμό, τις εμπορικές και πολιτιστικές σχέσεις με άλλα κράτη, την δυσμενή επίδραση σε αρχαιολογικούς χώρους και μνημεία, την ανθρώπινη υγεία και ποιότητα ζωής, συμπεραίνουμε πως μας είναι αδύνατο να αγνοήσουμε το πρόβλημα **[Δ16].**

3.7 Υλικά ηχομόνωσης

Για τους τοίχους

Ηχομονωτικά ρολά από βινύλιο (MLV) τα οποία κυκλοφορούν στο εμπόριο με διάφορες ονομασίες ανάλογα με την εταιρεία που τα παράγει (Acoustiblok, Acoustistop, Sheetblok, Soundblok, Revac, Barrier Shield, db-Block κ.α.). Μερικά από αυτά εφαρμόζονται σε ήδη κτισμένους τοίχους –αν και κάποιες εταιρείες θεωρούν σε αυτές τις περιπτώσεις τα ειδικά κατασκευασμένα πάνελ ως καλύτερη λύση- ενώ κάποια άλλα κατά την κατασκευή του κτιρίου. Η ηχομονωτική ικανότητα αυτών των ρολών περιγράφεται ενδεικτικά από τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα:

Sound Barrier NRC Data						
125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	SRI
15	19	21	28	33	37	24

Ακουστικές μεμβράνες

Πρόκειται για λεπτά υλικά πολυμερικής σύνθεσης υψηλής πυκνότητας (απλά ή αυτοκόλλητα) που εφαρμόζονται σε διάφορες κτιριακές επιφάνειες ακόμη και μη λείες, ανθεκτικά σε μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος, που επιφέρουν ηχητική μείωση 25.2dB η μονή στρώση και περίπου 32dB για διπλή στρώση (10kg/m²).

Ακουστικά πάνελ

Υπάρχουν πάνελ από διάφορα υλικά ανάλογα με τη χρήση και τις ανάγκες του χώρου. Μπορεί να είναι γύψινα, συνθετικά και άλλα υλικά με ποικίλη πυκνότητα και ιδιαιτερότητα χρήσης, με ηχητική μείωση που μπορεί να φτάσει και τα 48dB.

Για τα πατώματα

Υπάρχουν ειδικά ρολλά που εφαρμόζονται στα πατώματα όταν αυτά είναι ήδη κατασκευασμένα ή εξ ολοκλήρου ειδικές ηχομονωτικές πατέντες καιά την κατασκευή του πατώματος. Η μείωση αερόφερτου θορύβου είναι 43-45dB, ενώ για κτυπογενείς ήχους η μείωση μπορεί να φτάσει τα 64dB. Τα υλικά και εδώ ποικίλουν ανάλογα τη χρήση.

Για το ταβάνι

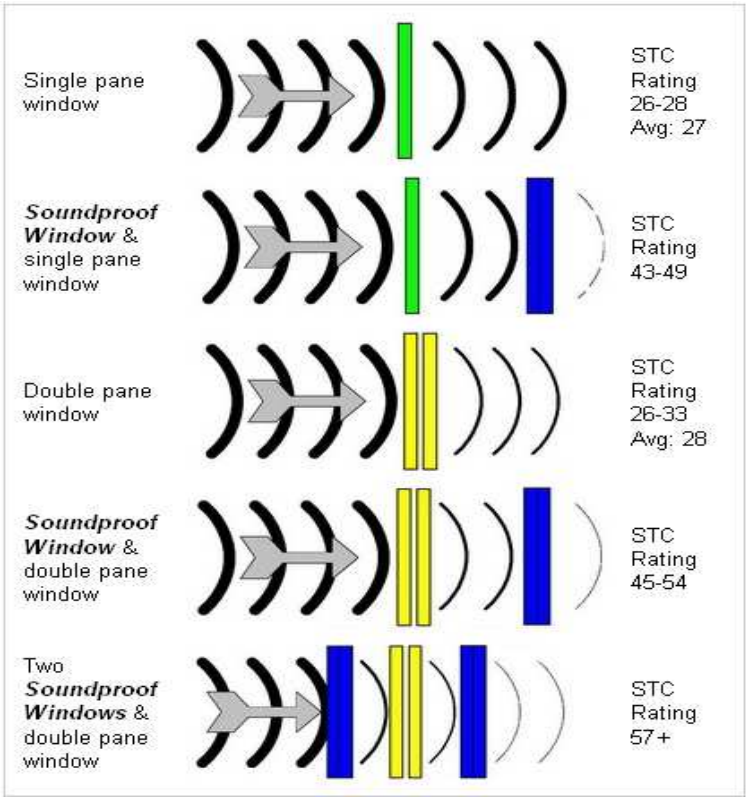
Για το ταβάνι υπάρχουν υλικά και λύσεις παρόμοιες με αυτές για τα πατώματα, μόνο που εδώ διαφέρουν τα υλικά κατασκευής, αφού σε πολλές περιπτώσεις η ηχομόνωση συνδυάζεται με θερμομόνωση, ενώ λαμβάνεται υπόψη και το γεγονός ότι το ταβάνι μπορεί να είναι εκτεθειμένο είτε σχεδόν αποκλειστικά σε αερόφερτο θόρυβο (όπως π.χ.

στην περίπτωση σκεπής ή ταράτσας) είτε σε κτυπογενείς ήχους και κραδασμούς (όπως π.χ. στην περίπτωση ταβανιού ενδιάμεσου διαμερίσματος πολυκατοικίας).**[Δ29]**

Άλλα υλικά [Δ30]

Εκτός από τα προαναφερθέντα υπάρχουν και τα ειδικά 'ηχομονωτικά κουφώματα', τα οποία προσαρμόζονται είτε εξ αρχής είτε σε ήδη υπάρχοντα (μπαλκονόπορτες ανοιγόμενες ή συρόμενες, παράθυρα κ.α.), καθώς και άλλα μικρο-υλικά, όπως ηχομονωτικές ταινίες, καλύμματα, φορητά διαχωριστικά κ.α. για μικρές, αλλά όχι τόσο αποτελεσματικές λύσεις. Η ηχομείωση τόσο για τις πόρτες όσο και τα παράθυρα μπορεί να φτάσει το 75% και είναι εφαρμόσιμη σε κάθε είδους κουφώματος ακόμα και στα πιο παλιά και ιδιαίτερα. Ενδεικτικά:

<u>STC Ratings:</u>



Τα υλικά ηχομόνωσης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές, τόσο για την προστασία των ανθρώπων όσο και του περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά, πολλές φορές χρησιμοποιούνται επικίνδυνα υλικά, για τα οποία υπάρχει ελάχιστη ή καθόλου ενημέρωση στο καταναλωτικό κοινό, προς χάρη του κέρδους. Χαρακτηριστικό είναι το

άρθρο που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα «Το Βήμα» στις 29-7-07 για το θέμα αυτό : *«Διαλέγοντας τα σωστά υλικά κάνουμε καλό όχι μόνο στους δικούς μας ανθρώπους αλλά και στους άλλους που έτυχε να κατοικούν στον ίδιο τόπο με εμάς. Διαλέγοντας, για παράδειγμα, να μονώσουμε τους τοίχους και τη στέγη με ένα υλικό φτιαγμένο από ίνες ξύλου συγκολλημένες και πιεσμένες μεταξύ τους, γνωστό και ως ξυλόμαλλο, χρησιμοποιούμε κάτι που δεν χρειάζεται να καταναλωθεί πολλή ενέργεια για να γίνει, είναι τελείως αβλαβές για τους ενοίκους του κτιρίου, συμβάλλει στο να χτιστεί ένας τοίχος που μπορεί να αναπνέει και είναι και απολύτως ανακυκλώσιμο. Αντίθετα, χρησιμοποιώντας διάφορα αφρώδη μονωτικά παράγωγα της πολυστερίνης, εξηλασμένης (XPS) ή διογκωμένης (EPS), και ισοκυανάτες (polyiso) κάνουμε κακό στον εαυτό μας και στους άλλους. Διότι αυτά είναι παράγωγα του πετρελαίου, που απαιτούν πολλή ενέργεια για να παραχθούν - και στο εξωτερικό (πιο πολύ από ό,τι εδώ) το μετράνε αυτό πλέον σοβαρά. Επίσης, για να φθάσουν στην τελική τους μορφή πρέπει να χρησιμοποιηθεί απαραιτήτως μια άλλη ουσία, που βοηθάει στη διόγκωσή τους. Αυτή η ουσία κάνει κακό στο περιβάλλον. Για το EPS χρησιμοποιείται υγρό πεντάνιο, που συμβάλλει στη δημιουργία νέφους, για το XPS χρησιμοποιούνται οι περιβόητοι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC-142b) των οποίων και ένα μόνο μόριο όταν βρεθεί στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας έχει την ικανότητα να καταστρέψει χιλιάδες μόρια πολύτιμου όζοντος. Για το polyiso τώρα αρχίζουν να μη χρησιμοποιούν τόσο βλαβερά διογκωτικά όπως παλαιότερα, αλλά εκτός από τη σπατάλη σε πετρέλαιο, σε αμερικανικές πηγές βρίσκουμε ότι όλα αυτά τα αφρώδη χάνουν με τον καιρό τη μονωτική τους ικανότητα.*

*Ακόμη χειρότερα είναι τα πράγματα με άλλα υλικά, όπως ο λεγόμενος πετροβάμβακας (Mineral ή Rock Wool), που προκύπτει είτε από τον βασάλτη είτε ως παραπροϊόν των χαλυβουργείων και έχει μπει από την IARC (International Agency for Research on Cancer) στον κατάλογο των «πιθανώς καρκινογόνων υλικών», ενώ ο υαλοβάμβακας, επειδή υφίσταται επεξεργασία με φορμαλδεΰδη, είναι ακόμη πιο βλαβερός. Διότι η φορμαλδεΰδη από μόνη της πρέπει να εξοριστεί εντελώς ως υλικό από κλειστούς χώρους όπου υπάρχουν άνθρωποι. Καθώς περνάει ο καιρός εξατμίζεται και προκαλεί ερεθισμό στα μάτια, ενόχληση στον λαιμό και ναυτία, ενώ σε μεγάλη χρονική κλίμακα θεωρείται και αυτή ύποπτη για την πρόκληση καρκίνου»***.*** **[Δ1]**

3.8 Ηχορύπανση στον εργασιακό χώρο

3.8.1 Ημερήσια ατομική ηχοέκθεση

Εκτός από την έκθεση του ατόμου στον αστικό θόρυβο, υπάρχει και η ταυτόχρονη ή μη έκθεσή του σε θόρυβο στον εργασιακό του χώρο. Η ένταση του θορύβου κατά τη διάρκεια της περιόδου εργασίας δεν είναι σταθερή, αλλά εμφανίζει διακυμάνσεις, καθιστώντας απαραίτητη τη χρήση της μονάδας Leq για τη μέτρησή του, η οποία όπως έχει προαναφερθεί, εκτιμά ένα ισοδύναμο επίπεδο θορύβου, που δίνει το ίδιο σύνολο ενέργειας ήχου, όπως ο διακυμαινόμενος ήχος **[Δ4]**.

Π.Δ. 149/2006: «Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζόμενων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/ΕΚ» (ΦΕΚ Α΄159/28.07.06)

- ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ: LEX,8h= 87dB(A) Ppeak=200 Pa
- Ανώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη ΔΡΑΣΗΣ:LEX,8h= 85dB(A) Ppeak=140 Pa αντιστ.
- Κατώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη ΔΡΑΣΗΣ:LEX,8h= 80dB(A) Ppeak=112 Pa αντιστ. **[Δ16].**

Ημερήσια ατομική ηχοέκθεση ενός εργαζομένου $L_{EP,d}$. Η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση ενός εργαζόμενου εκφράζεται σε DB(A) με την εξίσωση:

$$L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10\log_{10}\frac{T_e}{T_0}$$

$$L_{Aeq,Te} = 10\log_{10}\left\{\frac{1}{T_e}\int_0^{Te}\left[\frac{P_A(t)}{P_0}\right]^2\right\}$$

όπου

Te: η ημερήσια διάρκεια της ατομικής ηχοέκθεσης ενός εργαζομένου

To: 8 ώρες = 28.800 δευτερόλεπτα

Po: 20 μ Pα

Pα: η τιμή σε PASCAL της στιγμιαίας Α- σταθμισμένης ηχητικής πίεσης στην οποία εκτίθεται, στον αέρα από ατμοσφαιρική πίεση, ένα άτομο ανεξάρτητα από τις

μετακινήσεις του κατά την εργασία. Προσδιορίζεται με μετρήσεις που διενεργούνται στις θέσεις όπου βρίσκονται τα αυτιά του ατόμου κατά την εργασία, κατά προτίμηση την στιγμή της απουσίας του, χρησιμοποιώντας τεχνική που να ελαχιστοποιεί την επίδραση στο ηχητικό πεδίο.

Στην ημερήσια ατομική ηχοέκθεση δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση οποιουδήποτε ατομικού ακοοπροστατευτικού μέσου, που θα μπορούσε να έχει χρησιμοποιηθεί.

2. Εβδομαδιαίος μέσος όρος των ημερήσιων τιμών $L_{EP,W}$. Ο εβδομαδιαίος μέσος όρος των ημερήσιων τιμών υπολογίζεται με την εξής εξίσωση:

$$L_{EP,W} = 10\log\left[\frac{1}{5}\sum_{k=1}^{m} 10^{0,1(L_{EP,d})^k}\right]$$

όπου $(L_{EP,\,d})$κ είναι οι τιμές της $L_{EP,d}$ για κάθε μία από τις m ημέρες εργασίας της υπόψη εβδομάδας. **[Δ26]**

Η προστασία της ακοής κατά την εργασία όπου υπάρχει θόρυβος είναι απαραίτητη και επιτυγχάνεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους όπως:

- στην πηγή του θορύβου, με διάφορες τεχνικές τροποποιήσεις των θορυβογόνων συσκευών
- στη διάδοση του θορύβου με εγκλεισμό μηχανών, τοποθέτηση ειδικών ηχοφραγμάτων, κατασκευή καμπίνων κ.λ.π.
- στο αισθητήριο της ακοής, με χρήση ατομικών μέσων προστασίας, όπως ωτοασπίδες, ειδικά σκέπαστρα κ.α.

Θα πρέπει επίσης να υπάρχει πρόνοια για την ενημέρωση των εργαζομένων που εκτίθενται στον θόρυβο, για τους πιθανούς κινδύνους που διατρέχει η ακοή τους από την ηχοέκθεση (Π.Δ. 85/1991) και να ενημερώνονται για τα αποτελέσματα των περιοδικών ακοομετρικών εξετάσεων. Η συχνότητα των ακοομετρικών εξετάσεων καθορίζεται ανάλογα με την συχνότητα έκθεσης των ατόμων στο θόρυβο. Συνήθως γίνεται κάθε χρόνο και κάθε πέντε χρόνια εφόσον η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση του εργαζομένου παραμένει μικρότερη από 90dBA (Π.Δ. 85/1991) **[Δ4].**

3.8.2 Επιπτώσεις ηχορύπανσης στους εργαζόμενους

Ο Gary Evans μαζί με μια ομάδα περιβαλλοντικών ψυχολόγων βρήκαν κατόπιν έρευνας ότι ο θόρυβος χαμηλής έντασης προκαλούσε αύξηση του στρες στους εργαζόμενους και

μείωση της όρεξης για εργασία. Το ενδιαφέρον ήταν ότι οι εργαζόμενοι δεν ανέφεραν οι ίδιοι ενόχληση από θόρυβο, μιας και αυτός δεν ήταν ιδιαίτερα αντιληπτός.

Μια ομάδα 40 γυναικών, μέσης ηλικίας 37 χρονών, δούλεψαν για 3 ώρες σε ήσυχο γραφείο σε αντίθεση με ισάριθμη ομάδα που δούλευε σε γραφείο με πολύ θόρυβο. Η δεύτερη ομάδα είχε αυξημένα επίπεδα άγχους (αυξημένη έκκριση ανδρεναλίνης), προσπάθησε 40% λιγότερο να λύσει ένα πρόβλημα (το οποίο δεν είχε λύση) και έκανε 50% λιγότερες εργονομικές εφαρμογές στο χώρο εργασίας τους, σε σχέση με την πρώτη ομάδα, που δούλευε σε ησυχότερα γραφεία Να σημειωθεί ότι οι άνδρες, σύμφωνα με έρευνες του καθηγητή Τέηλορ, είναι πιο επιρρεπείς στο στρες και στις συνέπειές του **[Δ23]**.

Αυτό που πραγματικά συμβαίνει είναι διαταραχή της ψυχολογικής ισορροπίας και των συναισθημάτων, από εσωγενείς παράγοντες, όπως τα υψηλά επίπεδα θορύβου ή θερμοκρασίας, κακός αερισμός και κακές συνθήκες γενικότερα, κ.α. Ως συναίσθημα ορίζεται στην ψυχολογία, «*η κατάσταση που περιλαμβάνει το προσωπικό βίωμα, την έκφρασή του σε επίπεδο συμπεριφοράς και τις φυσιολογικές αλλαγές του ανθρώπινου οργανισμού που το συνοδεύουν*». Ειδικότερα, εξωγενείς περιβαλλοντικοί παράγοντες, μπορούν να μπλοκάρουν τις επιμέρους ικανότητες της συναισθηματικής νοημοσύνης, αποσπώντας τον συναισθηματικό έλεγχο από το άτομα και να το οδηγήσει σε συγκρούσεις με τον εαυτό του ή και τους γύρω του. Αυτό συνεπάγεται σωματικά και ψυχολογικά συμπτώματα, που συνδυαστικά, οδηγούν το άτομο σε δυσάρεστες καταστάσεις. Οι προαναφερθείσες ως <u>επιμέρους ικανότητες</u> είναι *η γνώση των συναισθημάτων μας και ο έλεγχός τους, η εξεύρεση κινήτρων και τον εαυτό μας, η αναγνώριση των συναισθημάτων των άλλων και σε ευρύτερο επίπεδο ο χειρισμός των σχέσεων*. **[11]**

Επεκτείνοντας λοιπόν, την επίδραση του θορύβου στον επαγγελματικό χώρο, γίνεται σαφές ότι η μειωμένη απόδοση των εργαζομένων συνεπάγεται περισσότερες, εργατοώρες, υπερωρίες, καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας, αύξηση κόστους παραγωγής, με ευρύτερες συνέπειες στην οικονομία του κράτους, αλλά και στη στερεότητα των κοινωνικών δομών. Πιο συγκεκριμένα, η έλλειψη χρημάτων και η σωματική κόπωση (υπερκόπωση) φέρνουν εκνευρισμό, ελάττωση της διάθεσης για κοινωνικές επαφές, εσωστρέφεια και σε αρκετές περιπτώσεις, απομόνωση.

Κατευθυντήριες τιμές για επίπεδα θορύβου σε ειδικούς χώρους- περιβάλλοντα (WHO)

Ειδικο περιβάλλον	Επιπτώσεις στην υγεία	L_{Aeq} [$dB_{(A)}$]	Διάρκεια έκθεσης	L_{Aeq} [dB] - οξεία έκθεση
Υπαίθριοι χώροι	Σοβαρή ενόχληση ημερήσια και βραδυνη	55	16	-
	Μέτρια ενόχληση ημερήσια και βραδυνη	50	16	-
Εσωτ.κατοικιών	Μέτρια ενόχληση και αντίληψη του λόγου	35	16	-
Υπνοδωμάτια	Διαταραχή του νυχτερινου ύπνου	30	8	45
Υπνομδωμάτιο με παράθυρο	Διαταραχή ύπνου, ανοιχτά παράθυρα (εσωτερικές τιμές)	45	8	60
Τάξεις σχολείων νηπιαγωγείων	Αρνητική επίδραση στην αντίληψη του Λόγου, διαταραχή της αντίληψης πληροφοριών και μηνυμάτων επικοιν.	35	Διαρκεια παραμονής	-
Εσωτ. υπνοδωμ. βρεφ. σταθμών	Διαταραχές ύπνου	30	Διάρκεια ύπνου	45
Προαύλιοι χώροι σχολείου	Ενόχληση (εξωτερική πηγή)	55	Διάρκεια παιχνιδιού	-
Νοσοκ.	Διαταραχές νυχτερινού ύπνου	30	8	40
Εσωτ.θάλαμοι	Διαταραχές ημερήσιου- βραδ.- απογευματινού ύπνου	30	16	-

#1:Κατά το δυνατόν χαμηλότερη
#2 Οξεία ηχητική πίεση μετρούμενη 100mm από το αυτί
#3 : υφιστάμενη ήσυχη εξωτερ. περιοχή στην οποία η διείσδυση θορύβων θα πρέπει να είναι η χαμηλότερη δυνατή

[Δ16]

Ειδικο περιβαλλον	Επιπτώσεις στην υγεία	L_{Aeq} [$dB_{(A)}$]	Διάρκ. έκθεσης	L_{Aeq} [dB] - οξεία έκθεση
Νοσ. ειδικές μονάδες	Παρεμπόδιση ανάπαυσης και αποθεραπεια	# 1	-	-
Βιομηχ. Χώροι Εμπορικοί, οδικ. αξονες-περιοχές	Ακουστική βλάβη- εμβοές	70	24	110
Κοινωνικές εκδηλώσεις Φεστιβαλ,	Ακουστική βλάβη- εμβοές (οικοδεσπότη<φορές/έτος)	100	4	110
Δημόσιοι χωροι	Ακουστική βλάβη εμβοές	85	1	110
Μουσική- ακρόαση μέσω ακουστικών	Ακουστική βλάβη	85#4	1	110
Παλμικός ήχος παιχνίδια πυροτεχνήματα	Ακουστική βλάβη (ενήλικοι)	-	-	140#2
	Ακουστική βλάβη (παιδιά)	-	-	120#2
Εσωτ. χώροι- Χώροι πάρκου Προστατευ. περιοχών	Διαταραχή της ησυχίας- ηρεμίας	#3		-

[Δ16]

3.9 Οι δονήσεις σε συνδυασμό με το θόρυβο [Δ12]

Ο θόρυβος προέρχεται από δονήσεις η κίνηση αερίων η υγρών. Επίσης, πολλές μηχανές ή ηλεκτροκίνητα εργαλεία χειρός μεταδίδουν τις δονήσεις τους στο ανθρώπινο σώμα. Οι δονήσεις αυτές μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στους μυς και στις αρθρώσεις και να επιδράσουν στην κυκλοφορία του αίματος. Η ασθένεια "άσπρα δάκτυλα" η οποία συναντάται σε εργαζόμενους που χειρίζονται αερόσφυρες ή αρθρωτά πριόνια, αποτελεί θλιβερό παράδειγμα των βλαβών που προκαλούν οι δονήσεις. Οι δονήσεις σ' ολόκληρο το σώμα αποτελούν επίσης πρόβλημα. Ένας χειριστής που για μεγάλα χρονικά διαστήματα εργάζεται με ένα μηχάνημα που χρησιμοποιείται στη δασοκομία, υφίσταται δυνατές δονήσεις. Σ' αυτή την περίπτωση, η συχνότητα των δονήσεων είναι πολύ μικρότερη, μολονότι αυτές συνοδεύονται από τον ισχυρό θόρυβο της μηχανής. Οι δονήσεις που υφίσταται ο χειριστής ενός μηχανήματος που χρησιμοποιείται στη δασοκομία μπορεί να του προκαλέσουν μεγάλη δυσφορία και ακόμη να βλάψουν τα εσωτερικά του όργανα.

3.10 Μέτρηση θορύβου στους εργασιακούς χώρους

Οι μετρήσεις του θορύβου στους εργασιακούς χώρους γίνονται με κατάλληλα όργανα τα οποία ονομάζονται **"ηχόμετρα"**. Τα όργανα αυτά μπορούν με τη βοήθεια ηλεκτρονικών κυκλωμάτων - φίλτρων, όπως το σταθμιστικό κύκλωμα άλφα (Α), να προσομοιώνουν την ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής .

Επίσης για τη μέτρηση της **"δόσης"** του θορύβου που δέχεται κάποιος εργαζόμενος πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλο "ηχοδοσίμετρο". Το όργανο αυτό προσδιορίζει το σύνολο της ηχητικής ενέργειας που δέχεται ο εργαζόμενος στο ωράριο της βάρδιας του (8 ώρες), ανάγοντάς το σε εκατοστιαία αναλογία (δόση) της προκαθορισμένης επιτρεπτής Οριακής Τιμής για 8ωρη έκθεση.

Επαγγελματική Βαρηκοΐα: Αποτελεί μια από τις συχνότερες επαγγελματικές ασθένειες. Χαρακτηρίζεται ως μια μόνιμη αμφοτερόπλευρη βαρηκοΐα αντιλήψεως (νευροαισθητηριακή) που προκαλείται από εκφυλιστικές και ατροφικές μεταβολές στα έξω τριχωτά κύτταρα του οργάνου του Corti και το ακουστικό νεύρο. Αναπτύσσεται αργά, βαθμιαία, με ‘δόλιο’ τρόπο και τούτο γιατί η ιδιάζουσα μορφή μείωσης της ακουστικής οξύτητας που αρχικά αφορά το φάσμα των συχνοτήτων 3000-6000Hz με μια

χαρακτηριστική εκλεκτική πτώση στα 4000Hz, δυσχεραίνει την αντίληψη του προβλήματος από τον επηρεαζόμενο αφού το φάσμα συχνοτήτων της καθημερινής ομιλίας είναι χαμηλότερο. Σταδιακά με την βαθμιαία εξέλιξη της νόσου αυτής, η μείωση της ακουστικής οξύτητας επεκτείνεται και στις χαμηλότερες συχνότητες κάτω των 3000Hz **[Δ24]**. Είναι χαρακτηριστικό ότι η μείωση της ακοής στους ηχολήπτες και εργαζόμενους στα κέντρα διασκέδασης φτάνει και το 30% στις υψηλές συχνότητες **[42].** Η επαγγελματική βαρηκοϊα συμπεριλαμβάνεται στη λίστα των επαγγελματικών ασθενειών, όπως αυτές καθορίζονται στο άρθρο 40 του Κανονισμού Ασθενείας του ΙΚΑ **(ΦΕΚ 132/12.2.1979).**

Οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης (μεμονωμένα και συνδυαστικά με άλλους παράγοντες) στον εργασιακό χώρο, αλλά και στο κοινωνικό σύνολο γενικότερα έχει μελετηθεί από διάφορους κλάδους της κοινωνιολογίας (εφαρμοσμένη, ιατρική, αστεακή, βιομηχανική κοινωνιολογία, μέσω της κοινωνιολογικής έρευνας (= η επιστημονική έρευνα που προσπαθεί να διαγνώσει, να εξηγήσει ή να ερμηνεύσει κοινωνικά φαινόμενα και επιδιώκει να αναλύσει μια συγκεκριμένη κοινωνική πραγματικότητα). **[12].**

3.11 Κυρώσεις

1. Στους παραβάτες των διατάξεων του παρόντος Προεδρικού Διατάγματος επιβάλλονται, ανεξάρτητα από τις ποινικές κυρώσεις του άρθρου 35, οι διοικητικές κυρώσεις του άρθρου 33 του ν. 1568/85 «Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων», όπως τροποποιήθηκαν με την παρ. 5 του άρθρου 22 του ν. 1682/87 «Μέσα και όργανα αναπτυξιακής πολιτικής-Προγραμματικές Συμφωνίες και αναπτυξιακές συμβάσεις, ένταξη επενδύσεων στα μεσογειακά Ολοκληρωμένα Προγράμματα, τροποποίηση του ν. 1262/1982 και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 14Α/16.2.87).

2. Για τη διοικητική κύρωση του προστίμου όσον αφορά το Δημόσιο, τα Ν.Π.Δ.Δ. και τους Ο.Τ.Α. ισχύει το άρθρο 6 της απόφασης αρ. 88.555/88 που κυρώθηκε με το άρθρο 39 του ν. 1836/89.

3. Ο έλεγχος εφαρμογής του Διατάγματος αυτού ανατίθεται στα αρμόδια όργανα του Υπουργείου Εργασίας **[Δ26].**

3.12 Προστασία από το θόρυβο στον εργασιακό χώρο

3.12.1 Εισαγωγή

Η νέα οδηγία της Ε.Ε. (2003/10/ΕΚ) (6/2/2003), αναφέρεται στις Οριακές Τιμές Έκθεσης, και προσδιορίζει τη νέα οριακή τιμή στα 87dBA για 8ωρη εργασία, από 90dBA που καθόριζε το εν ισχύ ακόμα Π.Δ. 85/91. Επίσης με βάση το άρθρο 6 παράγραφος 2 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ, γίνεται αναφορά μέτρων για τη μείωση κινδύνων από το θόρυβο, τα οποία είναι:

- διαφοροποίηση μεθόδων εργασίας που συνεπάγονται μικρότερη έκθεση στο θόρυβο
- επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού εργασίας, σύμφωνα με το αντικείμενο εργασίας, ο οποίος θα εκπέμπει τον ελάχιστο δυνατό θόρυβο
- σχεδιασμός και (ανα)διαμόρφωση των χώρων και θέσεων εργασίας
- επαρκής πληροφόρηση και κατάρτιση για την εκπαίδευση των εργαζομένων σε σχέση με την ορθή χρήση του εξοπλισμού εργασίας, για τη μείωση στο ελάχιστο της έκθεσής τους στο θόρυβο
- τεχνική μείωση του θορύβου μέσω μείωσης του αερόφερτου θορύβου και στερεόφερτου θορύβου, σωστής συντήρησης του εξοπλισμού εργασίας, περιορισμού της διάρκειας και της έντασης της έκθεσης και χρήσης προγράμματος εργασίας με επαρκείς περιόδους ανάπαυσης.

3.12.2 Στα μέτρα πρόληψης περιλαμβάνονται:

· Η **τεχνική πρόληψη,** βασίζεται στην απομάκρυνση των γενεσιουργών αιτίων κινδύνου και τη μείωση του θορύβου στην πηγή του. Αυτό πετυχαίνεται με την αντικατάσταση της θορυβώδους παραγωγικής διαδικασίας με άλλη λιγότερο θορυβώδη, την τήρηση των οδηγιών εγκατάστασης και συντήρησης των μηχανών, καθώς και με τη μείωση της μετάδοσης του θορύβου τόσο στην πηγή (εγκλωβισμός των πηγών θορύβου) όσο και στο περιβάλλον εργασίας (υλικά κατασκευής με κατάλληλο συντελεστή ηχοαπορρόφησης, ηχοπαραπετάσματα κλπ).

· Τα **μέσα ατομικής προστασίας (Μ.Α.Π.)** αποτελούν την τελευταία γραμμή άμυνας κατά του θορύβου και πρέπει η χρήση τους να έχει προσωρινό χαρακτήρα **[Δ24].**



Αντιθορυβικά ακουστικά προστασίας / Πηγή: http://vostok-service.com/img/catalogue/big/p125953.jpg (2-8-08)

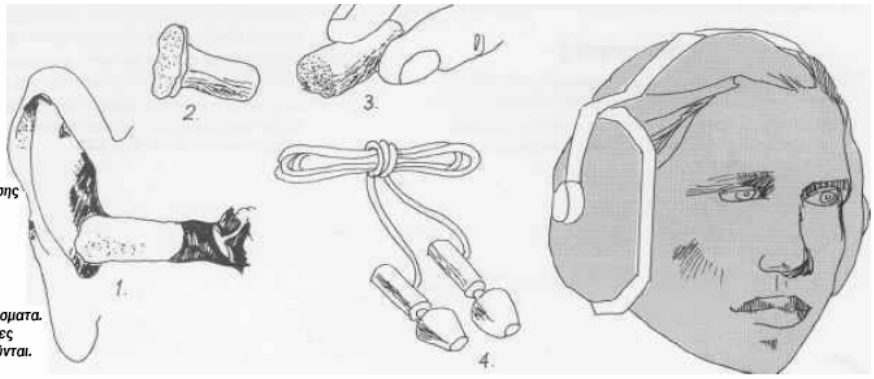
Χρήση ατομικών ακοοπροστατευτικών μέσων

1. Με την επιφύλαξη του άρθρου 5, όταν η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση ενός εργαζομένου ή η μεγίστη τιμή της στιγμιαίας μη σταθμισμένης ηχητικής πίεσης υπερβαίνουν τα **90 dB(A)** και τα 200 Pa αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα.

2. Όταν η ηχοέκθεση που αναφέρεται στην παράγραφο 1 είναι ενδεχόμενο να υπερβεί τα **85 DB(A)**, πρέπει να τίθενται στη διάθεση των εργαζομένων ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα.

3. Τα ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα πρέπει να παρέχονται σε επαρκή αριθμό από τον εργοδότη, η δε επιλογή του τύπου αυτών των μέσων γίνεται σε συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους εργαζόμενους, τον Γιατρό Εργασίας και τον Τεχνικό Ασφαλείας. Τα ακοοπροστατευτικά μέσα πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στον κάθε εργαζόμενο και στις συνθήκες εργασίας του λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια και την υγεία του. Θεωρούνται κατάλληλα και επαρκή αν, εφόσον χρησιμοποιούνται σωστά, ο κίνδυνος για την ακοή είναι μικρότερος από τον κίνδυνο που αναφέρεται στην παράγραφο 1.

4. Αν η εφαρμογή του παρόντος άρθρου δημιουργεί κίνδυνο ατυχήματος, ο κίνδυνος αυτός πρέπει να μειώνεται, στο μέτρο που αυτό είναι εύλογα εφικτό, με τα κατάλληλα μέτρα **[Δ26].**



· Η **ιατρική και οργανωτική πρόληψη,** βασίζεται αφ' ενός μεν σε οργανωτικές επεμβάσεις που στοχεύουν στη μείωση του χρόνου έκθεσης των εργαζομένων στο βλαπτικό παράγοντα, αφ' ετέρου δε στην **ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων** που εκτίθενται σε θόρυβο και η οποία αποτελεί και εργοδοτική υποχρέωση.

Όταν δεν είναι εύλογα εφικτή η μείωση της ημερήσιας ατομικής ηχοέκθεσης ενός εργαζόμενου σε λιγότερο από 85 DB(A), ο εν λόγω εργαζόμενος δικαιούται παρακολούθηση της λειτουργίας της ακοής του από γιατρό και αν αυτός το κρίνει αναγκαίο από ειδικευμένο γιατρό, σε τακτά χρονικά διαστήματα για την εκτίμηση της κατάστασης της ακοής του. Στόχος της παρακολούθησης αυτής είναι η διάγνωση οποιασδήποτε μείωσης της ακοής που οφείλεται στον θόρυβο και η διατήρηση της λειτουργίας της ακοής. Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης της λειτουργίας της ακοής των εργαζομένων φυλάσσονται στην επιχείρηση με ευθύνη του εργοδότη. Ο κάθε εργαζόμενος έχει πρόσβαση στα αποτελέσματα που τον αφορούν **[Δ26].**

Η προστασία των εργαζομένων από το θόρυβο καλύπτεται από τους περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Προστασία από το Θόρυβο) Κανονισμούς του 2002 (Κ.Δ.Π. 230/2002) .Η Νομοθεσία αυτή περιέχει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας της Ε.Ε. 86/188/ΕΟΚ **[Δ24].**

Η ιατρική πρόληψη περιλαμβάνει:

Την ενημέρωση από τους ιατρούς στους ανθρώπους που εκτίθενται σε ψηλά επίπεδα θορύβου - άνω των 85 dB(A) - για τους κινδύνους που διατρέχει, η ακοή τους και η υγεία τους γενικότερα.

Την τακτική προληπτική ιατρική εξέταση (τουλάχιστον σε ετήσια βάση). Η ιατρική εξέταση περιλαμβάνει: Λήψη Ιστορικού - Πλήρη κλινική εξέταση και ωτοσκόπηση – ακοομετρικό έλεγχο με τονικό ακοογράφημα. **[Δ16]**

Ο ακοομετρικός έλεγχος θα πρέπει να τηρεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ 76/88 ή ισοδυνάμου, που συμπληρώνονται ως εξής:

Η ακοομέτρηση καλύπτει επίσης τη συχνότητα 8000Hz η στάθμη του θορύβου του περιβάλλοντος επιτρέπει τη μέτρηση της στάθμης κατωφλίου ακοής ίσης προς 0 dB σε σχέση με το πρότυπο ΕΛΟΤ 285/80 ή ισοδύναμο.

Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι, αρκεί να δίνουν συγκρίσιμα αποτελέσματα **[Δ26].**

Την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και την γνωστοποίηση τους στους ενδιαφερόμενους, κατατάσσοντας τους με βάση τα αποτελέσματα σ' ένα από τα παρακάτω στάδια της νευροαισθητικής βαρηκοϊας.

- ΣΤΑΔΙΟ 0 απώλεια μικρότερη των 20 dB.
- ΣΤΑΔΙΟ 1 απώλεια από 20 - 40 dB.
- ΣΤΑΔΙΟ 2 απώλεια από 40 - 60 dB.
- ΣΤΑΔΙΟ 3 απώλεια ίση ή μεγαλύτερη από 60dB . **[Δ16]**



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ



Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία – Σχέδια δράσης

Πρόλογος 4ου Κεφαλαίου

Η ηχορύπανση είναι ένα φαινόμενο που υποβαθμίζει τόσο το φυσικό περιβάλλον όσο και την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Λόγω του ότι οι συνέπειες από τον θόρυβο δεν ήταν άμεσα και απόλυτα αποδεδειγμένες με επιστημονικές μεθόδους, η λήψη μέτρων για την καταπολέμησή του ήταν περιορισμένη, όπως και η θέσπιση ειδικών νόμων.

Οι πρώτες προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή ήταν αποσπασματικές και χρειάστηκαν αρκετά χρόνια για να μελετηθεί, να καταγραφεί και να καταπολεμηθεί το φαινόμενο της ηχορύπανσης. Είναι θετικό πάντως, πως τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, έχουν δημιουργηθεί νόμοι, οι οποίοι συνεχώς διορθώνονται και εμπλουτίζονται με νέα μέτρα και διατάξεις, σύμφωνα με τις τελευταίες εξελίξεις, όπως αυτές προκύπτουν μέσα από σχετικές έρευνες.

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια συνοπτική αναφορά των νόμων, διατάξεων και υπουργικών αποφάσεων που σχετίζονται με τον θόρυβο στις διάφορες εκδοχές του, τόσο στην Ελληνική Νομοθεσία όσο και στην Ευρωπαϊκή, με σκοπό να παρουσιαστεί η τρέχουσα νομική κατάσταση για το θόρυβο, αλλά και η ευαισθητοποίηση των κυβερνήσεων και γενικότερα του ανθρώπου στον τομέα αυτό.

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ

4.1 Γενικά στοιχεία για την όχληση των ανθρώπων από τον θόρυβο

4.1.1 Κριτήρια θορύβου σε εξωτερικούς χώρους

Από πλευράς προστασίας της Δημόσιας Υγείας από θορύβους μουσικής η πιο σημαντική ενόχληση είναι αυτή του ύπνου για το οποίο οι μελέτες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) έχουν καταλήξει σε ένα επιτρεπτό όριο στο υπνοδωμάτιο της κατοικίας των 35 dBA Leq.

Αυτή η τιμή είναι και το όριο σχεδιασμού που έχει τεθεί στην Ελληνική Υγειονομική Νομοθεσία με την Υγειονομική Διάταξη (ΥΔ) Α5/3010/85 «για την προστασία της Δημόσιας Υγείας από θορύβους μουσικής των Κέντρων Διασκέδασης και λοιπών καταστημάτων», εισάγοντας την έννοια της ηχοαπομόνωσης (D>65dBA) σε περίπτωση επαφής των Κέντρων Διασκέδασης με κατοικίες.

Επίσης εισάγεται η έννοια του ανώτατου επιτρεπτού θορύβου λειτουργίας της μουσικής εντός της αίθουσας συγκεκριμένα τα 100 dBA για τα κέντρα διασκέδασης και τα 80 dBA για τα λοιπά καταστήματα με μουσική που βασίζεται σε κριτήρια προστασίας της ακοής των θαμώνων για τα Κ.Δ. και της επικοινωνίας για τα λοιπά καταστήματα (δημιουργία ευχάριστης ατμόσφαιρας).

Μία άλλη απαίτηση της Υγειονομικής Διάταξης είναι ο θόρυβος μετρούμενος με ένα ηχόμετρο στα όρια του καταστήματος ή έξω από την πλησιέστερη νόμιμη κατοικία να μην ξεπερνά το θόρυβο του χαρακτήρα της περιοχής αυτής (ή θόρυβος περιβάλλοντος) ανάλογα με τον επιτρεπόμενο χαρακτήρα της περιοχής, ορίζοντας με αυτό τον τρόπο ζώνες θορύβου σύμφωνα με τις κυριαρχούσες δραστηριότητες στην περιοχή (ή χρήσεις γης).

Φυσικά εφόσον μιλάμε για θόρυβο μουσικής από λειτουργία καταστημάτων στις πλείστες των περιπτώσεων αναφερόμαστε στη λειτουργία βραδινών, νυκτερινών ωρών δηλαδή ωρών κοινής ησυχίας όπου οι θόρυβοι της περιοχής (θόρυβος περιβάλλοντος) από άλλες δραστηριότητες θα έχουν καταλαγιάσει και τα όρια που αναφέρονται στον σχετικό πίνακα της Υ.Δ. θα είναι εφικτό να επιτευχθούν.

4.1.2 Κριτήρια θορύβου σε εσωτερικούς χώρους. Ο ύπνος διαταράσσεται περισσότερο από θόρυβο πλούσιο σε πληροφορία ενώ έχει παρατηρηθεί να υπάρχει και

εκεί προσαρμοστικότητα. Στη διάρκεια του ύπνου διακρίνουμε διάφορα στάδια όπου ο ύπνος είναι ελαφρύς ή βαρύς. Θόρυβοι μεγαλύτεροι των επιτρεπτών αλλάζουν τα στάδια του ύπνου από βαρύ σε ελαφρύ και μεταβάλουν τον χρόνο που απαιτείται για να κοιμηθεί ο άνθρωπος. Ορίζοντας την ενόχληση στον ύπνο με ανάλογη μέτρηση των ηλεκτροεγκεφαλογραφικών αποκρίσεων (EEG) η πιθανότητα της ενόχλησης αυξάνεται από 10% στα 40 dBA στα 60% στα 70 dBA. Οι θόρυβοι που είναι δυνατότεροι κατά 5-10 dBA καλύπτουν πρακτικά τους ασθενέστερους και προκαλούν σοβαρά προβλήματα επικάλυψης της ομιλίας παρεμποδίζοντας την επικοινωνία των ανθρώπων και καλλιεργούν την απομόνωση. Για καλή επικοινωνία σε εσωτερικούς χώρους, απαιτούνται θόρυβοι βάθους μικρότεροι των 45 dBA Leq.

Προτεινόμενα όρια θορύβου. Σε κατοικίες : Σύμφωνα με έρευνες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) αναφέρεται ότι σε ένα άτομο η διαταραχή στον ύπνο γίνεται αυξανόμενα αισθητή όταν τα επίπεδα θορύβου του περιβάλλοντος είναι γύρω στα 35 dB A Leq. Σε νοσοκομεία: Εντός των δωματίων των ασθενών, δεν πρέπει να υπερβαίνεται η στάθμη των 30 dB L**Aeq** και ως μέγιστο όριο τα 40 dB L**Amax** κατά την διάρκεια της νύχτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας επειδή οι ασθενείς έχουν μειωμένη δυνατότητα αντιμετώπισης του stress δεν πρέπει να υπερβαίνεται η στάθμη των 35 dB L**Aeq** εντός των δωματίων τους. Σε σχολεία: Εντός των αιθουσών, για να είναι δυνατή η διδασκαλία, δεν πρέπει να υπερβαίνεται η στάθμη των 35 dB L**Aeq** κατά την διάρκεια του μαθήματος. Για σχολεία παιδιών με ειδικά προβλήματα ακοής είναι δυνατόν να απαιτείται χαμηλότερο όριο. Σε χώρους αναψυχής: Για λόγους προστασίας της ακουστικής ικανότητας των νέων ανθρώπων σε χώρους αναψυχής με δυνατή μουσική όπως concert halls, discotheques κ.λ.π δεν πρέπει να υπερβαίνεται η στάθμη των 100 dB L**Aeq** σε 4-ωρη βάση **[Δ16].**

4.1.3 Προβλήματα από την λειτουργία των Κέντρων Διασκέδασης

Πολλά κέντρα διασκέδασης παραβιάζουν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ηχοστάθμης των 100 dBA όπως επίσης ενισχύουν τις χαμηλές συχνότητες που ελάχιστα αποσβένονται από τις συνήθεις δομικές κατασκευές και μεταδίδουν τον βόμβο μέσω του σκελετού του κτιρίου καθώς και στην ευρύτερη περιοχή του καταστήματος.

Τα κέντρα διασκέδασης με περισσότερα από 200 καθίσματα και παρουσίαση ζωντανού καλλιτεχνικού προγράμματος, συναυλίες κ.λ.π. ξεπερνούν κατά κανόνα τα 100 dBA που

γίνεται ακόμη χειρότερο πλησιάζοντας τα μεγάφωνα. Σε άλλα καταστήματα, όπως καφετέριες και μπαρ που χρησιμοποιούν μουσική από DJ ή από χρήση μουσικών οργάνων, ισχύει ότι Με προϋπόθεση την λειτουργία της μουσικής στην επιτρεπόμενη ηχοστάθμη 80 dBA, με κλειστές πόρτες παράθυρα και με δεδομένο ότι μία συνηθισμένη ελληνική κατασκευή χωρίς ειδική ηχομόνωση παρέχει ηχοαπομονωτική ικανότητα της τάξης 45-60 dBA μεταξύ των γειτονικών χώρων μιας οικοδομής, δεν δημιουργείται πρόβλημα μετάδοσης του ήχου στους γειτονικούς χώρους.

Η απαγόρευση δημιουργίας κέντρων διασκέδασης σε πολλές περιοχές έχει σαν αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη λοιπών καταστημάτων υγειονομικού ενδιαφέροντος που επιφέρει και παράλληλη ανάπτυξη άλλων οχλουσών για την κατοικία δραστηριοτήτων κατά τις ώρες της κοινής ησυχίας, όπως αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο οχημάτων πελατών και τροφοδοσίας, φωνασκίες θαμώνων, πεζών, κορναρίσματα, μαρσαρίσματα, λειτουργία εγκαταστάσεων κλιματισμού, κ.λ.π.

Σε αρκετές περιπτώσεις έχει καταγγελθεί ότι αρκετά λοιπά καταστήματα λειτουργούν κατ' όνομα με την χρήση που έχουν αδειοδοτηθεί, εφόσον το κυρίαρχο στοιχείο στη λειτουργία τους είναι η μεγάλης έντασης μουσική, οι όρθιοι υπεράριθμοι πελάτες, ειδικός φωτισμός, χρήση DJ, κατάληψη κοινόχρηστων χώρων με ανάπτυξη μεγάλου αριθμού τραπεζοκαθισμάτων, έλλειψη χώρων πάρκιγκ κ.λ.π. γεγονός που επιδρά καταλυτικά στο χαρακτήρα της χρήσης τους **[Δ16].**

4.2 Ευρωπαϊκές Προτάσεις

4.2.1 Πράσινη βίβλος

«Σύμφωνα με την Πράσινη βίβλο της Επιτροπής της 4^{ης} Νοεμβρίου COM(96) 11/96 (Προκαταρκτική Έκθεση για την ανάγκη λήψης νομοθετικών μέτρων) σχετικά με τη μελλοντική πολιτική για το θόρυβο:

- Υπολογίζεται ότι σχεδόν το 20% του πληθυσμού της Δυτικής Ευρώπης (δηλ. περίπου 80 εκατομμύρια άνθρωποι) εκτίθενται σε στάθμες θορύβου που κρίνονται απαράδεκτες από τους ειδικούς*.
- Οι επιδράσεις του θορύβου μπορεί να διαφέρουν από άτομο σε άτομο. Παρόλα αυτά, σε μια έκθεση της Επιτροπής του 1996, με θέμα 'θόρυβος, περιβάλλον και υγεία', καταδεικνύονται ορισμένες επιδράσεις, όπως η διαταραχή του ύπνου, της

ακοής, φυσιολογικών λειτουργιών (κυρίως καρδιαγγειακά προβλήματα) ή η παρεμπόδιση της επικοινωνίας.

- Αρχικά, η καταπολέμηση του θορύβου δε θεωρείτο ζήτημα προτεραιότητας στον τομέα του περιβάλλοντος, αργότερα όμως τέθηκαν τα πρώτα κοινοτικά μέτρα που αποσκοπούσαν στον καθορισμό της ανώτατης επιτρεπτής για το θόρυβο ορισμένων οχημάτων (π.χ. ο θόρυβος των ΙΧ έχει μειωθεί κατά 85% από το 1970). Εν τούτοις, το πρόβλημα παραμένει και επαυξάνεται, λόγω της αύξησης της οδικής κυκλοφορίας.
- Στην Πράσινη Βίβλο, οι ηχητικές οχλήσεις αντιμετωπίζονται για πρώτη φορά υπό το πρίσμα της προστασίας περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό, εξαιρούνται η καταπολέμηση θορύβου στους εργασιακούς χώρους, που καλύπτεται από την οδηγία 36/188/ΕΟΚ.

* Σε μετέπειτα έρευνα, ο θόρυβος από την οδική κυκλοφορία, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, 1999), ενοχλείτο 32% του πληθυσμού των 15 κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (δηλ. περίπου 120 εκατομμύρια άνθρωποι) παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την αντιμετώπισή του.

4.2.2 Γενική πολιτική κατά του θορύβου

Με τις προτάσεις που παραθέτει στην Πράσινη Βίβλο, η Επιτροπή ζητά την πλήρη αναδιάρθρωση της κοινοτικής πολιτικής κατά του θορύβου. Για αυτό το λόγο, εφαρμόζει τις ακόλουθες δράσεις:

- εναρμόνιση των μεθόδων αξιολόγησης της έκθεσης στο θόρυβο
- κατάρτιση κοινού δείκτη έκθεσης στο θόρυβο
- περιορισμό της μετάδοσης του θόρυβο (με μόνωση στα κτίρια)
- εκστρατείες ευαισθητοποίησης μεταξύ των κρατών στα περιβαλλοντικά προβλήματα
- ενίσχυση των ερευνητικών προγραμμάτων με αντικείμενο τον θόρυβο

<u>Οδική, Σιδηροδρομική κυκλοφορία / Αεροπορικές μεταφορές / Μηχανές εν λειτουργία σε εξωτερικούς χώρους:</u> Μείωση των εκπομπών στην πηγή, μέσω:

- μείωσης των επιτρεπόμενων τιμών εκπομπής θορύβου, παρέμβασης στο επίπεδο υποδομής,

- αναθεώρησης της φορολογίας των οχημάτων με συνεκτίμηση της στάθμης θορύβου,
- καθιέρωσης ελέγχου του θορύβου στο πλαίσιο τεχνικού ελέγχου του οχήματος, προώθηση έρευνας τον τομέα αυτό,
- περιορισμός χρήση θορυβωδών οχημάτων και μηχανημάτων,
- διευθέτηση των περιοχών που γειτνιάζουν σε αερολιμένες, λεωφορειόδρομους, εργοτάξια και θορυβώδεις περιοχές γενικότερα
- σχεδιασμός μεθόδων αξιολόγησης και πρόγνωσης θορύβου
- οι συνθήκες αντιμετώπισης θορύβων που προέρχονται από μηχανήματα σε υπαίθριους χώρους, καθορίζονται από την *Οδηγία 2000/14* η οποία περιλαμβάνει σχεδόν 60 οικογένειες μηχανημάτων, ενώ με την *Οδηγία 89/392/ΕΟΚ* για τις απαιτήσεις σε θέματα ασφάλειας και υγείας, ορίζει ότι στο σχεδιασμό και στην κατασκευή των μηχανών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο στόχος της μείωσης του θορύβου **[Δ5]**.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον τομέα των αερομεταφορών, μελετάται η κατασκευή ενός 'οικολογικού' αεροπλάνου, που θα σέβεται τόσο το περιβάλλον, όσο και τον άνθρωπο. *«Απόλυτα αθόρυβο και πολύ φιλικό προς το περιβάλλον είναι το αεροσκάφος του μέλλοντος που παρουσίασαν στο Λονδίνο ερευνητές από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης και του Κέμπριτζ. Το «πράσινο αεροπλάνο» καίει 35% λιγότερα καύσιμα από το πιο οικονομικό αεροπλάνο που χρησιμοποιείται σήμερα, μεταφέρει 215 επιβάτες και κατά την προσέγγιση για προσγείωση δημιουργεί την ίδια ηχορύπανση με ένα πλυντήριο πιάτων. Το «σιωπηλό αεροσκάφος» όπως αλλιώς αποκαλείται, θα έχει άνοιγμα φτερών 68 μέτρα και από τη μύτη έως την ουρά του θα έχει μήκος 44 μέτρα, μέγεθος, δηλαδή, ανάλογο με αυτό του Boeing 767. Εξηγώντας τι έκανε ακριβώς η ομάδα των ερευνητών, ο αναπληρωτής καθηγητής του MIT Ζόλταν Σπακόφσκι λέει ότι «πήραμε την άτρακτο του συνηθισμένου αεροσκάφους που χρησιμοποιείται σήμερα, την πιέσαμε και μετά την… απλώσαμε». Το πεπλατυσμένο αυτό σχήμα επιτρέπει στο αεροπλάνο να παραμένει στον αέρα με χαμηλότερες ταχύτητες και κατά συνέπεια να προσεγγίζει τα αεροδρόμια παράγοντας λιγότερο θόρυβο. Επίσης, στο νέο αεροσκάφος δεν χρησιμοποιούνται τα πτερύγια αλλαγής κατεύθυνσης, «φλαπς», που βρίσκονται στα άκρα των φτερών των σημερινών επιβατικών αεροπλάνων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πολύ λιγότερος*

θόρυβος. Οι κινητήρες του δεν είναι τοποθετημένοι κάτω από τα φτερά, αλλά κάτω από το μέσο μέρος της ατράκτου, κοντά στην ουρά. Με αυτό τον τρόπο απορροφούν αέρα πάνω από το φτερό, γεγονός που βοηθά στη «μόνωση» από τον θόρυβο όσων βρίσκονται στο έδαφος. Ταυτόχρονα το αεροσκάφος είναι πολύ συμφέρον όσον αφορά στην κατανάλωση καυσίμων. Αν όλα πάνε καλά, το «σιωπηλό αεροσκάφος θα σκίζει αθορύβως τους αιθέρες το 2030» (Καθημερινή, 7-11-2006)» **[Δ19]**.

4.3 Η κοινοτική νομοθεσία για τον θόρυβο

4.3.1 Οδηγία 2000/14/ΕΚ

«Η πλέον ολοκληρωμένη προσπάθεια εκφράζεται με την ***Οδηγία 2000/14/ΕΚ,*** *ο γενικός στόχος της οποίας* ***αφορά στην εκπομπή θορύβου από τεχνικό εξοπλισμό χρησιμοποιούμενο σε εξωτερικούς χώρους*** *και επικεντρώνεται* ***στην καταπολέμηση του θορύβου που εκπέμπεται από πολλές κατηγορίες μηχανημάτων*** *(τεχνικού εξοπλισμού) με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας ζωής του πληθυσμού με τον περιορισμό των εκπομπών θορύβου. Για να επιτευχθεί η υλοποίηση των παραπάνω στόχων, στην εν λόγω Οδηγία καθορίζονται 4 είδη δράσεων:*

α) *εναρμόνιση των προτύπων σχετικά με την εκπομπή θορύβου*

β) *εναρμόνιση των διαδικασιών αξιολόγησης της συμμόρφωσης*

γ) *εναρμόνιση της σήμανσης σχετικά με τη στάθμη θορύβου και*

δ) *συλλογή δεδομένων σχετικά με την εκπομπή θορύβου*

Εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής της εν λόγω Οδηγίας:

- *παρελκόμενα άνευ κινητήρα που διατίθενται στην αγορά ή τίθενται σε λειτουργία μεμονωμένα (εκτός των χειροκίνητων συσκευών θραύσης σκυροδέματος και αεροσφυρών),*
- *ο τεχνικός εξοπλισμός που προορίζεται για τη μεταφορά εμπορευμάτων ή προσώπων στο δημόσιο οδικό δίκτυο ή σιδηροδρομικώς ή αεροπορικώς ή μέσω των πλωτών οδών και*
- *ο τεχνικός εξοπλισμός που έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ειδικώς για χρήση στρατιωτική ή από την αστυνομία.*

Τα κράτη-μέλη φέρουν την ευθύνη να εξακριβώνουν την εφαρμογή των διατάξεων της Οδηγίας **[38]**.

4.3.2 Οδηγία 70/157/ΕΟΚ του Συμβουλίου – Εξατμίσεις των οχημάτων με κινητήρα.

Οι διατάξεις της παρούσας απόφασης εφαρμόζονται στα οχήματα με κινητήρα που προορίζονται να κυκλοφορούν στις οδούς με ή χωρίς αμάξωμα, έχουν τέσσερις (4) τουλάχιστον τροχούς και μέγιστη από κατασκευής ταχύτητα μεγαλύτερη από 25 χλμ/ώρα.. Δεν υπάγονται στις διατάξεις της παρούσας απόφασης τα οχήματα που κινούνται σε σιδηροτροχιές, τα γεωργικά μηχανήματα, οι ελκυστήρες (γεωργικοί και βιομηχανικοί), τα μηχανήματα δημοσίων έργων, οι μοτοσικλέτες καθώς και τα μοτοποδήλατα.

Συγκεκριμένα:

- Οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά προσώπων, τα οποία περιλαμβάνουν μέχρι εννέα θέσεις καθημένων, συμπεριλαμβανομένου και του οδηγού ►οριακή τιμή σε dB(A): 77
- Οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά προσώπων και έχουν περισσότερες από εννέα θέσεις καθημένων (μαζί με τον οδηγό), με μέγιστη επιτρεπόμενη μάζα πάνω από 3,5 τόνους ►οριακή τιμή σε dB(A): 77

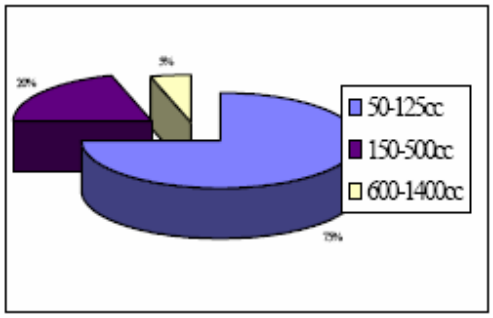
  αν τα ανωτέρω οχήματα έχουν κινητήρα ισχύος < 150kW ►οριακή τιμή σε dB(A): 80

  αν τα ανωτέρω οχήματα έχουν κινητήρα ισχύος ίσης ή μεγαλύτερης από 150kW ► οριακή τιμή σε dB(A): 83
- Οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά προσώπων με περισσότερες από εννέα θέσεις καθισμάτων (μαζί με τον οδηγό) και οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά εμπορευμάτων με μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος όχι μεγαλύτερο από 2 τόνους ►οριακή τιμή σε dB(A): 78 και με μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος μεταξύ 2 και 3,5 τόνων ►οριακή τιμή σε dB(A): 79
- Οχήματα που προορίζονται για τη μεταφορά εμπορευμάτων και των οποίων η μέγιστη επιτρεπόμενη μάζα ξεπερνά τους 3,5 τόνους με κινητήρα ισχύος μικρότερης από 75kW ►οριακή τιμή σε dB(A): 81, με κινητήρα ισχύος ίσης ή μεγαλύτερης από 75kW αλλά μικρότερης από 150kW ►οριακή τιμή σε dB(A): 83 και με κινητήρα ισχύος ίσης ή μεγαλύτερης από 150kW ►οριακή τιμή σε dB(A): 84.

4.3.3 Οδηγία 78/1015/ΕΟΚ του Συμβουλίου – Μοτοσικλέτες.

Οριακές τιμές δόθηκαν αρχικά για πέντε κατηγορίες μοτοσικλετών, οι οποίες κυμαίνονται από 78dB(A) για κινητήρες κυβισμού μικρότερου ή ίσου με 80κ.ε. ως

86dB(A) για κινητήρες κυβισμού μεγαλύτερου των 500κ.ε. Η οδηγία 87/56/ΕΟΚ μείωσε τον αριθμό των κατηγοριών σε τρεις και επέβαλε μείωση κατά δυο στάδια στις οριακές τιμές των ηχητικών επιπέδων κάθε κατηγορίας. Οι μοτοσυκλέτες με κυβισμό > 175κ.ε. πρέπει να συμμορφωθούν προς το όριο των 82 dB(A) μέχρι 1-10-1988 και στα 80 dB(A) μέχρι 1-10-1993, οι μοτοσικλέτες από 80 ως 175κ.ε. στα 79dB(A), ενώ οι μοτοσικλέτες μέχρι 80κ.ε. στα 77dB(A).



Συμμετοχή δικύκλων στις υπερβάσεις ανάλογα με τον κυβισμό
Δρ. Γ.Ν. Χαραλαμπόπουλος - «Κυκλοφοριακός θόρυβος δικύκλων. Καταγραφή και επεξεργασία μετρήσεων θορύβων σε μεταφορικά μέσα»

(Η άνω έρευνα έγινε λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο και τον κυβισμό του δικύκλου, το εργοστάσιο κατασκευής του και το μέγεθος της υπέρβασης. Έγινε χρήση των δεικτών L10, L50, L90 οι οποίοι έχουν υιοθετηθεί για τον κυκλοφοριακό θόρυβο).

Επίσης, σύμφωνα με εκτιμήσεις της Ε.Ε. (Μάρτιος 1994):

- Όχληση από θόρυβο, παρατηρείται στο 20-25% του πληθυσμού των πιο ανεπτυγμένων χωρών της Ε.Ε., ενώ 19% του συνολικού ευρωπαϊκού πληθυσμού, διαμένουν σε περιοχές με υψηλά επίπεδα θορύβου.

Σύμφωνα με τον OECD (Organisation for Economic Cooperation & Development):

- 50% του πληθυσμού που έχει εξεταστεί από τον OECD (δηλ. περίπου 330 εκ. άνθρωποι), κατοικούν σε περιοχές, με επίπεδα θορύβου πολύ πιο πάνω από τα επίπεδα όχλησης, ενώ 15% του πληθυσμού αυτού (110 εκ. άτομα), ζουν σε περιοχές με υψηλά επίπεδα θορύβου.

Συνεπώς, η κυκλοφορία οχημάτων, θεωρείται η πιο ενοχλητική πηγή στους αστικούς θορύβους και σύμφωνα με έρευνες και μετρήσεις του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. περισσότερο από το 60% του πληθυσμού Αθήνας και Πειραιά, εκτίθενται επί καθημερινής βάσης σε απαράδεκτα υψηλά επίπεδα κυκλοφοριακού θορύβου **[Δ21]**.

4.4 Συνοπτική αναφορά στη νομοθεσία ξένων χωρών για το θόρυβο [38]

Η προστασία του περιβάλλοντος δεν συνιστούσε αρχικά αντικείμενο, πολιτική ή στόχο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Τα ζητήματα σχετικά με την περιβαλλοντική προστασία άρχισαν να απασχολούν την κοινότητα ήδη από τη δεκαετία του 1960. Το 1967 η πρώτη αναφορά σε ευρωπαϊκό νομοθετικό κείμενο για το περιβάλλον αφορά στην υιοθέτηση της οδηγίας για την κατάταξη και συσκευασία των επικίνδυνων αποβλήτων, το 1970 εξεδόθη η οδηγία για τις οριακές τιμές ηχητικών εκπομπών, το 1996 συντάσσεται η Πράσινη Βίβλος για το θόρυβο, το 2000 ορίζονται τα μέτρα θορύβου για τον εξοπλισμό των εξωτερικών χώρων (ΚΥΑ 37393/2028 ΦΕΚ 1418/Β/1-10-2003), ενώ το 2002 δημιουργείται η Οδηγία 2002/49 περί Αξιολόγησης & Διαχείρισης περιβαλλοντικού θορύβου και η Οδηγία 2002/30 περί Περιορισμών λειτουργίας κοινοτικών αερολιμένων λόγω θορύβου (balanced approach). Από εκείνο το σημείο και μετά ακολούθησαν αρκετές συμπληρωματικές οδηγίες, αποφάσεις και νόμοι προς βελτίωση των ήδη υπάρχοντων.

α) Οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος. Οι πιο πολλές ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούν τον δείκτη LAeq (ισοδύναμη στάθμη θορύβου), με εξαίρεση τη Μ. Βρετανία που χρησιμοποιεί τον L10, αν και πλέον η Πολιτική Σχεδιασμού Οδηγιών (Planning Policy Guidance) προτείνει τον LAeq. Τα όρια εκπομπής θορύβου αφορούν γενικότερα συγκεκριμένες περιόδους κατά τη διάρκεια της μέρας και νύχτας. Κάποιες χώρες κάνουν χρήση τριών περιόδων (συμπεριλαμβανομένης και της απογευματινής), ενώ οι σκανδιναβικές χώρες προτιμούν μια 24ωρη περίοδο. Ο καθορισμός των περιόδων αυτών ποικίλει από χώρα σε χώρα. Τα όρια θορύβου εξαρτώνται επίσης και από την ευαισθησία των ζωνών που αναφέρονται, αν πρόκειται δηλ. για νοσοκομεία, σχολεία, πυκνοκατοικημένες περιοχές, βιομηχανικές περιοχές ή και μικτές, η οποία διαφοροποιείται κάπως από χώρα σε χώρα.

β) Σιδηροδρομικός θόρυβος. Ο LAeq είναι και εδώ ο πλέον χρησιμοποιούμενος δείκτης, με εξαίρεση κάποιων χωρών που χρησιμοποιούν τον LAmax, ειδικά τη νύχτα ώστε να καθοριστούν οι επιπτώσεις του κατά τη διάρκεια του ύπνου. Όταν δημιουργούνται νέες γραμμές σε κατοικημένες περιοχές, τα όρια θορύβου στην πρόσοψη είναι από 62 -69dBA για τη μέρα και 53 – 62dBA για τη νύχτα.

γ) Αεροπορικός θόρυβος. Χώρες όπως η Μ. Βρετανία, Γερμανία, και Σουηδία, χρησιμοποιούν τον LAeq, ενώ κάποιες άλλες χώρες στρέφονται σε δείκτες που προσδίδουν διαφορετικά βάρη για τις διαφορετικές περιόδους της ημέρας για τις μετακινήσεις του αεροσκάφους και του επίπεδο θορύβου αιχμής κάθε διαδρόμου (NNI, NEF κλπ).

δ) Βιομηχανικός θόρυβος. Όλα τα βιομηχανικά κράτη προσδιορίζουν όρια θορύβου όταν κατασκευάζονται βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Και πάλι ο δείκτης που χρησιμοποιείται είναι ο LAeq, που αναφέρεται τόσο στην ημέρα (06:00 – 22:00), όσο και στη νύχτα (22:00 – 06:00), ενώ κάποιες φορές αναφέρεται και στο απόγευμα (18:00 – 22:00). Οι τιμές του, εξαρτώνται και σε αυτήν την κατηγορία από την ευαισθησία των ζωνών που αναφέρονται, ενδεικτικά, οι τιμές είναι γενικά 50 -55dBA την ημέρα και 40 – 45dBA τη νύχτα.



Βιομηχανικός θόρυβος / Πηγή: http://www.pulsarinstruments.com/images/home.jpg (2-8-08)

Limits for Road Traffic Noise				
Country	Index	Day Limit	Rest Limit	Night Limit
Australia	L_{10}, 18 h	60		55
Austria	L_{Aeq}	50 – 55		40 – 45
Canada	L_{Aeq}	5		50
Denmark	L_{Aeq}, 24 h	55		
France	L_{Aeq}	60 – 65		55 – 57
Germany	Lr	50 – 55		40 – 45
Netherlands	L_{Aeq}	50	45	40
Spain	L_{Aeq}	60		50
Sweden	L_{Aeq}, 24 h	55		
Switzerland	Lr	55		45
UK	L_{Aeq}	55		42



Επιτρεπτές στάθμες οδικού θορύβου σε διάφορες χώρες / Πηγή: www.nonoise.org/library/envnoise/index.htm (5-8-08)

Zone Limits for Aircraft Noise			
Country	No restrictions	Insulation measures	No new dwellings
Australia	< 53	53 – 58	> 58
Canada	≤ 57	60 – 62	> 68
China	≤ 54		
Denmark	≤ 51	> 61	> 51
France	< 62	62 – 71	
Germany	< 62	67 – 75	> 75
Japan	< 54	> 69	
Netherlands	≤ 50	53 – 60	> 50
New Zealand	≤ 52	52 – 62	> 62
Norway	≤ 55	55 – 65	> 55
Sweden	< 51		
Switzerland		62 – 72	> 62
UK	≤ 55	55 – 64	> 70
USA	≤ 62		> 72
Note:	*All limits are shown as $L_{Aeq, 24h}$ values*		

Επιτρεπτές στάθμες θορύβου από αεροπλάνα σε διάφορες χώρες

Πηγή: www.nonoise.org/library/envnoise/index.htm (5-8-08)

4.5 Αντιμετώπιση του θορύβου στην Ελλάδα

4.5.1 Μέτρα & δράσεις κατά του θορύβου στα Ελληνικά αστικά κέντρα

Η Αθήνα είναι η πρώτη από τις ευρωπαϊκές πρωτεύουσες στην έκθεση του πληθυσμού της σε επίπεδα θορύβου άνω των 75dB, σε ποσοστό 2%, όταν στην Γαλλία και Βρετανία τα ποσοστά είναι 0,6% και 0,4% αντίστοιχα. Επίσης το 45% του πληθυσμού της Αθήνας εκτίθεται σε θορύβους άνω των 65dB, όταν στη Ρώμη το ποσοστό αυτό είναι 18%, στο Παρίσι 17% και στο Λονδίνο 16%, κάνοντας επιτακτική την ανάγκη για την λήψη μέτρων κατά του θορύβου **[41].**

Μέχρι σήμερα, στην Ελλάδα, έχουν υλοποιηθεί οι εξής δράσεις σχετικά με το θόρυβο:

- Χαρτογράφηση επιπέδων θορύβου αστικών περιοχών, για πάνω από 30 πόλεις και περιοχές

Χάρτες Θορύβου [38]

Στα πλαίσια της προσπάθειας του ΥΠΕΧΩΔΕ να δημιουργήσει μια βάση δεδομένων χαρτών περιβαλλοντικού κυκλοφοριακού θορύβου για όλες τις μεγάλες και μεσαίες Ελληνικές πόλεις, έχουν δημιουργηθεί πάνω από 35 χάρτες, οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι Ρόδο, Καβάλα, Πειραιάς, Πάτρα, Λάρισα, Χανιά, Ηράκλειο Κρήτης, Ιωάννινα, Σέρρες, Χαλκίδα, και Λαμία. Σκοπός των μελετών αυτών είναι η χαρτογράφηση του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου μέσω ακουστικών μετρήσεων σε συγκεκριμένες περιοχές των αστικών κέντρων, στα πλαίσια της ισχύουσας νομοθεσίας περί ανωτάτων επιτρεπόμενων ορίων θορύβου από την οδική κυκλοφορία σε νέα έργα (απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ 17259) και η αξιολόγηση των επιπτώσεων στη βάση μιας συγκριτικής διερεύνησης ενός αριθμού κατοίκων που διαμένουν σε συγκεκριμένες συνθήκες αστικού περιβάλλοντος. Επίσης, διεξάγεται μια κοινωνική έρευνα θορύβου (μεσαίας κλίμακας) μέσω συνεντεύξεων και συμπλήρωσης 600 ερωτηματολογίων για να εξακριβωθούν οι επιπτώσεις του οδικού θορύβου στους κατοίκους που μένουν στις οδούς κάθε χρωματικής ζώνης του μετρούμενου ακουστικού περιβάλλοντος (6 χρωματικές ακουστικές ζώνες, που αναλύονται με δείγμα 100 άτομα ανά ζώνη) και καθορίστηκαν ως εξής:

- **Ζώνη 1: μαύρο ≥ 78 dB(A)**
- **Ζώνη 2: κόκκινο = 75-77 dB(A)**

- **Ζώνη 3: καφέ = 72-74 dB(A)**
- **Ζώνη 4: γαλάζιο = 69-71 dB(A)**
- **Ζώνη 5: κίτρινο = 66-68 dB(A)**
- **Ζώνη 6: πράσινο ≤ 66 dB(A)**

Επιπλέον, σε συνεννόηση με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥ) δρομολογήθηκε η απόκτηση στοιχείων υποβάθρων οικοδομικών τετραγώνων και πληθυσμού των πόλεων και περιοχών της μελέτης, που χρησιμοποιήθηκαν μετά τις ακουστικές μετρήσεις του χάρτη, για την εξακρίβωση του αριθμού των κατοίκων που διαμένουν στην κάθε χρωματική ζώνη ακουστικού περιβάλλοντος και παρουσιάζει τα σχετικά τελικά στοιχεία με κατάλληλο τρόπο (στατιστική επεξεργασία, γραφικά, κλπ). Τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά και εισάγουν για πρώτη φορά στην Ελλάδα την ταυτόχρονη ποσοτική (αντικειμενική) και ποιοτική (υποκειμενική) διάσταση του αστικού θορύβου στα ελληνικά κέντρα.

« Η ευρωπαϊκή οδηγία περιλαμβάνει την εφαρμογή χαρτών θορύβου και σχεδίων δράσης

- *για μεγάλα αεροδρόμια με πάνω από 50.000 κινήσεις (προσγειώσεις και απογειώσεις) το χρόνο,*
- *για μεγάλους οδικούς άξονες σε δυο φάσεις (1^{η} φάση ► σε αυτούς που καταγράφεται κυκλοφορία άνω των 6.000.000 οχημάτων ετησίως και 2^{η} φάση ► σε αυτούς που καταγράφεται κυκλοφορία άνω των 3.000.000 οχημάτων ετησίως)*
- *για μεγάλους σιδηροδρομικούς άξονες σε δυο φάσεις (1^{η} φάση ► σε αυτούς που διακινούνται περισσότεροι από 60.000 συρμοί και 2^{η} φάση ► σε αυτούς που διακινούνται περισσότεροι από 30.000 συρμοί)*
- *για οικιστικές περιοχές άνω των 250.000 κατοίκων και σε δεύτερη φάση άνω των 100.000 κατοίκων.»*

«Ο χάρτης θορύβου (noise map) παρουσιάζει στοιχεία σχετικά με το ακουστικό περιβάλλον, την υπέρβαση της οριακής τιμής δείκτη θορύβου, τον αριθμό των κατοικιών μιας ζώνης που εκτίθενται σε συγκεκριμένες τιμές, τον αριθμό των ατόμων τα οποία πιθανώς βλάπτονται, αναλύσεις όσον αφορά τα μέτρα ή τα σενάρια καταπολέμησης θορύβου κλπ. ***Υπάρχουν διαφορετικά είδη χαρτών θορύβου****: χάρτες με στοιχεία που υποβάλλονται στην Επιτροπή, χάρτες που συνιστούν πηγή πληροφοριών για τους πολίτες*

και χάρτες που χρησιμοποιούνται ως βάση για την κατάρτιση των σχεδίων δράσης. ***[38].*** *Ως «χαρτογράφηση θορύβου» ορίζεται η παρουσίαση δεδομένων σχετικά την ηχητική κατάσταση μιας περιοχής βάσει συγκεκριμένων δεικτών θορύβου. Στον χάρτη αυτό, εμφανίζονται οι υπερβάσεις των ισχυουσών οριακών τιμών, ο αριθμός πολιτών που επηρεάζονται στη συγκεκριμένη περιοχή ή ο αριθμός των κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες στάθμες θορύβου (σύμφωνα πάντα με τους ανάλογους δείκτες). «Στρατηγικός χάρτης θορύβου» θεωρείται αυτός ο οποίος παρουσιάζει μια πιο σφαιρική προσέγγιση του θέματος, αξιολογώντας την έκθεση στο θόρυβο μιας περιοχής λόγω διαφόρων πηγών θορύβου, περιλαμβάνοντας κάποιες φορές και προβλέψεις για την περιοχή αυτή.*

[Μανόλης Διαμαντάκης / Πουλίκος Πραστάκος, «Πληροφοριακό σύστημα για τη χαρτογράφηση του θορύβου σε αστικές περιοχές»] [44]

Τα κράτη-μέλη ορίζουν τις αρχές και τις υπηρεσίες που είναι υπεύθυνες για την κατάρτιση και την έγκριση των χαρτών θορύβου (θα πρέπει να ανανεώνονται ανά πενταετία).

Θα πρέπει να κοινοποιηθεί στην Επιτροπή από τα κράτη μέλη κατάλογος με τους σημαντικούς – από πλευράς φόρτου – οδικούς άξονες, τους σιδηροδρομικούς άξονες, τα μεγάλα αεροδρόμια και τις οικιστικές περιοχές άνω των 250.000 κατοίκων που βρίσκονται στο έδαφός τους και για τα οποία ισχύουν οι ορισμοί της Οδηγίας. Το αργότερο μέχρι 30-6-2007 θα πρέπει να έχουν καταρτισθεί και ενδεχομένως εγκριθεί, στρατηγικοί χάρτες θορύβου στους οποίους να εμφαίνεται η κατά το προηγούμενο έτος κατάσταση δίπλα στις υποδομές και στους οικισμούς που προαναφέρθηκαν. Το αργότερο μέχρι 31-12-2008, τα κράτη-μέλη να ενημερώνουν την Επιτροπή για περιοχές άνω των 100.000 κατοίκων, καθώς και για τους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες που βρίσκονται στην επικράτειά τους. Το αργότερο στις 30-06-2012, και ανά πενταετία, πρέπει να καταρτίζονται και να εγκρίνονται οι χάρτες θορύβου για το προηγούμενο έτος όσον αφορά τις εν λόγω οικιστικές περιοχές.

Η μέθοδος χαρτογράφησης θορύβου στην χώρα μας μέχρι σήμερα γινόταν μέσω ακουστικών μετρήσεων, ενώ κάθε χώρα της Ε.Ε. είχε ουσιαστικά τον δικό της τρόπο χαρτογράφησης και αξιολόγησης των επιπτώσεων του θορύβου στον γενικό πληθυσμό. Το γεγονός ότι στην κάθε χώρα ισχύουν και διαφορετικά όρια θορύβου, είχε ως αποτέλεσμα την μέχρι σήμερα ανυπαρξία ουσιαστικής συγκριτικής θεώρησης των επιπτώσεων του θορύβου στην Ευρώπη και συνεπώς την αδυναμία για οποιοδήποτε επιτελικό ευρωπαϊκό

σχεδιασμό. Προκειμένου να υλοποιηθεί χαρτογράφηση θορύβου εκεί που ορίζει η οδηγία 2002/49, πρέπει πρώτα να υπολογιστούν τα επίπεδα θορύβου. Τα επίπεδα αυτά υπολογίζονται είτε με προβλέψεις είτε με μετρήσεις. Η πρόβλεψη των επιπέδων θορύβου συνεπάγεται ότι θα υπάρχουν αβεβαιότητες, οι οποίες πρέπει να περιοριστούν προκειμένου οι προβλέψεις να είναι πιο ρεαλιστικές.»

Μεθοδολογίες αξιολόγησης για Χαρτογράφηση (Noise Mapping)

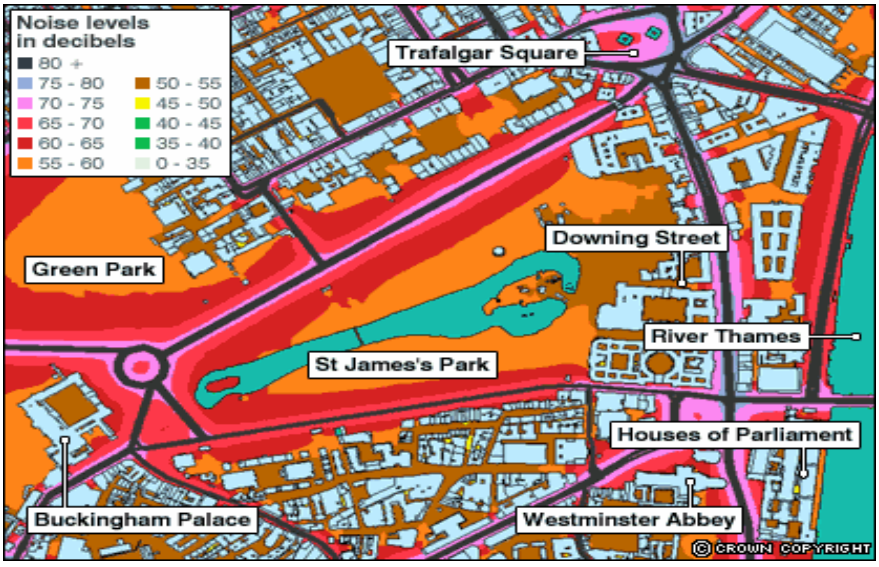
Για τον οδικό θόρυβο : την Γαλλική μέθοδο NMPB-Routes-96
(SETRA-CERTU-LCPC-CSTB, 1995) και το γαλλικό πρότυπο XPS 31-133

Για τον σιδηροδρομικό θόρυβο : την Ολλανδική μέθοδο RMR,
(Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai 1996)

Για τον θόρυβο αεροσκαφών : την Ευρωπαική μέθοδο ECAC Doc. 29,
(Report on Standard Method of Computing Noise Contours in Civil Airports, 1997)

Για τον βιομηχανικό θόρυβο : το διεθνές πρότυπο ISO 9613-2,
(ISO - Acoustics - Abatement of sound propagation outdoors,
Part 2: General method of calculation)

Πίνακας από το 'Σεμινάριο Θορύβου' του κ. Ψύχα Κυριάκου (Αρχιτ. Μηχ.-Συγκοινωνιολόγου), Λευκωσία 26-5-2005



Ενδεικτικά χάρτης θορύβου του κεντρικού Λονδίνου

Πηγή: http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/40678000/gif/_40678782_noise_map_london_img416.gif

Στο Παράρτημα της εργασίας παρατίθεται ως δείγμα ο χάρτης θορύβου του νομού Χανίων για το έτος 1997.

4.5.2 Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας και θόρυβος

Για τον θόρυβο, έχει επίσης συνταχθεί ειδικό άρθρο στον **Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ)**, συγκεκριμένα το άρθρο 15, σύμφωνα με το οποίο:

Άρθρο 15

Εκπομπές ρύπων, θόρυβοι, κλπ

1. *Απαγορεύεται η κυκλοφορία ως και η οδήγηση κάθε οδικού οχήματος, το οποίο:*

α) εκπέμπει ουσίες ή προϊόντα βλαπτικά για την υγεία του ανθρώπου ή που ρυπαίνουν το περιβάλλον πέραν των επιτρεπόμενων ορίων

β) προκαλεί γενικά από κίνηση και λειτουργία του θόρυβο, πέραν των επιτρεπόμενων ορίων.

2. *Με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών, καθορίζονται τα επιτρεπόμενα όρια περιεκτικότητας σε βλαπτικές ουσίες για την υγεία του ανθρώπου και σε προϊόντα αερίων που ρυπαίνουν το περιβάλλον, που εκπέμπονται από τα οδικά οχήματα, καθώς επίσης και τα επιτρεπόμενα όρια των θορύβων που προκαλούνται από αυτά.*

Όλα τα πιο πάνω όρια μπορούν να κλιμακώνονται ανάλογα με την ηλικία του κινητήρα και με άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος.

3. *Αυτοί που παραβαίνουν τις διατάξεις της παραγράφου 1 του άρθρου αυτού, τιμωρούνται με διοικητικό πρόστιμο διακοσίων ευρώ (200,00 €) και με επιτόπου αφαίρεση των στοιχείων κυκλοφορίας του οχήματος από τον βεβαιούντα την παράβαση, σύμφωνα με τις προϋποθέσεις και τη διαδικασία του άρθρου 103 του παρόντος Κώδικα. Τα αφαιρούμενα στοιχεία κρατούνται στην αρμόδια Αρχή μέχρι να προσκομιστεί από τον παραβάτη σημείωμα της αρμόδιας Υπηρεσίας Συγκοινωνιών για την καταλληλότητα του οχήματος από πλευράς εκπομπής καυσαερίων ή θορύβων.*

Σε όσες περιοχές έχει εφαρμοστεί ή θα εφαρμοστεί η κάρτα ελέγχου καυσαερίων, στους παραβάτες επιβάλλονται οι κυρώσεις που προβλέπονται από τις σχετικές διατάξεις καθιέρωσης του θεσμού αυτού.

4. *Οι οδηγοί οδικών οχημάτων υποχρεούνται να μην παρενοχλούν τους άλλους χρήστες της οδού, τους παρόδιους και τους διαμένοντες επί της οδού, προκαλώντας μεταξύ άλλων,*

θόρυβο από τη χρήση ηχητικού συστήματος ή από οποιαδήποτε άλλη πηγή, σκόνη, καπνό ή ρίψη υγρών, όποτε αυτό είναι δυνατό να αποφεύγεται. Οι παραβάτες τιμωρούνται με διοικητικό πρόστιμο ογδόντα ευρώ (80,00 €), εκτός αυτών που προκαλούν θόρυβο από τη χρήση ηχητικών συστημάτων, οι οποίοι τιμωρούνται με διοικητικό πρόστιμο διακοσίων ευρώ (200,00 €) και με επιτόπου αφαίρεση της άδειας οδήγησης για τριάντα (30) μέρες, σύμφωνα με τις προϋποθέσεις και τη διαδικασία του άρθρου 103 του παρόντος Κώδικα **[37]**.

4.5.3 Ελληνική νομοθεσία για τα διάφορα είδη θορύβου:

- Ο Ν. 1650/86 και συγκεκριμένα το άρθρο 14 ορίζει το γενικότερο πλαίσιο της προστασίας από το θόρυβο και σε ότι αφορά τα οχήματα. Συγκεκριμένα, καθορίζονται οριακές τιμές στάθμης, περιορισμοί στην παραγωγή, εμπορία και χρήση οχημάτων που προκαλούν θόρυβο, αντιθορυβικές ζώνες και μέτρα αντιθορυβικής προστασίας **[19]**.
- Η Υ.Α. 17252/92 καθορίζει τους δείκτες ανώτατων επιτρεπόμενων ορίων θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα **[20],** ενώ η οδηγία 2002/49/ΕΚ «σχετικά με την αξιολόγηση και διαχείρηση του περιβαλλοντικού θορύβου, μέσω χαρτών θορύβου, ενημέρωσης του κοινού και ανάληψη σχεδίων δράσης κατά του θορύβου [**21]**.

Αναλυτικά:

4.5.3.1 Οδικός θόρυβος. Με την υπ'αριθμ. Υ.Α. 1220/13/27.1.1979, «Περί καθορισμού επιτρεπόμενων ορίων θορύβου προκαλούμενων από τα αυτοκίνητα οχήματα, μοτοσικλέτες, μοτοποδήλατα και τρόπος μέτρησης αυτών», ορίζονται οι μέθοδοι μέτρησης θορύβου «εν κινήσει» και «εν στάσει», το ηχόμετρο καθώς και οι μονάδες μέτρησης θορύβου decibel (dB(A)). Στην παρούσα αναφέρεται ότι κάθε νέος τύπος αυτοκινήτου ή μοτοσικλέτας που εισάγεται ή συναρμολογείται στην Ελλάδα, θα εγκρίνεται από πλευράς ορίων θορύβου. Επισημαίνεται επίσης, ότι σε περίπτωση υπέρβασης επιτρεπόμενων ορίων στάθμης θορύβου επιβάλλονται ποινικά και διοικητικά μέτρα, που προβλέπονται από τον Κ.Ο.Κ. Τέλος, με την υπ'αριθμ. Υ.Α. 32764/7384/29.10.1980 «Περί τροποποιήσεων και συμπληρώσεως της 1220/13/79 ΚΥΑ» στην άδεια κυκλοφορίας αναγράφονται, εκτός από τα όρια θορύβου που εκπέμπει το όχημα, και οι στροφές του κινητήρα στις οποίες έγινε η μέτρηση με την «εν στάσει»

μέθοδο, ενώ τα επιτρεπόμενα ανώτατα όρια θορύβου μεταβάλλονται και γίνονται 105dBA για επιβατικά, δίτροχα μοτοποδήλατα, μοτοσικλέτες και 110dBA για φορτηγά αυτοκίνητα και λεωφορεία. Επίσης, με την υπ'αριθμ. Υ.Α 28340/2440/18.8.1992, «Μέτρα για τον περιορισμό της ηχορύπανσης που προέρχεται από μοτοσικλέτες σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις των Οδηγιών 78/1015, 87/56 και 89/238 της ΕΟΚ», το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών προβαίνει σε δοκιμές ελέγχου του θορύβου που προκαλούν οι μοτοσικλέτες και ελέγχεται για κάθε τύπο αυτών, αν τηρούνται οι εναρμονισμένες με την ΕΟΚ προδιαγραφές. Τα αποτελέσματα του ελέγχου αποστέλλονται στη διεύθυνση τεχνικού ελέγχου οχημάτων , ενώ η αρμόδια υπηρεσία του υπουργείου χορηγεί το σχετικό πιστοποιητικό με τη μέτρηση του ηχητικού πεδίου.

4.5.3.2 Αεροπορικός θόρυβος.

Με το Π.Δ. 1178/5.10.1981 «περί της μέτρησης και του ελέγχου των θορύβων των αεροσκαφών» (ΦΕΚ 291/Α/81), καθιερώνεται το πιστοποιητικό θορύβου το οποίο είναι υποχρεωτικό να φέρουν τα αεροσκάφη. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τον αεροπορικό θόρυβο με τον έλεγχο των χρήσεων γης, πέρα από τις διάφορες επεμβάσεις βελτίωσης και διαχείρισης των λειτουργικών διαδικασιών του αερολιμένα και της εναερίου κυκλοφορίας. Στο Π.Δ. 457/24.10.1984 «περί περιορισμού του θορύβου που προκαλείται από υποηχητικά αεροσκάφη σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 80/51/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 20^{ης} Δεκεμβρίου 1979» (ΦΕΚ 165/Α/84), αναφέρεται ότι ένα πολιτικό αεροσκάφος που ανήκει σε μια από τις κατηγορίες που αναφέρονται στα άρθρα 3,4,6,7,8, του Π.Δ. 1178/1981, χρησιμοποιείται μόνο αν έχει πιστοποιητικό θορύβου που να έχει εκδοθεί σύμφωνα με τους κανόνες που καθορίζονται από τα άρθρα 3,4,6,7 του παρόντος. Επίσης στο Π.Δ. 457/24.10.1984 ορίζονται και οι εξαιρέσεις των ελικοφόρων και αεροπλάνων που μπορούν να μη φέρουν το εν λόγω πιστοποιητικό.

4.5.3.3 Βιομηχανικός θόρυβος. Με την ΚΥΑ 36266/1613/9.9.1986 (ΦΕΚ 570/Β/86) γίνεται μια πρώτη προσπάθεια να περιοριστεί ο θόρυβος που εκπέμπεται από τα μηχανήματα εργοταξίου. Γίνεται αναλυτική αναφορά των προδιαγραφών και μεθόδων προσδιορισμού, μέσω της περιγραφής του αναγκαίου εξοπλισμού για τις μετρήσεις, την καταγραφή των συνθηκών μέτρησης, τη διαδικασία επεξεργασίας των αποτελεσμάτων και τη μαθηματική μέθοδο υπολογισμού της μέσης στάθμης των ηχητικών εκπομπών

τους. Με το Ν. 2545/1997 (ΦΕΚ 254/Α15.12.1997) γίνεται ορισμός των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών δραστηριοτήτων υψηλής, μέσης ή χαμηλής όχλησης κατά το άρθρο 1 της 10537/18.2.1993 απόφασης ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνδυασμό με την ΚΥΑ 69269/5387/90, με την εκάστοτε ισχύ τους **[38].**

4.5.3.4 Μηχανολογικός θόρυβος. Με τον όρο « **Μηχανολογικό Θόρυβο** » εννοούμε τον παραγόμενο θόρυβο από την χρήση και λειτουργία των πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων, σταθερών και κινητών.

Τον Μηχ/κό Θόρυβο τον διακρίνουμε σε :

α/ Μηχ/κός Θόρυβος σταθερών πηγών εκπομπής

Σε αυτόν περιλαμβάνονται :

1/ Τα πάσης φύσεως μηχανήματα που ευρίσκονται σε : βιομηχανίες, βιοτεχνίες, καθώς και κάθε είδους επαγγελματικά εργαστήρια, όπως σιδηρουργεία, ξυλουργεία, τυπογραφεία,κλπ

2/ Τα μηχανήματα που λειτουργούν σε καταστήματα υγειονομικού χαρακτήρα, όπως αρτοποιεία, εστιατόρια , Bar, καφενεία, Super Market, Mini Market, Νοσοκομεία , Ιατρικά Κέντρα, κλπ.

3/ Όλων των ειδών συνεργεία οχημάτων, όπως φανοποιεία, πλυντήρια αυτοκινήτων, βενζινάδικα, κλπ.

4/ Όλων των ειδών κλιματιστικά μηχανήματα, τα οποία λειτουργούν σε επαγγελματικούς, οικιακούς και δημόσιους χώρους.

Από τις παραπάνω δραστηριότητες άλλες αδειοδοτούνται από τις Νομαρχιακές Υπηρεσίες άλλες από τις Δημοτικές και άλλες λειτουργούν χωρίς άδεια (πχ οικιακά κλιματιστικά).

Για τις δραστηριότητες που αδειοδοτούνται από τις Νομαρχιακές Υπηρεσίες εκτός των άλλων δικαιολογητικών απαιτείται και υποβολή Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε)

β/ Μηχ/κός Θόρυβος κινητών πηγών εκπομπής

Σε αυτόν περιλαμβάνονται κυρίως τα μηχανήματα των πάσης φύσεως εργοταξίων, όπως: Κομπρεσέρ αέρος, τσάπες, σφύρες, σκαπτικά μηχανήματα διαφόρων τύπων, οδοστρωτήρες κ.λ.π.

Τα επίπεδα θορύβου που εκπέμπουν κατά την λειτουργία τους τα ανωτέρω μηχανήματα είναι συνήθως πολύ υψηλά. Ο έλεγχος θορύβου αυτών δεν μπορεί να υπαχθεί στις διατάξεις του Π.Δ 1180/81 διότι τα επίπεδα εκπομπής θορύβου αυτών με τα όρια θορύβου που ορίζει το ανωτέρω Π.Δ διαφέρουν κατά μέσο όρο περίπου 50 dB (A). Είναι θεωρητικά δύσκολο αν όχι αδύνατον να απαιτήσεις λήψη ηχομονωτικών μέτρων, σε κινητές πηγές θορύβου, της τάξεως των 50 dB (A).

Οι περιπτώσεις αυτές πρέπει να ελέγχονται « κατά περίπτωση » **[Δ16].**

4.5.3.5 Θόρυβος από κοινωνικές δραστηριότητες. Στην υγειονομική διάταξη Α1β/8577/83 γίνεται ο ορισμός του κέντρου διασκέδασης, με την υπουργική απόφαση Α5/3010/2.10.1985 ορίζονται μέτρα προστασίας της Δημόσιας Υγείας από θορύβους μουσικής των κέντρων διασκέδασης και λοιπών καταστημάτων (ΦΕΚ 593/Β/85). Επίσης, τίθενται τα 65dB(A) ως ελάχιστο όριο της 'ηχοαπομόνωσης', δηλ. της μείωσης του θορύβου από την πηγή στον δέκτη, τα 100dB(A) ως ανώτατο όριο για στεγασμένα κέντρα διασκέδασης, ενώ για υπαίθρια προκύπτει βάσει του πίνακα 1 του άρθρου 3 της παρούσης διάταξης. Τέλος, η Υ.Α. 1023/2/37/12.1.1996 «περί μέτρων για την τήρηση της κοινής ησυχίας» (ΦΕΚ 15/Β/96), αποσκοπεί στην προστασία της κοινής ησυχίας των πολιτών και ορίζεται για τη θερινή περίοδο από 15:00 – 17:30 και 23:00 – 07:00 και για τη χειμερινή 15:30 – 17:30 και 22:00 - 07:30, απαγορεύονται σύμφωνα με την $3^{η}$ παράγραφο του άρθρου 1 της παρούσης, εργασίες και άλλες δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο, λειτουργία μουσικών οργάνων, ραδιοφώνου, τηλεόρασης σε υψηλή ένταση σε ιδιωτικούς χώρους, θορυβώδη παιχνίδια σε δημόσια κέντρα, η φόρτωση και εκφόρτωση εμπορευμάτων, η λειτουργία συστημάτων ασφαλείας, εξαιρουμένων των περιπτώσεων έκτακτης ανάγκης, και κυρίως περιπτώσεις που αφορούν σε εργασίες κοινής ωφέλειας **[38].**

4.6 Τα προγράμματα 'Ησυχα Προϊόντα' & 'Ησυχες προσόψεις'

Ήσυχα Προϊόντα [Δ21]

Το πρόγραμμα "Ήσυχα Προϊόντα" προέρχεται από την Κομισιόν και αφορά στην καθιέρωση "Κάρτας Θορύβου" στις οικιακές κυρίως συσκευές και ως εκ τούτου την εισαγωγή του θορύβου ως ενός ακόμη κριτηρίου επιλογής στα χέρια του καταναλωτή, δεδομένου ότι ο σωστά πληροφορημένος καταναλωτής μπορεί, έως κάποιο βαθμό, να

προστατεύσει τον εαυτό του και το κοινωνικό σύνολο. Η σχετική Απόφαση που θα εκδοθεί σύντομα θα ορίζει ότι «όλες οι συσκευές κλιματισμού που εισάγονται ή παράγονται στην χώρα υποχρεούνται να συνοδεύονται από την Κάρτα Θορύβου». Η τεχνική υποδομή (εργαστήρια μετρήσεων και τυποποίησης) για την εφαρμογή του προγράμματος "Ήσυχα Προϊόντα" έχει ολοκληρωθεί με πόρους από το Α' ΚΠΣ. Έτσι, αυτή τη στιγμή, έχουν καταρχήν ετοιμαστεί δύο χώροι - εργαστήρια, ένα στο Ε.Μ.Π. και ένα στο Α.Π.Θ., πλήρως εξοπλισμένα, προκειμένου να αρχίσει η μέτρηση και επισήμανση των "οικογενειών" των συσκευών με τη σειρά που θα αποφασισθεί. Σύντομα θα υπάρξει το νομοθετικό πλαίσιο για να ξεκινήσει το έργο με πιθανότερη πρώτη "οικογένεια" τις συσκευές κλιματισμού. Ο λόγος που επελέγησαν πρώτα τα κλιματιστικά μηχανήματα έχει να κάνει με την ιλιγγιώδη εξάπλωση τους στις μέρες μας και με τη μεγάλη κοινωνική αντίδραση που μπορούν να προκαλέσουν με το θόρυβο που εκπέμπουν, γεγονός που πιστοποιείται από τον αριθμό των σχετικών παραπόνων που δέχονται οι περιβαλλοντικές μας υπηρεσίες. Στόχος του εν λόγω προγράμματος είναι :

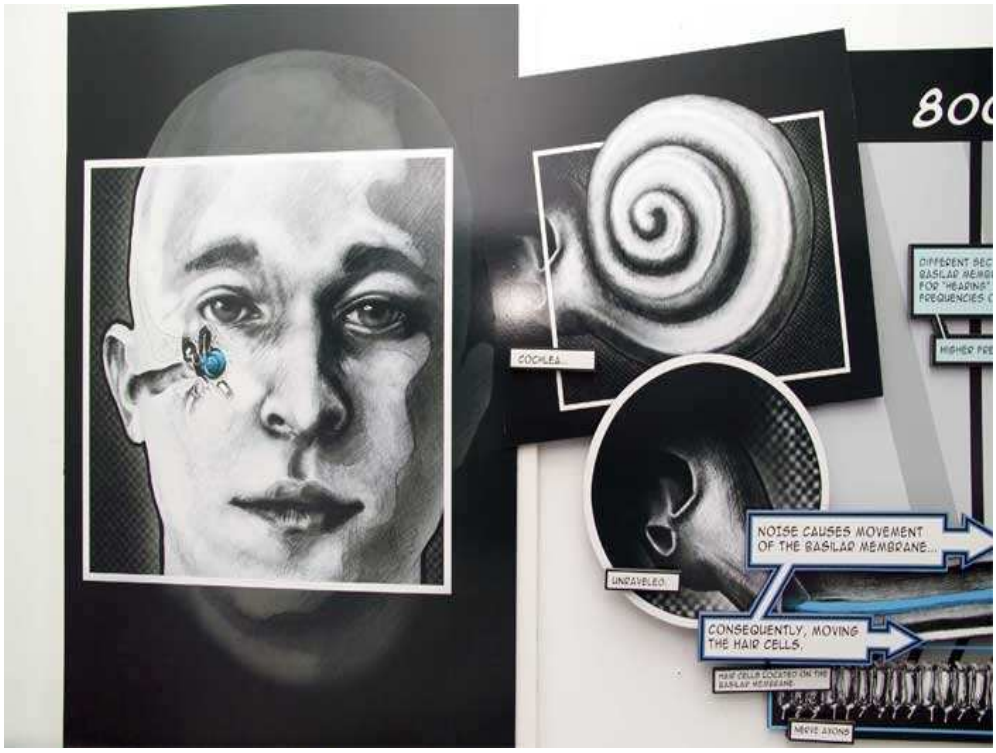
- η πληροφόρηση του κοινού με σαφή, απλό και ενιαίο τρόπο,
- η καταπολέμηση της παραπλανητικής διαφήμισης,
- η αλλαγή προτύπων και μεθόδων συμπεριφοράς και επιλογής και τελικά
- η ανάπτυξη αντιθορυβικής συνείδησης, αν και δύσκολες, μπορούν να έχουν εντυπωσιακά αποτελέσματα **[Δ2].**

Πρόγραμμα ‘ήσυχες προσόψεις’ [41]

Αποτελεί παρέμβαση της Κομισιόν και αφορά στην πρόβλεψη ειδικών χαμηλών κατασκευών που μπορούν να τοποθετηθούν με διάφορους τρόπους μπροστά από κατοικίες, ώστε να τις προστατεύουν από τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Οι ειδικές αυτές προσόψεις είναι κατασκευές ύψους 4 μέτρων που κατασκευάζονται σε απόσταση δύο μέτρων από την όψη ενός κτιρίου που προκαλούν την ανάκλαση του ήχου για να προστατεύονται οι ένοικοι από την όχληση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΑΚΟΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΑΥΤΗΝ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ



Δυσλειτουργίες που προκαλούνται στην υγεία από την ηχορύπανση με εστίαση στο αισθητήριο της ακοής

Πρόλογος 5ου Κεφαλαίου

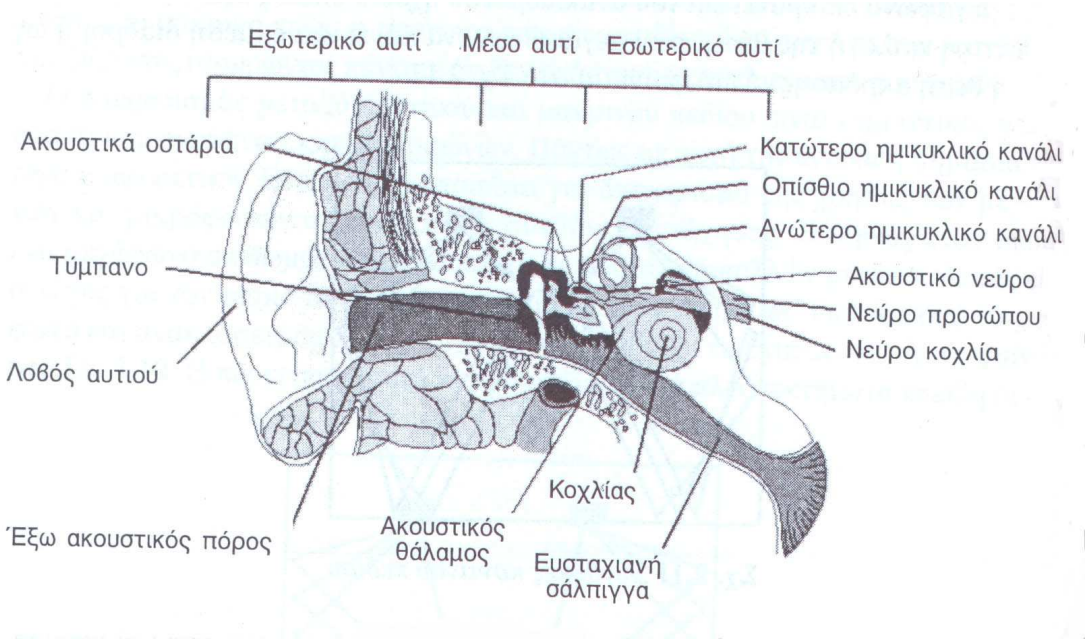
Ο ήχος είτε ως ευχάριστο άκουσμα (συμφωνία) είτε ως δυσάρεστο (θόρυβος), αποτελεί σε κάθε περίπτωση ένα ακουστικό ερέθισμα που αν έχει κάποια σπουδαιότητα είναι επειδή μπορεί να γίνει αντιληπτός από τα έμβια όντα και ειδικά από τον άνθρωπο.

Είναι αυτονόητο ότι δεν συντρέχει λόγος αναφοράς της ηχορύπανσης ως αρνητική επίδραση στην ανθρώπινη ακοή, αν δεν γίνει σαφής η λειτουργία της ακοής. Στο κεφάλαιο αυτό λοιπόν, παρατίθεται ο τρόπος λειτουργίας του ανθρώπινου αυτιού, πως αυτό δηλ. συλλαμβάνει τον ήχο και τον 'μεταφέρει' στον εγκέφαλο, καθώς και κάποιες ιδιαιτερότητες της ανθρώπινης ακοής ως προς τον ήχο, που εντάσσονται στο πεδίο της ψυχοακουστικής.

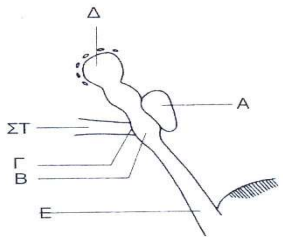
Προς το τέλος του κεφαλαίου γίνεται και μια συνοπτική αναφορά στις ψυχολογικές επιπτώσεις της ηχορύπανσης, με επέκταση και στις κοινωνικές δραστηριότητες του ατόμου, διότι τελικά οι συνέπειες του θορύβου, αλλά και κάθε αρνητικής κατάστασης, επηρεάζουν συνδυαστικά όλους τους τομείς δράσεις του ατόμου.

5.1 Πορεία του ήχου από το περιβάλλον στο ανθρώπινο αυτί

Τα τρία μέρη της ανθρώπινης ακοής είναι το έξω αυτί, το μέσο και το έσω. Το εξωτερικό αυτί αποτελείται από το πτερύγιο και τον έξω ακουστικό πόρο, έναν σωλήνα του οποίου το εσωτερικό στόμιο φράσσεται από τον τυμπανικό υμένα. Ο τυμπενικός υμένας χωρίζει το έξω από το έσω αυτί. Το μέσο αυτί αποτελείται από μια αεροφόρο κοιλότητα (την τυμπανική), η οποία μέσω της ευσταχιανής σάλπιγγας επικοινωνεί με τον ρινικό φάρυγγα **[32].**

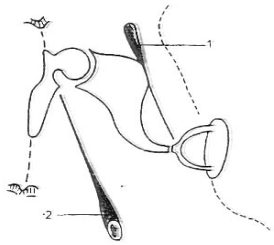


*Εσωτερική ανάλυση του αυτιού **[30]** σελ. 42*



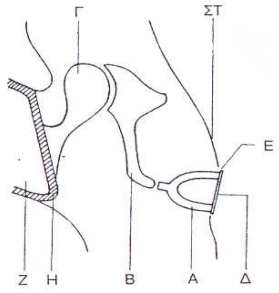
ΜΕΣΟ ΑΥΤΙ

Α. Αναβολέας Β. Τυμπανική κοιλότητα Γ. Τυμπανική μεμβράνη
Δ. Μαστοειδής Ε. Ευσταχιανή σάλπιγγα Στ. Έξω ακουστικός πόρος



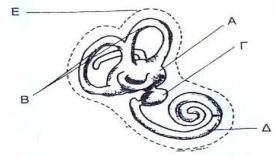
ΜΥΕΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΑΥΤΙΟΥ

1. Μυς του αναβολέα.
2. Μυς της σφύρας.



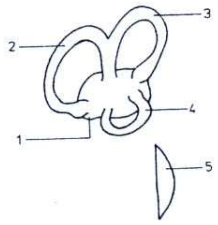
ΜΕΣΟ ΑΥΤΙ

Α. Αναβολέας Β. Άκμωνας Γ. Σφύρα Δ. Πλατίνα Ε. Οβάλ θυρίδα
Στ. Εσωτερικό αυτί Ζ. Έξω ακουστικός πόρος Η. Τυμπανική μεμβράνη

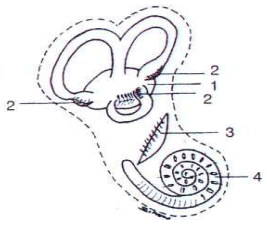


ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΑΥΤΙ

Α, Β, Γ } Αιθουσαίο } Μεμβρανώδης λαβύρινθος
Δ Κοχλίας
Ε Οστέινος λαβύρινθος



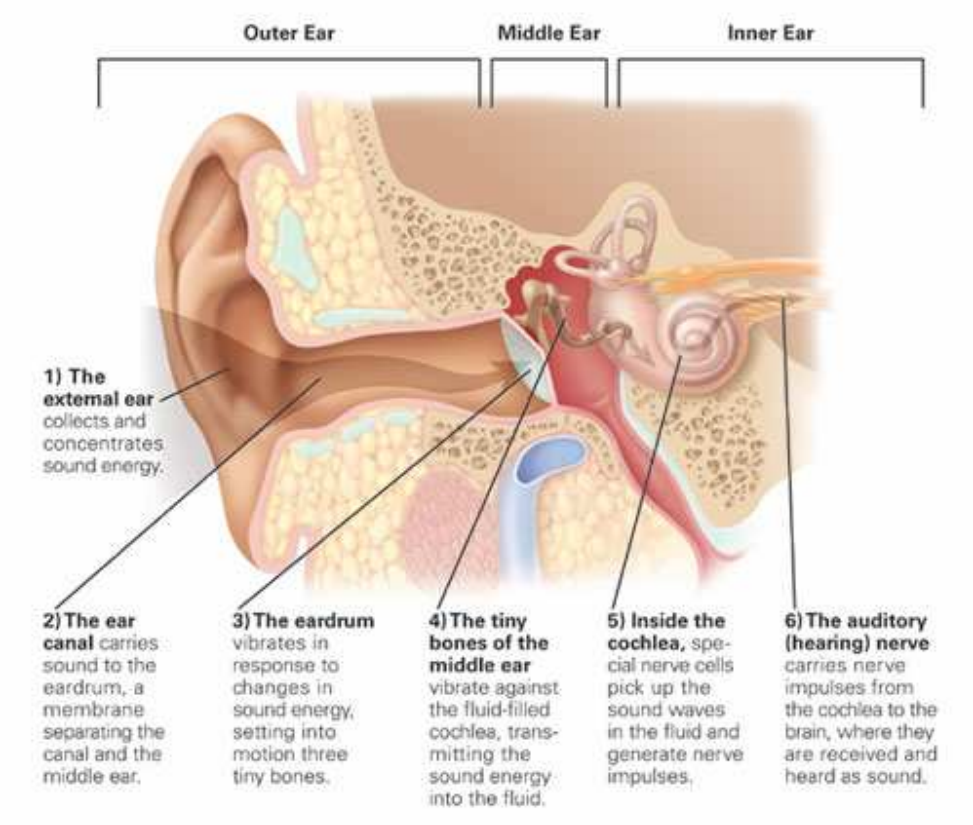
Η ΑΙΘΟΥΣΑ



ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΑΥΤΙ

1. Ελλειπτικό κυστίδιο 2. Στρογγυλές διατάσεις των ημικύκλιων σωλήνων
3. Σφαιρικό κυστίδιο 4. Κοχλίας

Διατομές εσωτερικού και μέσου αυτιού ***[1]*** *σελ. 128-132*

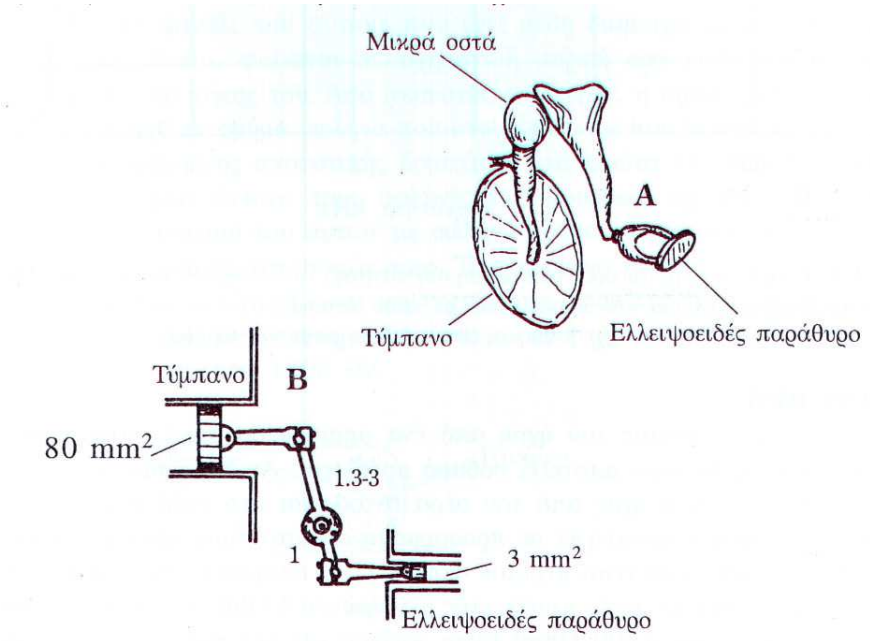


Πορεία του ήχου από το περιβάλλον στο αυτί / Πηγή: http://www.alfa-acoustics.com/images/klinikieksetasi1.jpg (2-08-08)

5.1.1 Εξωτερικό αυτί. Τα ηχητικά κύματα προσκρούουν στο εξωτερικό μέρος του αυτιού και μετά την αλληλεπίδραση με το λοβό ή το πτερύγιο, τα κύματα κινούνται μέσα από τον ακουστικό πόρο στο τύμπανο **[30]**. Το πτερύγιο δεν είναι τίποτε άλλο από συσκευή συλλογής ήχου, που επιπλέον προσφέρει διαφοροποίηση των ήχων που προέρχονται από μπρος σε σχέση με τους ήχους από πίσω. Έτσι, οι πληροφορίες σχετικές με την πηγή του ήχου, προστίθενται στο περιεχόμενο αυτού, ώστε η τελική ακουστική πίεση που εφαρμόζεται στο τύμπανο, να δίνει τη δυνατότητα στον εγκέφαλο να ερμηνεύει το περιεχόμενο του ήχου, αλλά και την κατεύθυνση προέλευσής του **[24].** Αυτή η πρόσθεση – κωδικοποιημένη πλέον με τις πληροφορίες κατεύθυνσης- περνά μέσα από το ακουστικό κανάλι προς το τύμπανο και από εκεί στο μέσο και στο έσω αυτί και στη συνέχεια στον εγκέφαλο για ερμηνεία **[32].** Το εξωτερικό αυτί παίζει ταυτόχρονα το ρόλο του ενισχυτή και του φίλτρου, ευνοώντας

τη διάδοση μερικών ήχων στο εσωτερικό αυτί, συλλέγοντας κυρίως υψηλούς ήχους **[1].**

5.1.2 Μέσο αυτί. Το μέσο αυτί μεταφέρει μέσω της εξαιρετικής μηχανικής του με μέγιστη απόδοση την ασθενική ενέργεια από την κίνηση του τυμπάνου στο υγρό του εσωτερικού αυτιού. Τα τρία μικρά οστά συνδέονται μηχανικά μεταξύ τους, αλλά και επίσης, η σφύρα είναι συνδεδεμένη με το τύμπανο και ο αναβολέας αποτελεί τμήμα του ελλειψοειδούς παραθύρου. Σημειώνεται ότι η επιφάνεια του τυμπάνου είναι περίπου 80mm^2 και η επιφάνεια του ελλειψοειδούς παραθύρου 3 mm^2, δηλ. μια δύναμη στο τύμπανο ελαττώνεται κατά ένα λόγο 80/3 ή περίπου 27 φορές **.**



Μηχανικό ανάλογο της λειτουργίας προσαρμογής αντιστάσεων στο μέσο αυτί ***[24]*** *σελ. 54*

«Το κωνικό τύμπανο στο εσωτερικό άκρο του ακουστικού καναλιού σχηματίζει τη μια πλευρά του μέσου αυτιού συνδέεται με το άνω μέρος του λαιμού, πίσω από τη ρινική κοιλότητα με την ευσταχιανή σάλπιγγα. Το τύμπανο λειτουργεί ως σύστημα 'ακουστικής ανάρτησης' λειτουργώντας ενάντια στην υποχωρητικότητα του αέρα που είναι παγιδευμένος μέσα στο αυτί, ενώ η ευσταχιανή σάλπιγγα είναι κατάλληλα μικρή και συνεσταλμένη τόσο ώστε να μην καταστρέφει αυτήν την υποχωρητικότητα, αλλά και να εξισώνει στη στατική πίεση του αέρα στο μέσο αυτί με την εξωτερική ατμοσφαιρική

πίεση. Το κυκλικό παράθυρο διαχωρίζει το γεμάτο αέρα μέσο αυτί από το πρακτικά ασυμπίεστο υγρό του έσω αυτί» **[24].** *«Ο τρόπος με τον οποίο κινούνται τα τρία αυτά οστά και επιπλέον εξαιτίας του γεγονότος ότι η βάση της σφύρας είναι πλατύτερη από τη βάση του αναβολέα, έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη σημαντικού μηχανικού πλεονεκτήματος από το τύμπανο μέχρι το εσωτερικό αυτί. Υπάρχει ένας σωλήνας που ξεκινά από τη βάση του μέσου αυτιού και φτάνει στο φάρυγγα και που είναι γνωστό σαν 'ευσταχιανή σάλπιγγα'. Ο ρόλος της είναι να εξασφαλίζει ίση πίεση και από τις δυο πλευρές του τυμπάνου και επίσης να μένει ανοιχτή όταν καταπίνουμε. Το εσωτερικό αυτί αποτελείται από δυο τμήματα, τον κοχλία (την ελικοειδή κατασκευή που έχει μορφή κελύφους σαλιγκαριού) και από τρία ημικυκλικά κανάλια. Αυτές οι τελευταίες κατασκευές σχετίζονται με την αίσθηση ισορροπίας και κίνησης»* **[30].**

Το ακουστικό κανάλι είναι ένας αγωγός-σωλήνας με μέση διάμετρο περίπου 0,7cm και μήκος περίπου 3cm. Το φαινόμενο του συντονισμού στο κανάλι του αυτιού αυξάνει την πίεση του ήχου στο τύμπανο σε ορισμένες συχνότητες. Το μέγιστο βρίσκεται κοντά στη συχνότητα στην οποία ο σωλήνας των 3cm, έχει ¼ του μήκους κύματος, περίπου 3Khz **[24].** Το σύνορο μεταξύ του εξωτερικού και του μέσου αυτιού καθορίζεται από τη θέση του τυμπάνου. Το μέσο αυτί είναι μια κοιλότητα γεμάτη αέρα, που περιέχει τρία μικροσκοπικά οστά, τη σφύρα, τον άκμονα και τον αναβολέα, τα ο οποία μεταδίδουν τις δονήσεις του τυμπάνου στην ωοειδή θυρίδα στην επιφάνεια του εσωτερικού αυτιού **[30].**

5.1.3 Εσωτερικό αυτί. Το εσωτερικό αυτί περιέχεται μέσα σε ένα οστό όχι συμπαγές, σε μορφή πυραμίδας, της οποίας η κορυφή είναι στραμμένη προς τα μέσα και μπροστά. Το έσω αυτί παρουσιάζεται ως μια οστέϊνη θήκη, η οποία αποκαλείται 'οστέϊνος λαβύρινθος'. Η δομή του κελύφους περιέχει τον μεμβρανώδη λαβύρινθο, ο οποίος αποτελείται από το αιθουσαίο και τον κοχλία. Το αιθουσαίο με τη σειρά του αποτελείται από το 'ελλειπτικό κυστίδιο', που οργανώνει τις κινήσεις στον οριζόντιο τομέα και κυρίως στο επίπεδο του κεφαλιού και από το 'σφαιρικό κυστίδιο', που επικεντρώνεται κυρίως στο κάθετο επίπεδο και ιδιαίτερα στον τομέα της σπονδυλικής στήλης **[1].** *«Ο αναβολέας είναι συνδεδεμένος σταθερά στη μεμβράνη, η οποία καλύπτει το άνοιγμα της ωοειδούς θυρίδας του κοχλία* **[30]**. *Ο κοχλίας που έχει μέγεθος μπιζελιού, βρίσκεται μέσα σε στερεό κόκαλο και έχει μήκος περίπου 2,5cm*

[24]. *Είναι γεμάτος υγρό και χωρίζεται σε όλο του το μήκος με τη μεμβράνη του Reissner και με τη βασική μεμβράνη πάνω στην οποία βρίσκεται το όργανο του Κόρτι»*. Όταν ο αναβολέας κινείται, λειτουργεί ως έμβολο στην ωοειδή θυρίδα και εξαιτίας αυτού, τίθεται σε κίνηση το υγρό του κοχλία. Αυτή η κίνηση, λόγω του ότι είναι παγιδευμένη μέσα στον κλειστό κοχλία, δημιουργεί μια μορφή στάσιμου κύματος **[30]** (όπου στάσιμο κύμα είναι περιοδικό ηχητικό κύμα με σταθερή κατανομή στο χώρο και είναι αποτέλεσμα σύνθεσης δυο ομοειδών ελεύθερων διαδιδόμενων κυμάτων, με ίδια συχνότητα και διεύθυνση, αλλά αντίθετη φορά **[28]**) και ως εκ τούτου μια παραμόρφωση στη βασική μεμβράνη. Λόγω του ότι οι ιδιότητες της βασικής μεμβράνης μεταβάλλονται σημαντικά κατά το μήκος της, μεταβάλλονται και οι θέσεις κορυφής των κυμάτων ταλάντωσης, ανάλογα με τη συχνότητα ερεθισμού. Έτσι, ο κοχλίας και τα εξαρτήματά του, λειτουργούν σαν συσκευή μετατροπής της συχνότητας σε θέση. *«Εκεί όπου η απόκλιση της βασικής μεμβράνης είναι μεγαλύτερη, υπάρχουν τα τριχοειδή κύτταρα του οργάνου Κόρτι, που αποτελούν τη διασύνδεση των προσαγωγών νευρώνων οι οποίοι μεταφέρουν σήματα στα υψηλότερα επίπεδα του ακουστικού σήματος»* **[30].** Το όργανο του Κόρτι σχεδιάστηκε για πρώτη φορά το 1850 με διαγράμματα από τον Αλφόνσο Κόρτι που το ανακάλυψε. Θεωρείται το τελειότερο όργανο του ανθρώπινου σώματος. Πρόκειται για μια ζελατινώδη μάζα που αν και δε ξεπερνά σε μήκος τα 3,75cm, αποτελείται από περίπου 7.500 αλληλένδετα τμήματα. Ο μηχανισμός αυτό είναι κλεισμένος στον κοχλία, που με τη σειρά του είναι χωμένος στο κροταφικό οστό, το σκληρότερο του σώματος. Από αυτή τη θέση, το όργανο του Κόρτι μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και διοχετεύει στον εγκέφαλο όλη τη σειρά συχνοτήτων που μπορούν να ακουστούν από τον άνθρωπο, καθώς και πληροφορίες για την ένταση και τη χροιά **[3].** Ο χαμηλόσυχνος ήχος έχει μέγιστο πλάτος κοντά στο πέρα άκρο της βασικής μεμβράνης, ενώ ο υψίσυχνος, δημιουργεί κορυφές κοντά στο ελλειψοειδές παράθυρο. Στην περίπτωση πολύπλοκου σήματος, δημιουργούνται πολλές στιγμιαίες κορυφές, που μετακινούνται διαρκώς σε πλάτος και σε θέση, κατά μήκος της βασικής μεμβράνης.

Η μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται με τις ‘στερεοβλεφαρίδες’ (stereocilia), μικροσκοπικές τρίχες που υπάρχουν στα εξωτερικά

κύτταρα. *«Καθώς ο ήχος αναγκάζει το υγρό του κοχλία και την βασική μεμβράνη να κινούνται, οι στερεοβλεφαρίδες στα κύτταρα με τις τρίχες λυγίζουν, οπότε ηλεκτρικά κύματα οδηγούνται προς τον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου. Η κάμψη των στερεοβλεφαρίδων σκανδαλίζει τις νευρικές διεγέρσεις, που μεταφέρονται με το ακουστικό νεύρο στον εγκέφαλο. Κι ενώ τα μικροφωνικά σήματα είναι αναλογικά, οι διεγέρσεις που στέλνονται στον ακουστικό φλοιό είναι διεγέρσεις που παράγονται από εκκενώσεις νευρώνων. Μια απλή ίνα νεύρου, είτε διεγείρεται είτε όχι, υπακούοντας σε δυαδική λογική. Όταν διεγείρονται όλες οι ίνες νεύρων (περίπου 15.000) έχουμε τη μέγιστη ηχηρότητα που μπορούμε να αντιληφθούμε»* **[24].**

5.2 Προστατευτικοί μηχανισμοί του αυτιού

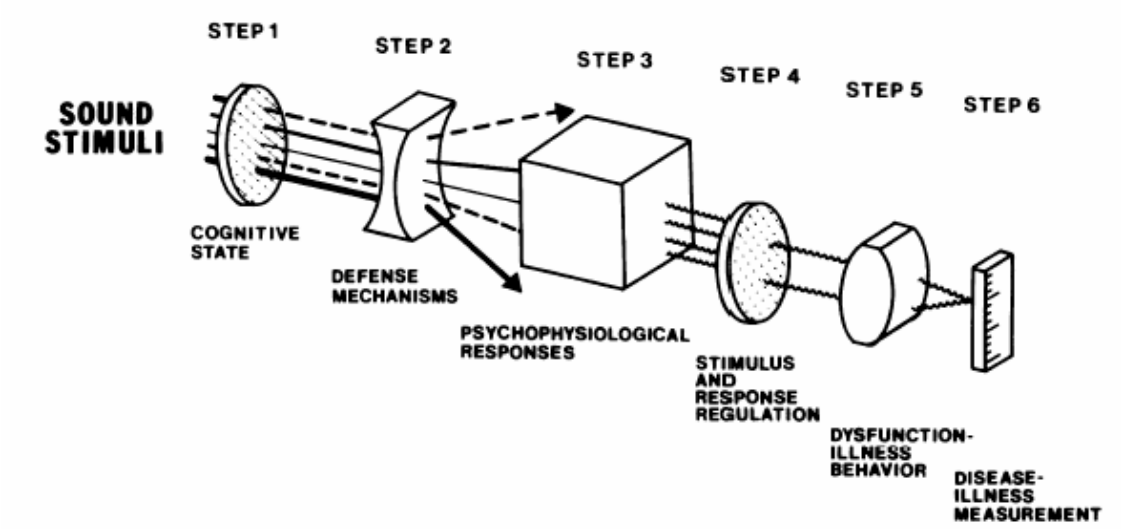
Όταν το ανθρώπινο αυτί εξελισσόταν, μαζί με τα αντίστοιχα αισθητήρια όργανα ακοής των άλλων ανώτερων οργανισμών, δεν υπήρχαν οι θόρυβοι των υπερηχητικών αεροσκαφών, τα υψηλά dB των ήχων μιας ντίσκο, ο κρότος των πυροβόλων, οι εκρήξεις των βομβών αλλά και ο συνεχής θόρυβος μιας πολύβουης πόλης ή ενός εργοστασίου, που κάνει τον άνθρωπο να κλείνει τα αυτιά του. Το ανθρώπινο αυτί έχει έναν εκπληκτικό μηχανισμό προστασίας από ήχους προοδευτικά αυξανόμενης έντασης, αλλά δεν κατάφερε να προβλέψει μηχανισμούς άμυνας για τις διαρκείς και υπερβολικές ηχητικές φορτίσεις που ζούμε σήμερα.

ΗΧΟΙ ΣΤΗ ΦΥΣΗ	ένταση (ντεσιμπέλ)	ΗΧΟΙ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ	ένταση (ντεσιμπέλ)
στην έρημο	έως 20	αυτοκίνητο	έως 80
λάλημα πετεινού	έως 85	τηλεόραση	έως 55
βάτραχος	έως 64	κομπρεσέρ	έως 100
πέταγμα πεταλούδας	μικρότερη από 5	ντισκοτέκ	έως 110
ανθρώπινη φωνή	έως 40	αεροπλάνο	έως 120

[Δ14]

Γενικότερα, ο μηχανισμός μετάδοσης είναι πολύ δύσκαμπτος για να ανταποκριθεί στους πολύ ασθενείς τόνους και έτσι αυτοί είναι μη ακουστοί, προστατεύοντας τον άνθρωπο από όχληση πολύ χαμηλών ήχων, όπως οι συστάσεις των μυών, η

κυκλοφορία του αίματος, κλπ. Το μέσο αυτί παρέχει επίσης τους ασφαλιστικούς μηχανισμούς που χρησιμεύουν για την προστασία του εσωτερικού αυτιού από ισχυρούς θορύβους και μεγάλες διακυμάνσεις στην πίεση του αέρα. Ένας δυνατός θόρυβος διεγείρει δυο ομάδες μυών: η μια τεντώνει το ακουστικό τύμπανο, περιορίζοντας έτσι την ικανότητά του να πάλλεται, ενώ η άλλη έλκει τον αναβολέα μακριά από τη σύνδεσή του με το έσω αυτί. Ο δεύτερος ασφαλιστικός μηχανισμός είναι η ευσταχιανή σάλπιγγα που χρησιμεύει για την εξισορρόπηση της πίεσης. **[3].**



Μοντέλο Rahe για το στρες και πως αυτό εξελίσσεται σε ασθένεια **[41]**

5.3 Αποκρυπτογράφηση ηχητικών συμβόλων [3]

«Ο εγκέφαλος έχει ένα κέντρο ηχητικής μνήμης που αρχίζει να συσσωρεύει ήχους αμέσως μετά τη γέννηση. Αν το κέντρο αυτό πάθει βλάβη ή καταστραφεί, προκαλείται μια κατάσταση που ονομάζεται 'ακουστική αγνωσία'». Ο πάσχων από μια τέτοια πάθηση, ακούει, αλλά οι ήχοι για αυτόν έχουν την ίδια σημασία που έχουν για κάποιον τα κλικ ενός μηνύματος Μορς, αλλά που αγνοεί τον κώδικα Μορς. Από την άλλη, ένας φυσιολογικός ενήλικας, είναι σε θέση να ξεχωρίσει 400.000 περίπου σήματα.

5.4 Δυσλειτουργία ακοής

Η μειωμένη ακοή είναι στις μέρες μας από τις πιο κοινές φυσικές αναπηρίες, λαμβάνοντας υπόψη ότι σε πολλές περιπτώσεις λόγω του μικρού βαθμού ακουστικής απώλειας, το πρόβλημα να μην είναι ιδιαίτερα αντιληπτό. Το εμπόδιο είναι τεράστιο για τους τελείως κωφούς, γιατί η πλήρης κώφωση έχει ιδιαίτερα αρνητικά αποτελέσματα στην ψυχολογική και κοινωνική ζωή του πάσχοντος.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η απώλεια της ακοής γίνεται βαθμιαία κι αυτό δίνει τη δυνατότητα στους ειδικούς να βαθμονομήσουν την απώλεια ακοής. Έτσι λοιπόν, φυσιολογική ακοή υπάρχει όταν ένα άτομο μπορεί να αντιληφθεί έναν ήχο ως 15dB. Στον ιατροδικαστικό τομέα, ολική κώφωση νοείται όταν δε μπορεί να γίνει ακουστός ήχος κάτω από 82dB κατά μέσο όρο. Ανάμεσα στα δυο αυτά άκρα υπάρχει μια ενδιάμεση κατάσταση, αυτή της ‘βαρηκοϊας’. Στο άτομο με ελαττωματική ακοή, μια συμφωνία σε μια αίθουσα συναυλιών, μπορεί να ακούγεται σα να μεταδιδόταν από φθηνό ραδιόφωνο. Όσον αφορά στους ήχους ομιλίας, λέξεις που μοιάζουν μπορεί να ακούγονται θολές και ασαφείς ή ακόμα μπορεί και να παραμορφώνουν σε σημείο που η κατανόησή τους να είναι δύσκολη. Περισσότερες ασυνήθιστες λέξεις, ίσως να είναι τελείως ακατανόητες, εκτός και αν καταλάβει το νόημα της πρότασης από τα συμφραζόμενα. Ακόμα και ολόκληρες προτάσεις μπορεί να ακούγονται ακατάληπτες ή να παρανοούνται. Σε όλες αυτές τις δυσκολίες προστίθεται το σύμπτωμα που είναι γνωστό ως ‘βούισμα’ και που παρουσιάζεται συχνά στους βαρήκοους και που όχι μόνο είναι ενοχλητικό ως θόρυβος, αλλά ‘ανταγωνίζεται’ και όλους τους άλλους ήχους που προέρχονται από τον έξω κόσμο.

Η συνεχής έκθεση ενός ατόμου σε μεγάλες εντάσεις για μεγάλα χρονικά διαστήματα, πέρα από τις φυσιολογικές βλάβες που παρουσιάζονται στο ακουστικό σύστημα, δημιουργούνται και προβλήματα στην επικοινωνία, όπως, η ομιλία γίνεται δυσκατάληπτη ειδικά στις υψηλομεσαίες και υψηλές συχνότητες (γυναικείες και παιδικές φωνές), μειώνεται η ικανότητα να εντοπίζεται η πηγή του ήχου, σε θορυβώδες περιβάλλον παρουσιάζεται αδυναμία να διακριθούν οι φωνές δυο διαφορετικών ομιλητών και τέλος, ο πάσχων εμφανίζει μειωμένη αντοχή στους δυνατούς θορύβους.**[3].** Σε γενικές γραμμές, οι ακοολογικές επιπτώσεις του θορύβου

μπορεί να είναι μια παροδική ή μόνιμη μετατόπιση του κατωφλίου ακοής ή ακόμα και μόνιμο ακουστικό τραύμα **[34].**

Οι δυσλειτουργίες οι σχετιζόμενες με την ακοή μπορούν να υπαχθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : **α)** στις ακουστικές απώλειες αγωγής (**βαρηκοΐα αγωγιμότητας**), που σχετίζονται με το εσωτερικό ή εξωτερικό αυτί, δηλ. το ηχητικό κύμα διακόπτεται πριν φτάσει στο έσω αυτί **[3].** Η βαρηκοΐα τύπου αγωγιμότητας, όπου η βλάβη εντοπίζεται στο όργανο μεταφοράς και ενίσχυσης του ήχου (έξω αυτί), δε φτάνει ποτέ στον κοχλία **[Δ9]**, δηλ. από το πτερύγιο ως την ωοειδή θυρίδα **]31]** και χαρακτηριστικό της είναι ότι μπορεί να εμφανίζεται σε όλες τις συχνότητες και μπορεί να φτάσει τα 60dB **[Δ9]** και **β)** οι νευροαισθητικές ακουστικές απώλειες (**νευροαισθητηριακή βαρηκοΐα**), δηλ. οι σχετιζόμενες με τους αισθητήριους μηχανισμούς του έσω αυτιού και με το ακουστικό νεύρο **[3].** Οφείλονται σε βλάβη των αισθητικών κυττάρων ή τριχωτών κυττάρων που υπάρχουν στο έσω ους (τον κοχλία). Η βλάβη των τριχωτών κυττάρων είναι μη αναστρέψιμη και προσβάλλονται και τα δύο αυτιά. Συνέπεια της καταστροφής των τριχωτών κυττάρων του κοχλία η ενέργεια του ήχου που φθάνει στον κοχλία δεν υφίσταται την κατάλληλη επεξεργασία ή τα νευρικά σήματα διακόπτονται, καθώς πορεύονται προς τον εγκέφαλο. Η νευραισθητήρια βαρηκοΐα επέρχεται με το γήρας, μετά από επανειλημμένες εκθέσεις σε έντονα ακουστικά ερεθίσματα, λήψη ωτοτοξικών φαρμάκων, τραυματισμό ή λοίμωξη του κοχλία ή του ακουστικού νεύρου ή από κάποια κληρονομική νόσο. **[Δ28]** και **γ) μικτού τύπου βαρηκοΐα,** που συνδυάζει τις δυο παραπάνω κατηγορίες.

«***Οι ακουστικές απώλειες αγωγής*** *έχουν την αρχή τους στο εξωτερικό και μέσο αυτί, όπου ο ήχος ενισχύεται και μεταδίδεται στον κοχλία. Οι απώλειες αυτές ελαττώνουν την ευαισθησία του ατόμου σε κάθε ήχο, οποιασδήποτε συχνότητας. Οι* ***νευροαισθητικές ακουστικές απώλειες*** *από την άλλη, λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό αυτί ή στον εγκέφαλο, ως αποτέλεσμα βλάβης των κυττάρων στο όργανο του Κόρτι ή στις ίνες του ακουστικού νεύρου ή στον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου. Μπορούν να προσβάλλουν την ακοή σε όλη τη σειρά ακουστικών συχνοτήτων ή σε ένα μέρος της, καταστρέφοντας εντελώς την ακοή ή απλώς αδυνατίζοντάς την.*

Αντίθετα, η κώφωση αγωγής – στην οποία όλες οι συχνότητες έχουν λίγο ως πολύ μειωθεί – μπορεί πράγματι να βελτιωθεί με την παρουσία θορύβων στο περιβάλλον, διότι σε ένα θορυβώδες περιβάλλον, οι άνθρωποι συνήθως μιλούν πιο δυνατά για να ακούγονται και έτσι μπορούν να γίνουν ακουστά και από τους βαρήκοους» **[3].**

Οι βαρηκοΐες ανάλογα με το βαθμό απώλειας ακοής διακρίνονται σε :

- ελαφρά βαρηκοϊα 26 -54 dB
- μέτρια βαρηκοϊα 55 -69 dB
- μεγάλου βαθμού 70 - 89 dB
- πρακτικά κώφωση από 90 dB και πάνω **[Δ9].**

Βαρηκοϊα και ομιλία : Η βαρηκοϊα ειδικά κατά την παιδική ηλικία όπου αναπτύσσεται η επικοινωνία μέσω ψυχογλωσσοκινητικών διαδικασιών, προκαλεί πτώχευση της συναισθηματικής προσαγωγής, διαταραχές στη φωνή, στο ρυθμό και στο λόγο, ενώ επηρεάζεται αρνητικά και ο γραπτός λόγος ως εξής: μη ακριβής ανάγνωση μιας λέξης, ανεπαρκής γνώση των ποικίλων εννοιών, αδυναμία οργάνωσης εκφράσεων και αλληλοσύνδεσης λέξεων, με τελικό αποτέλεσμα όλων των άνω, η χρήση λιγότερων λέξεων. Γενικά, η βλάβη της ακοής οδηγεί σε διαφοροποίηση του μηχανισμού με τον οποίο το παιδί θα οργανώσει την προσωπικότητά του, διαμέσου της αισθητηριακής αντίληψης του εξωτερικού κόσμου και με βάση πάντα τα γενετικά χαρακτηριστικά **[31].**

5.5 Αίτια βλάβης ακουστικού οργάνου

* *Σημειώνεται ότι τα παρακάτω αίτια, επιβαρύνονται αρκετά σε περιπτώσεις έκθεσης του πάσχοντος σε περιβάλλοντα με ηχορύπανση.*

α) Απόφραξη του ακουστικού πόρου, από κομμάτια κεριού που με την πάροδο του χρόνου συσσωρεύονται και σκληραίνουν, φράζοντας τον πόρο. Με έναν απλό καθαρισμό σε ειδικό ωτορινολαρυγγολόγο, αποκαθίσταται το πρόβλημα.

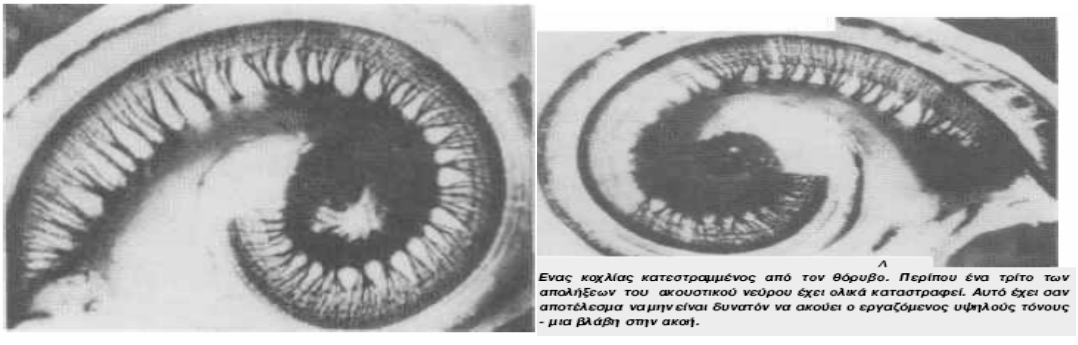
β) Διαταραχές αγωγής του μέσου αυτιού, π.χ. από μόλυνση, που θα μπορούσε να προκαλέσει προσωρινή απώλεια ακοής σε μια μέρα. Σε περίπτωση που παραμεληθεί, το μέσο αυτί μπορεί να γεμίσει υγρό και τα οστάρια στο μέσο αυτί δεν έχουν αρκετό χώρο για να κινηθούν και να μεταδώσουν παλμικές δονήσεις στο εσωτερικό αυτί. Αν η πίεση του αέρα πάνω στο ακουστικό τύμπανο είναι σοβαρή, το τύμπανο μπορεί να διαρραγεί και η βλάβη να είναι μόνιμη.

γ) Ωτοσκλήρυνση, μια από τις πιο συνηθισμένες αιτίες κώφωσης, που έχει προσβάλλει εκατομμύρια ανθρώπους, κυρίως γυναίκες ηλικίας 18 -30 χρόνων. Η ωτοσκλήρυνση είναι εξελικτική πάθηση και θεωρείται ότι έχει κληρονομική βάση. Αρχίζει σα μια σπογγώδης νεοπλασία κοντά στη βάση του αναβολέα, η οποία με τον καιρό μετατρέπεται σε κόκαλο, θέτοντας τον αναβολέα σε ακινησία. Έτσι, ακόμα και όταν η σφύρα και ο άκμονας λειτουργούν κανονικά, ο αναβολέας δε μπορεί να μεταβιβάσει αποτελεσματικά τις παλμικές δονήσεις και η ακοή διακόπτεται. Μόνη θεραπεία είναι η χειρουργική επέμβαση.

δ) Κώφωση λόγω ηλικίας, νευροαισθητικού τύπου. Ο κάθε άνθρωπος χάνει βαθμιαία την ευαισθησία του σε υψίσυχνους ήχους και αυτού του τύπου η κώφωση λέγεται ‘πρεσβυακουσία’. Σύμφωνα με μια έρευνα που διεξήχθη από τον ακουσιολόγο Φ. Σομπερ (F.W. Schober), οι περισσότεροι άνδρες και γυναίκες ηλικίας 30 ετών δε μπορούσαν να ακούσουν πάνω από 15KHz, στα 50 χρόνια το όριο έπεφτε στα 10KHz, ενώ στα 70 χρόνια στα 6KHz, οπότε σε αυτή τη συχνότητα δυσχεραίνεται η επικοινωνία.

ε) Λόγω υπέρμετρης έκθεσης σε περιβαλλοντικό θόρυβο, ο οποίος μπορεί να διαρρήξει το όργανο του Κόρτι και να καταστρέψει τα αισθητήρια κύτταρα. Ισχυρό φύσημα ή έκρηξη, π.χ. σε βιομηχανικό περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσει απότομη και πλήρη κώφωση. Υπερβολικός συνεχής θόρυβος, μπορεί να μην καταστρέψει τελείως την ακοή, αλλά να την απευαισθητοποιήσει σε πολλές συχνότητες. Επίσης μπορούν να προκληθούν κι ασθένειες του εσωτερικού αυτιού, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν ακουστική απώλεια, όπως π.χ. η νόσος του Μενιέρ, όπου ο λαβύρινθος του εσωτερικού αυτιού διευρύνεται, προκαλώντας ξαφνικές προσβολές ιλίγγου και εμβοής με ταυτόχρονη βλάβη της ακοής. Παρόλα αυτά η εν λόγω νόσος είναι μια εξαίρεση στον κανόνα των νευροαισθητικών διαταραχών **[3].**

στ) Παρενέργειες από λήψη φαρμάκων ή κληρονομικότητα.



Ενας κοχλίας κατεστραμμένος από τον θόρυβο. Περίπου ένα τρίτο των απολήξεων του ακουστικού νεύρου έχει ολικά καταστραφεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να ακούει ο εργαζόμενος υψηλούς τόνους - μια βλάβη στην ακοή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρώτη περιγραφή και εντόπισης της ακουστικής βλάβης από θόρυβο έγινε από τον Habermann το 1890 και αφορούσε σε έναν 75χρονο σιδηρουργό, ο οποίος λόγω υπερέκθεσής του στους πολύ έντονους ήχους των εργαλείων κατά τη σφυρηλάτηση, είχε προκαλέσει καταστροφή του οργάνου του Κόρτι με καταστροφή των αισθητικών τριχωτών κυττάρων και ατροφία του ακουστικού νεύρου με πλήρη εκφύλιση του ελικοειδούς γαγγλίου και των νεύρων του οστέινου ελικοειδούς πετάλου. Στην Ελλάδα, το 1982, μια έρευνα του ιατρού Σπ. Μεταξά – Αρμοδώρου στις εγκαταστάσεις του ΟΣΕ Θεσ/κης και στο «Κέντρο Ακοής και Ομιλίας» της Παν/κης ΩΡΛ κλινικής του νοσοκομείου ΑΧΕΠΑ, που αφορούσε στον έλεγχο της ακουστικής ικανότητας 439 εργαζομένων που υφίσταντο τον θόρυβο του ΟΣΕ, έδειξε ότι 240 από αυτούς εμφάνισαν μέχρι και ελαφρού βαθμού ακουστική αναπηρία από τον θόρυβο και το 16% ανέφερε εμβοές του ενός ή και των δυο αυτιών **[Δ11].**

Μια ακόμη έρευνα διεξήχθη από ερευνητές του Ινστιτούτου Φαρμακευτικής για Νοσήματα στον Επαγγελματικό Χώρο (Institute for Occupational Medicine) στο Πανεπιστήμιο Heinrich του Ντύσσελντορφ, όπου εξετάστηκαν 1.800 άνδρες ηλικίας από 16 -24 ετών, σε διάφορα γραφεία στρατολογίας ανά τη χώρα (Γερμανία). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ¼ από αυτούς είχε κάποιο ποσοστό απώλειας ακοής και από αυτούς το μεγαλύτερο ποσοστό είχε εκτεθεί σε μεγάλες ηχητικές εντάσεις. Σε μια δεύτερη έρευνα από το ίδιο Ινστιτούτο, βρέθηκε ότι μαθητές που άκουγαν μουσική στο σπίτι τους για περισσότερο από δυο ώρες την ημέρα και επισκέπτονταν κέντρα διασκέδασης μια φορά την εβδομάδα, είχαν μια μείωση της τάξης των 10dB στην ακουστική τους ευαισθησία, κυρίως μεταξύ 3-6kHz, κάτι που ίσως να εμποδίζει ένα άτομο να διακρίνει τους ήχους των γραμμάτων ‘Σ’ και ‘Φ’ **[Δ6].**

Μια καθημερινή μορφή θορύβου, που οι άνθρωποι τον βρίσκουν ιδιαίτερα ενοχλητικό είναι ο ήχος που διαταράσσει την ομιλία. Ο κρότος του υπόγειου σιδηρόδρομου μπορεί να μην ενοχλεί έναν επιβάτη του που διαβάζει την εφημερίδα του, αλλά εξοργίζει τους γείτονές του, που θέλουν να κουβεντιάσουν.

Σε μια έρευνα σχετική με τις αντιδράσεις ατόμων στο θόρυβο αεροπλάνου, μόνο 37% των εξεταζομένων ανέφεραν ερεθισμό στα 60dB, όταν όμως η ένταση φτάσει στα 79dB, 88% των ατόμων ανέφεραν ερεθισμό**.**

«Η κώφωση των λεβητοποιών»

Ήχοι 160dB μπορούν να προκαλέσουν κώφωση, είτε από ρήξη του ακουστικού τυμπάνου, είτε από βλάβη του οργάνου του Κόρτι. Κι όπως έχει ήδη αναφερθεί, μερικές ώρες έκθεσης σε ήχους χαμηλότερης έντασης μπορεί να προκαλέσουν προσωρινή απώλεια ακοής. Η έκθεση σε έντονο ήχο για πολλά χρόνια για αρκετές ώρες, μπορεί να οδηγήσει σε μόνιμη απώλεια της ακοής που είναι γνωστή ως 'κώφωση των λεβητοποιών'. Αν και σήμερα, στον επαγγελματικό χώρο, λαμβάνονται περισσότερα μέτρα από ότι στο παρελθόν, με κράνη, ωτοασπίδες, εκλεκτικούς αραιωτές (μικροσκοπικά προστατευτικά πώματα με σιλικόνη, που επιτρέπουν στους ήχους χαμηλής έντασης να περνούν, όχι όμως αυτών με υψηλή) και συχνά ακουστικά τεστ, οι επιπτώσεις του θορύβου δε φαίνεται να έχουν μειωθεί δραστικά. **[3].**

5.6 Άλλες βλάβες και επιρροές της ηχορύπανσης πέραν της ακουστικής (non-auditory effects) [3]

Εκτός από τις βλάβες στην ακοή, οι δυνατοί ήχοι έχουν και άλλα φυσικά επακόλουθα. Οι **μη ακουστικές επιδράσεις** αφορούν κυρίως το νευρικό σύστημα, τις ψυχικές λειτουργίες, το κυκλοφορικό, το γαστρεντερικό, το ενδοκρινικό και άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Ήχοι έντασης 140dB δημιουργούν ορισμένες δυσάρεστες αισθήσεις, όπως αίσθημα κραδασμού στο κεφάλι, δυνατό πόνο στο μέσο αυτί, απώλεια ισορροπίας, ναυτία, ενώ απότομοι ήχοι πολύ χαμηλότερης έντασης (π.χ. ο ήχος μιας κροτίδας) μπορούν να προκαλέσουν αύξηση πίεσης αίματος (αυξάνοντας τον κίνδυνο για καρδιαγγειακό επεισόδιο), καρδιακών παλμών και εφίδρωσης, ελάττωση ροής σιέλου και γαστρικών υγρών με διαταραχές στην πέψη και απότομες συσπάσεις μυών. Ωστόσο, οι αντιδράσεις εξασθενούν όταν το άτομο εκτίθεται επανειλημμένα στους ήχους αυτούς **[3]**. **«Δ***ιεθνή επιδημιολογική έρευνα, που διεξήχθη σε περιοχές που γειτονεύουν με διεθνή αεροδρόμια, κατέδειξαν ότι όσοι κατοικούσαν για πέντε ή και περισσότερα χρόνια σε αυτές τις περιοχές είχαν υψηλότερη συστολική («μεγάλη») αρτηριακή πίεση σε σχέση με όσους δεν ζουν κοντά σε αεροδρόμιο. Στην έρευνα συμμετείχε και το Τμήμα Επιδημιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών που έκανε μετρήσεις σε περιοχές γύρω από το «Ελευθέριος Βενιζέλος».*

Για τη σχέση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης με την υπέρταση και γενικότερα τις καρδιαγγειακές παθήσεις αναφέρθηκαν ο πρόεδρος της Ελληνικής Αντιυπερτασικής Εταιρείας, επίκουρος καθηγητής και διευθυντής της Καρδιολογικής Κλινικής του Λαϊκού κ. Βασίλης Βοττέας, ο διευθυντής του Καρδιολογικού Τμήματος στο νοσοκομείο «Μεταξά» κ. Δημήτρης Σταμάτης, η κλινική υπερτασιολόγος στο Γενικό Κρατικό Αθηνών κα Σοφία Βογιάκη, και ο καρδιολόγος αναπληρωτής διευθυντής στο νοσοκομείο Σωτηρία κ. Δημήτρης Τσαγκαδόπουλος, με αφορμή το 5ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Υπέρτασης. Όπως είπε ο κ. Σταμάτης, εξαιτίας της μόλυνσης του περιβάλλοντος αυξάνεται η νοσηρότητα και η θνητότητα από καρδιαγγειακά αίτια και εκτιμάται ότι έως το 2020, η ρύπανση θα έχει στοιχίσει 8.000.000 ζωές παγκοσμίως.

Οι ομιλητές ανακοίνωσαν και τα πρώτα αποτελέσματα της έρευνας «Hypertenshell» που διεξήχθη σε δείγμα 11.950 Ελλήνων ηλικίας άνω των 17 ετών. Ειδικότερα, το 31% των συμμετεχόντων είχαν υπέρταση. Από αυτούς το 40% δεν γνώριζαν για την πάθησή τους, το 12% γνώριζαν αλλά δεν ακολουθούσαν φαρμακευτική αγωγή και το 33% λάμβαναν φάρμακα χωρίς όμως να ρυθμίζουν την πίεση» **[Δ1].**

Το σημαντικότερο όμως γεγονός που προκύπτει από τις έρευνες των τελευταίων χρόνων είναι ότι ο θόρυβος μπορεί να είναι βλαβερός, όχι μόνο σε μεγάλες εντάσεις, αλλά και σε χαμηλές, όταν αυτές υφίστανται συνεχώς και για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ,WHO) έχει αναθεωρήσει τις οδηγίες του για τα ασφαλή επίπεδα θορύβου στο πλαίσιο της εμφάνισης νέων ερευνών, μειώνοντας το μέσο επίπεδο θορύβου κατά τη διάρκεια της νύχτας, από 35 σε 30dB(A) με μέγιστη τιμή τα 45dB(A). Οι νέες αυτές έρευνες αποδεικνύουν τη σύνδεση θορύβου και διαταραχών υγείας, όχι μόνο σε σωματικό, αλλά και σε ψυχολογικό επίπεδο. Σε μια έρευνα που δημοσιεύτηκε το 1995 στο περιοδικό Psychological Science, ο ερευνητής Gary Evans από το Κολλέγιο Ανθρώπινης Οικολογίας του Πανεπιστημίου Cornell στη Ν.Υόρκη, μαζί με τους συνεργάτες του, βρήκε ιδιαίτερα αυξημένα επίπεδα αρτηριακής πίεσης και ανδρεναλίνης – παράγοντες που συνδέονται με το στρες- σε παιδιά που κατοικούσαν κοντά στο αεροδρόμιο του Μονάχου, συγκριτικά με συνομήλικα παιδιά που κατοικούσαν σε ησυχότερες περιοχές. Όταν το εν λόγω αεροδρόμιο έκλεισε για να μεταφερθεί και να λειτουργήσει αλλού, δυο χρόνια μετά, οι ειδικά ανακάλυψαν ότι στο διάστημα των δυο αυτών χρόνων, τα παιδιά ξεπέρασαν τα προβλήματα που είχαν δημιουργηθεί από τον

θόρυβο εναέριας κυκλοφορίας, προβλήματα όμως που απέκτησαν τα άλλα παιδιά, που έμεναν κοντά στο καινούργιο πλέον αεροδρόμιο.

Η ηχορύπανση, αν και σοβαρό πρόβλημα, δεν της έχει δοθεί η απαραίτητη σημασία, λόγω του ότι οι επιδράσεις της δεν έχουν αναμφισβήτητα συνδεθεί με κάποιες ασθένειες, αλλά έχουν παρατηρηθεί και συγκριθεί (το ηχητικό ερέθισμα με το αποτέλεσμα). Η πολυπλοκότητα του θέματος έγκειται στο ότι π.χ. στην περίπτωση της οδικής κυκλοφορίας, δεν είναι ξεκάθαρο αν η εμφάνιση ασθενειών προκύπτει από την ηχορύπανση, αφού η ηχορύπανση συνυπάρχει ταυτόχρονα με την ατμοσφαιρική ρύπανση, διαταραγμένες κλιματολογικές αλλαγές, κλπ. **[Δ7].** Δηλαδή, οι φυσιολογικές και ψυχολογικές επιδράσεις στους ανθρώπους, δε παρουσιάζονται κατά τρόπο ξεκάθαρο, αλλά σταδιακά, ώστε είναι δύσκολο να γίνει σύνδεση αιτίου – συνέπειας **[4].** Ίσως η πιο επιτυχημένη ερμηνεία του φαινομένου να είναι αυτή της Valerie Gibson, υπεύθυνη του Δικτύου Θορύβου (Noise Network) στη Μ.Βρετανία: *«Μερικοί άνθρωποι επηρεάζονται από την ηχορύπανση με τον ίδιο τρόπο που η ατμοσφαιρική μόλυνση επηρεάζει κάποιον με άσθμα, ενώ κάποιους άλλους, τους αφήνει ανεπηρέαστους»*. Το μόνο σίγουρο πάντως είναι ότι όπως σε κάθε είδος ρύπανσης, έτσι κι εδώ, οι ευπαθείς ομάδες (έγκυες γυναίκες, παιδιά, ηλικιωμένοι, ασθενείς) είναι περισσότερο επιρρεπείς στην εμφάνιση παρενεργειών από την ηχορύπανση **[Δ7].** Παρόλα τα μέτρα που τα τελευταία χρόνια έχουν ληφθεί από διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (Ολλανδία, Αυστρία, Βέλγιο, Σουηδία), τα αποτελέσματα από την ηχορύπανση είναι ανησυχητικά, αφού με σχετικά πρόσφατα ευρήματα του ΠΟΥ, η μακροπρόθεσμη έκθεση σε κυκλοφοριακό θόρυβο, μπορεί να ευθύνεται για το 3% των θανάτων από καρδιακή προσβολή στην Ευρώπη, δηλ. περίπου 210.000 ατόμων **[Δ8].** Το θετικό σημείο στην αντιμετώπιση του φαινομένου της ηχορύπανσης, έγκειται στη δημιουργία όλο και περισσότερων συσπειρωμένων και συνειδητοποιημένων συλλόγων, φορέων οργανισμών και λοιπών ομάδων, οι οποίες γεννήθηκαν από την αφύπνιση των απλών πολιτών, για να καταλήξουν σε έμπρακτες δραστηριότητες και έρευνες από κρατικά όργανα στον τομέα αυτό, αλλά και αναθεώρηση ή και θέσπιση νόμων για την προστασία των ανθρώπων από την ηχορύπανση.

Όσον αφορά πάλι, στις αντιδράσεις του ανθρώπινου οργανισμού, η πιο γνωστή φυσική σωματική αντίδραση σε ενοχλητικό ήχο είναι αυτή που καλείται **‘αντίδραση**

εκπλήξεως', όπου το κεφάλι τινάζεται προς τα εμπρός, το πρόσωπο συσπάται σε μορφασμό, οι καρδιακοί παλμοί επιταχύνονται, η αναπνοή κόβεται, το σάκχαρο του αίματος αυξάνει και οι μύες τεντώνεται από το κεφάλι ως τα γόνατα, και όλα αυτά σε 1 δευτερόλεπτο. Αλλά ο θόρυβος, μπορεί επίσης να προσβάλλει το σώμα με τρόπους που είναι μεν λιγότερο αντιληπτοί, αλλά προκαλούν διαταραχές, όπως στην περίπτωση ενός σταθερού μέτριου θορύβου που περιέχει μια ευρεία σειρά συχνοτήτων (όπως τα στατικά ραδιοκύματα), ο οποίος τείνει να συσπά τα αιμοφόρα αγγεία του δέρματος και μπορεί να προσβάλλει και την όραση (διαταράσσουν την αντίληψη βάθους και τον εστιασμό για σύντομα χρονικά διαστήματα) **[3].**

Όταν ο εγκέφαλος βρίσκεται σε κατάσταση στρες εξαιτίας μια πιεστικής κατάστασης, συμπεριλαμβανομένου και του θορύβου, τότε ακολουθούνται κάποια στάδια μέχρι την επιστροφή του οργανισμού στην αρχική του κατάσταση ηρεμίας. Αυτά είναι:

- Έκκριση ανδρεναλίνης
- (Εσωτερική) ομοιόσταση, όταν δηλ. ο εγκέφαλος νιώσει κίνδυνο, εκκρίνει διάφορες βιοχημικές ουσίες, προσπαθώντας να φέρει τον οργανισμό σε ισορροπία. Αν αυτό δε συμβεί, ο οργανισμός συνεχίζει να βρίσκεται σε γυρεογόνο κατάσταση
- Δράση συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού συστήματος. Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα (SUNS) διεγείρει το νευρικό σύστημα, ενώ το παρασυμπαθητικό (PNS), το θέτει σε ηρεμία. Το δυο αυτά συστήματα διατηρούν τη μεταβολική ισορροπία, κάνοντας τις απαραίτητες προσαρμογές, όποτε ανιχνεύεται διαταραχή. Οι λειτουργίες τους γίνονται από τις ορμόνες που παράγονται από τους ενδοκρινείς αδένες και σε περίπτωση παρατεταμένης παραμονής τους στον εγκέφαλο, επιτείνουν το στρες, καταστρέφοντας ακόμη και κύτταρα στις εγκεφαλικές περιοχές μνήμης και μάθησης.
- Συναισθηματικός εγκέφαλος (emotional brain), αναφέρεται στο μεταιχμιακό σύστημα (limbic system) που ρυθμίζει το μεταβολισμό μέσω των ενδοκρινών αδένων.
- Σημάδια στρες από τον εγκέφαλο: Ο εγκέφαλος ενεργοποιεί μια ομάδα μηχανισμών, μέσω των οποίων παράγεται επινεφρίνη, αλλά και άλλες ορμόνες,

που αυξάνουν την αναπνοή, τους καρδιακούς παλμούς, την αρτηριακή πίεση, τα επίπεδα γλυκόζης και λιπαρών οξέων και ευνοούν τη ροή αίματος εμπλουτισμένου με οξυγόνο προς τον εγκέφαλο και τους μύες.

- Αφού λοιπόν ο οργανισμός έχει περιέλθει σε κατάσταση εγρήγορσης αντιμετωπίζει το στρεσογόνο ερέθισμα και επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση ηρεμίας.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι το στρες που προέρχεται από 'αρνητικές καταστάσεις', όπως η θέαση ενός βίαιου βίντεο ή η συνεχής έκθεση σε θόρυβο, εξασθενεί το ανοσοποιητικό σύστημα, ενώ το άγχος που προέρχεται από 'θετικές καταστάσεις', όπως π.χ. η επιθυμία για επιτυχία σε ένα τεστ δεξιοτήτων, ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα, σύμφωνα με σχετική έρευνα του Πανεπιστημίου του Οχάιο. Επίσης, υπάρχει και το Long QT Syndrome (LQTS), το οποίο είναι μια δυσλειτουργία της καρδιάς, που 'ενεργοποιείται' από ξαφνικό δυνατό θόρυβο. Ο Δρ. Michael Vincent, ειδικός στο LQTS, αναφέρει ότι στο εν λόγω σύνδρομο, η 'ηλεκτρική ανάκαμψη της καρδιάς' μετά από κάθε κτύπο, διαρκεί περισσότερο από το κανονικό. Αυτή η παράταση στη διάρκεια, καθιστά τους ασθενείς με LQTS ευάλωτους σε αρρυθμίες. Ως συνέπεια, καθόλου αίμα δεν εξάγεται από την καρδιά, ο εγκέφαλος δεν οξυγονώνεται αφού σε αυτόν δεν παρέχεται αίμα, με αποτέλεσμα η κατάσταση να εξελίσσεται σε καρδιοεγκεφαλικό επεισόδιο. ΄Ήχοι που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ένα τέτοιο επεισόδιο είναι σειρήνες, δυνατός ήχος τηλεφώνου, ακόμα και πολύ δυνατό ξυπνητήρι (ως απροσδόκητοι ήχοι). Στις ΗΠΑ υπολογίζεται ότι 3.000 άτομα κάθε χρόνο πεθαίνουν από LQTS, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι παιδιά και νεαροί ενήλικες **[Δ23].**

Επίσης, έρευνες μεγάλων επιστημόνων (Vallet M., 1979, Psycho physiological 1979, Effects of exposure to Aircraft or to Traffic noise. Proc.Inst.Acoustics Vol.3, pp 1-4) δείχνουν ότι άνθρωποι που διαμένουν μόνιμα κοντά σε αυτοκινητόδρομους και αεροδρόμια, παρουσιάζουν μείωση του χρόνου και REM (Rapid Eye Movement) ύπνου **[Δ10]**, όπου ο REM ύπνος είναι η φάση του ύπνου στην συμβαίνουν τα όνειρα και αυτός που κοιμάται εμφανίζει συνδυασμένες ταχείες κινήσεις των οφθαλμών, καταλαμβάνοντας το 1/5 έως ¼ της ολικής διάρκειας του ύπνου **[22].** Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι ο σταθερός θόρυβος βλάπτει τον μεταβολισμό του σώματος, διότι επιταχύνει τη λειτουργία των επινεφριδίων **[3].** Ο θόρυβος μπορεί επίσης να

παρεμποδίσει την διαδικασία μάθησης, σε μαθητές που βρίσκονται σε σχολικές εγκαταστάσεις με κακή ακουστική και έκθεση σε περιβαλλοντικό θόρυβο. Ειδικά στην Ελλάδα, Τόσο στην πρωτοβάθμια, όσο και στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, η πρόβλεψη για την καλή ακουστική του χώρου κατά την ανέγερση σχολικών συγκροτημάτων είναι έρχεται σε δεύτερη μοίρα, απουσιάζοντας ουσιαστικά η έλλειψη συστηματικής μελέτης στον τομέα αυτό. Ως αποτέλεσμα, τα παιδιά παρουσιάζουν έλλειψη συγκέντρωσης λόγω παρεμπόδισης του λόγου και της ακοής, αλλά και εγκατάλειψη της προσπάθειας για μάθηση (noise avoidant learning). **[*«Η ακουστική των αιθουσών διδασκαλίας και οι επιπτώσεις της στην επικοινωνία»* *Γιώργος Ε. Καμπουράκη*ς] [44].**

Σε εργαστηριακές και επιτόπιες εργασίες του R.Page στο Οχάιο των ΗΠΑ έφεραν στο φως μια σημαντική μείωση των ‘πράξεων βοηθείας’ (θετική κοινωνική συμπεριφορά) ως συνέπεια της ηχορύπανσης. *«Κατά την διάρκεια ενός περιπάτου στην Πανεπιστημιούπολη, μία ομάδα φοιτητών υποβαλλόταν σε ισχυρότατους θορύβους (100dBA) ενώ μία άλλη σε χαμηλούς (50 dBA). Η πράξη βοηθείας ήταν να περισυλλέξουν τα βιβλία που ένα τραυματισμένο άτομο άφηνε σκόπιμα να πέσουν. Απεδείχθη ότι μόνο το 35% των φοιτητών του υψηλού θορύβου περισυνέλεξαν τα βιβλία, ενώ το ποσοστό ήταν 60% για αυτούς της χαμηλής εντάσεως ήχου. Επίσης η συνεχής έκθεση σε θόρυβο μειώνει την απόδοση και την μάθηση. Σε μία ειδική μελέτη που έγινε στη Γαλλία για λογαριασμό του Υπουργείου Περιβάλλοντος, διεπιστώθη ότι, μετά ένα χρόνο εκθέσεως στο θόρυβο κατά την διάρκεια μαθήματος, οι μαθητές παρουσίασαν αδυναμίες στην προσπάθεια λύσεως των προβλημάτων και των διαγωνισμάτων που απαιτούσαν προσοχή. Παρουσίαζαν επίσης αφηρημάδα, επιρρέπεια στην απογοήτευση, επιθετικότητα και ανορεξία εργασίας μέσα στην τάξη. Σε μία άλλη μελέτη στην Αμερική που αφορούσε στις επιδράσεις του θορύβου επίσης στην μάθηση, διεπιστώθη ότι τα παιδιά που έμεναν στους κάτω ορόφους πολυκατοικίας 32 ορόφων, που ήταν κτισμένη δίπλα σε ανισόπεδη διάβαση, (και ήταν εκτεθειμένα σε μεγαλύτερο θόρυβο) είχαν μικρότερους βαθμούς από τα παιδιά των υψηλοτέρων ορόφων.*

Επιπλέον, σε πολυκεντρική επιδημιολογική μελέτη μεταξύ των ετών 2001-2003 σε 89 σχολεία που βρίσκονταν γύρω από αεροδρόμια (Μαδρίτης, Άμστερνταμ, Λονδίνου) με 2010 παιδιά ηλικίας 9-10 ετών, απεκαλύφθη ισχυρή ένδειξη της σχέσεως, μεταξύ αμέσου

εκθέσεως στον θόρυβο των αεροπλάνων και της αναγνώσεως –κατανοήσεως κειμένου (δημοσιεύτηκε στο Am. J Epidemiol 2006). Επίσης, κόπωση, επιθετικότητα και συγκινησιακό στρες, κατάθλιψη και κρίσεις πανικού, υπέρταση είναι αποδεδειγμένες επιδράσεις της συχνής ή συνεχούς έκθεσης στον υπερβολικό θόρυβο» **[Δ11].**

Ένα παράδειγμα ψυχολογικού τραύματος από την ηχορύπανση, έρχεται να δώσει η έρευνα του Jenkins και της ομάδας του στο Ινστιτούτο Ψυχιατρικής του Λονδίνου (Jenkins et al.,1979, Comparison of Three studies of Aircraft Noise and Psychiatric Hospital Admissions conducted in the same area, Psychol.Med Vol.0 pp. 681-693). Συγκεκριμένα, έγιναν δυο μελέτες στην περιοχή του Λονδίνου, στην περιοχή του αεροδρομίου του Χήθροου. Αυτές οι μελέτες περιείχαν συγκριτικά ποσοστά εισαγωγής των κατοίκων που ζούσαν κοντά στο αεροδρόμιο, στην Ψυχιατρική Κλινική του Σπρίνγκφιλντ. Παρατηρήθηκε λοιπόν, ότι στις συνοικίες που τα επίπεδα θορύβου ήταν αυξημένα, αυξημένα ήταν επίσης και τα ποσοστά εισαγωγής στην Κλινική. Και αυτό, γιατί ο θόρυβος από τα αεροδρόμια, δεν διαταράσσει μόνο τον ύπνο, αλλά και την πνευματική διαύγεια του ατόμου καθώς και την ικανότητά του για συγκέντρωση και μάθηση. Παρόλα αυτά, δεν είναι εύκολο να απομονωθεί ή να περιοριστεί ο εν λόγω θόρυβος, λόγω των οικονομικών ωφελούν που αποδίδει. Για παράδειγμα, στο τέλος του 1971 στις ΗΠΑ, τα έσοδα μόνο από τις προγραμματισμένες πτήσεις έφτασαν τα 10 εκατ. δολλάρια με 300.000 εργαζόμενους στον τομέα αυτόν. Χωρίς την ύπαρξη των αεροδρομίων, πέραν της πρακτικής αναγκαιότητάς των, πλήττεται και η οικονομία, ο τουρισμός, η επιχειρηματικότητα, σύμφωνα πάντα με μελέτες ειδικών. **[Δ10]**

Ένα ασυνήθιστο, αλλά όχι περίεργο περιστατικό που επίσης ξεδιπλώνει τις ύπουλες ψυχολογικές επιδράσεις της ηχορύπανσης είναι αυτό της μεσήλικης γυναίκας από το Σόχο της Ν.Υόρκης, η οποία παραπονιόταν συχνά στις τοπικές Αρχές για το θόρυβο της γειτονικής ντισκοτέκ, αλλά δεν της έδιναν καμία σημασία, με αποτέλεσμα λίγο καιρό αργότερα να αυτοκτονήσει, αλλά και ενός εργάτη από το Middlesex, που από 30-40dB που ήταν και ο περιβαλλοντικός θόρυβος, ανέβηκε στα 80-90dB όταν κατασκευάστηκε αυτοκινητόδρομος λίγα μέτρα από το σπίτι του, με αποτέλεσμα να αυτοκτονήσει και αυτός, αφήνοντας σημείωμα ότι το έκανε γιατί δεν άντεχε άλλο τον θόρυβο…(Connel, 1972, The biological effects of noise. Paper given at the Annual Meeting of the British Association for the Advancement of Science). **[Δ10].**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΑΚΟΟΜΕΤΡΙΑ





Εισαγωγικές έννοιες στην Ακοομετρία – Παράθεση πειραματικών ακοομετρήσεων – Συμπεράσματα

Πρόλογος 6ου Κεφαλαίου

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει επιβάλει στον άνθρωπο την ακούσια ανοχή του σε καταστάσεις επιβαρυντικές για την υγεία, ως έμμεσο τίμημα μιας τεχνολογικά πιο εκσυγχρονισμένης και άνετης ζωής. Παράλληλα, η επιστήμη συμβαδίζοντας με τις τρέχουσες ανάγκες έχει εισάγει τρόπους παρακολούθησης και θεραπείας παθήσεων που είναι απόρροια του σύγχρονου τρόπου ζωής. Η ηχορύπανση, που τα τελευταία χρόνια έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις, διαταράσσει την ισορροπία του σώματος και ειδικά την ακοή. Εστιάζοντας λοιπόν, στο ανθρώπινο αυτί γίνεται στο κεφάλαιο αυτό μια εισαγωγική αναφορά στα είδη ακοομετρίας και πως αυτά βοηθούν στην εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων σχετικά με τις βλάβες στην ακοή.

Τέλος, παρατίθενται 6 δείγματα ατόμων (3 από αστικό κέντρο και 3 από ύπαιθρο), όπου γίνεται μια συγκριτική μελέτη της κατάστασης της ακοής τους –λαμβάνοντας υπόψη και το ιστορικό τους- σε σχέση με τα επίπεδα θορύβου που αυτοί εκτίθενται, σε συνδυασμό με ειδικά ερωτηματολόγια, για πιο ακριβή ανάλυση των συμπερασμάτων.

6.1 Εισαγωγικές έννοιες

Ο ακοομετρητής δεν είναι μια συσκευή που συνδεόμενη με τον ασθενή μας δίνει αυτόματα την ακριβή τιμή της ακουστικής του απώλειας σε κάθε συχνότητα, αλλά ένα εργαλείο, που στα χέρια ενός ειδικού ακοολόγου, θα δώσει κάποια στοιχεία για τον βαθμό και τον τύπο βαρηκοΐας του εξεταζόμενου. Το τελικό αποτέλεσμα της μέτρησης που είναι το ακοόγραμμα, δεν φωτογραφίζει ακριβώς την ακουστική απώλεια του ασθενούς, αλλά βοηθάει την εκτίμηση του ειδικού, δίνοντας του πληροφορίες της ακουστικής συμπεριφοράς του εξεταζομένου κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας. Υπάρχουν συγκεκριμένοι κανονισμοί που έχουν προταθεί από εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς που καθορίζουν τις μεθοδεύσεις για την ακοομέτρηση, όπως το ASHA (American Speech Language Hearing Association) για ακοομετρικές εκτιμήσεις (1978) και το BSA (British Society of Audiology education committee) (1978).

6.2 Ακοομετρικές εξετάσεις

Για τον έλεγχο της ακοής υπάρχουν σήμερα οι παρακάτω διαθέσιμες ακοομετρικές εξετάσεις:

Τονική ακοομετρία. Σε αυτήν, χρησιμοποιούνται ακοομετρητές που ελέγχουν τις συχνότητες 125,250,1000,2000,4000,8000Hz και με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η αέρινη και οστέινη οδός και με βάση τον τύπο των καμπυλών, χαρακτηρίζεται το είδος βαρηκοΐας. **[34]**

Οι βαρηκοΐες ανάλογα με το βαθμό απώλειας ακοής διακρίνονται σε :

- ελαφρά βαρηκοϊα 26 -54 dB
- μέτρια βαρηκοϊα 55 -69 dB
- μεγάλου βαθμού 70 - 89 dB
- πρακτικά κώφωση από 90 dB και πάνω **[Δ9].**

Υπερουδική ακοομετρία. Αφορά στη νευροαισθητηριακή βαρηκοϊα και διευκρινίζει μέσω του φαινομένου της recruitment (ακουστική εξίσωση) και της απόσβεσης τόνου (tone decay), το αν η βλάβη αφορά στον κοχλία ή είναι οπισθοκοχλιακή, δηλ.

κεντρική. ***Φαινόμενο recruitment:*** Με αυτή τη μέθοδο, ο εξεταζόμενος θα πρέπει να συγκρίνει την ακουστότητα του χορηγούμενου ήχου με την ακουστότητα κάποιου άλλου ήχου αναφοράς. Με την προοδευτική αύξηση έντασης του τόνου στο 'καλύτερο' αυτί και καθορίζοντας ταυτόχρονα την ένταση που απαιτείται, ώστε να εξισορροπείται η ακουστότητα σε κάθε βαθμίδα, πέντε πιθανές περιπτώσεις μπορεί να συμβούν: **α)** να απαιτείται συνεχώς ίδιο επίπεδο και στα δυο αυτιά για ίση ακουστότητα (αποτέλεσμα *αρνητικό για ακουστική εξίσωση*), **β)** να απαιτούνται λιγότερα dBSL στο παθολογικό αυτί για να εξισορροπηθεί η ακουστότητα σε σχέση με το φυσιολογικό (αποτέλεσμα *θετικό για ακουστική εξίσωση*), **γ)** να απαιτούνται συνεχώς περισσότερα dBSL στο παθολογικό αυτί σε σχέση με το φυσιολογικό για ίση ακουστότητα (αποτέλεσμα *με αναστροφή ακουστικής εξίσωσης*) **δ)** να εξισορροπηθεί η ακουστότητα τόνου μεταξύ των δυο αυτιών (αποτέλεσμα με *πλήρη ακουστική εξίσωση*) **ε)** πάνω από το επίπεδο των dBHL όπου επιτεύχθηκε πλήρης ακουστική εξίσωση, να εξακολουθούν να απαιτούνται λιγότερα dBSL στο παθολογικό αυτί, συγκριτικά με τα απαιτούμενα στο φυσιολογικό αυτί για ίση ακουστότητα (αποτέλεσμα με *αυξανόμενη ακουστική εξίσωση*). Η εμφάνιση του φαινομένου recruitment αποτελεί συνήθως ένα ενδεικτικό στοιχείο κοχλιακής βλάβης (π.χ. στη νόσο Meniere), χωρίς αυτό βέβαια να αποκλείει και την παρουσία οπισθοκοχλιακής βλάβης. Αντίθετα, η παρουσία *αναστροφής ακουστικής εξίσωσης* και απουσία *ακουστικής εξίσωσης*, είναι ισχυρά ενδεικτικά στοιχεία οπισθοκοχλιακής βλάβης.

Αντικειμενική ακοομετρία. Περιλαμβάνει την **α) τυμπανομετρία**, όπου μετράται η αντίσταση του συστήματος τυμπανικού υμένα – οσταρίων. Όταν υπάρχει βλάβη, αλλάζει το ποσό της ηχητικής ενέργειας που ανακλάται. Από την τυμπανομετρία προκύπτει το τυμπανόγραμμα, που απεικονίζει γραφικά τις μεταβολές της ακουστικής αντίστασης στις αλλαγές της πίεσης του αέρα στον έξω ακουστικό πόρο. Η κορφή της καμπύλης του τυμπανογράμματος (δηλ. το μέγιστο σημείο ακουστικής αντίστασης), μπορεί συχνά να διαφέρει από την πραγματική πίεση στο αυτί, κυρίως λόγω τεχνικών λόγων, αλλά και των μεταβολών της πίεσης στο μέσο αυτί και **β) τα ανακλαστικά του μυός του αναβολέα**, όπου δίνοντας ήχους στο ένα αυτί, συσπάται

ο μυς του αναβολέα και στα δυο αυτιά, προκαλώντας έτσι μια αλλαγή στην τυμπανομετρία. Το ανακλαστικό αυτό, ξεκινά από τα 70-80dB και πάνω.

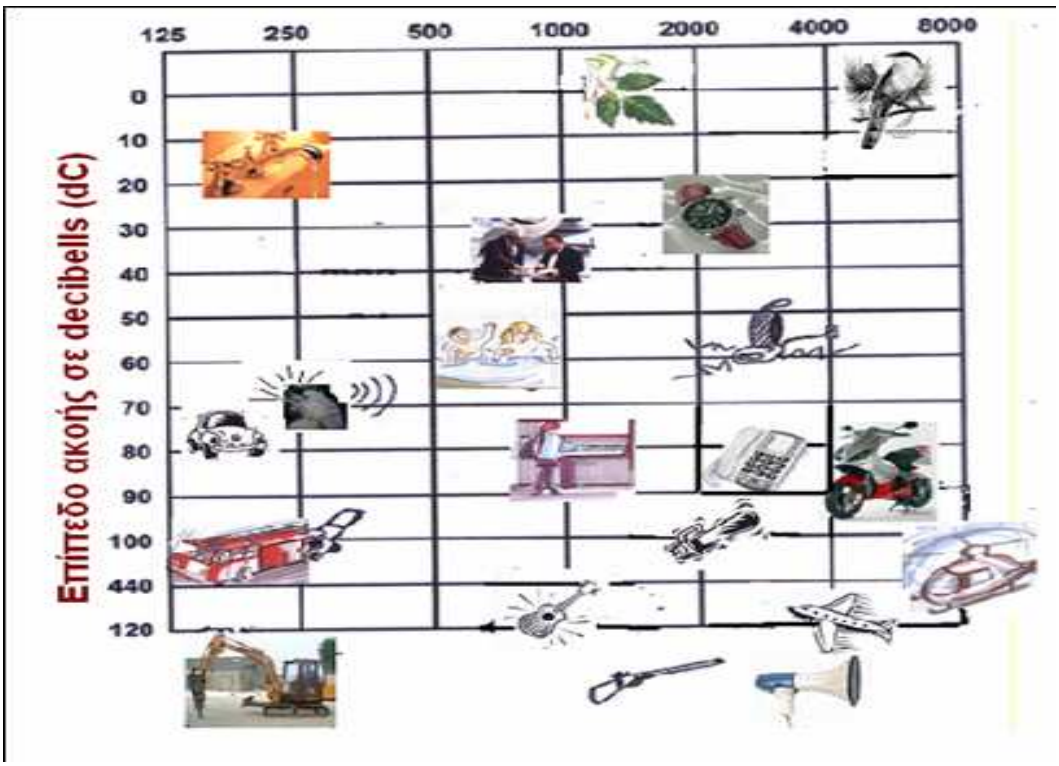
Ακουστικά προκλητά δυναμικά. Αποτελεί μια μέθοδο καταγραφής και εκτίμησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας του κοχλιακού νεύρου και τμημάτων του εγκεφαλικού στελέχους, όταν του χορηγείται ακουστικό ερέθισμα. Τα δυναμικά που παράγονται ως αποτέλεσματα αυτής της μεθόδου, ονομάζονται *Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά του Εγκεφαλικού Στελέχους*.

Δοκιμασία απόσβεσης τόνου. Το tone decay ή απόσβεση τόνου, ορίζεται ως η ελάττωση της ευαισθησίας σε επίπεδο ουδού, ως αποτέλεσμα της παρουσίας ενός μόλις ακουστού ήχου. Εκφράζεται με τη «*διαφορά των dB του αρχικού ουδού του χορηγούμενου τόνου και των dB που απαιτούνται ώστε ο χορηγούμενος τόνος να παραμείνει ακουστός για 60 δευτερόλεπτα*». Τιμές απόσβεσης τόνου μεταξύ 0 και 10dB θεωρούνται φυσιολογικές, ενώ από 10 -25dB, δεν αποκλείεται η παρουσία ή συνύπαρξη κοχλιακής βλάβης. **[34]**

6.3 Ερμηνεία σημαντικών όρων ακοομετρίας

Ακοογράφημα. Το ακοογράφημα είναι μια γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη μέτρηση της ακουστικής ικανότητας ενός ατόμου σε σχέση με διάφορες ακουστικές συχνότητες και εντάσεις ήχου. Στην αριστερή πλευρά του γραφήματος στις συχνότητες 125 και 250Hz καταγράφονται οι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων ή οι χαμηλοί τόνοι. Στη δεξιά, καταγράφονται οι υψηλές συχνότητες (υψηλοί τόνοι) 4000-8000 Hz Οι εντάσεις του ήχου που μπορεί να εξεταστεί ο ασθενής είναι καταγραμμένες στην αριστερή κάθετη γραμμή του γραφήματος. Όσο κατεβαίνουν οι αριθμοί στη γραμμή τόσο αυξάνει και η ένταση του ήχου. Το κατώτερο όριο ακοής μιας συχνότητας που αντιλαμβάνεται ο ασθενής σημειώνεται με έναν κύκλο. Συνδέοντας τους κύκλους αυτούς, σχηματίζεται η γραμμή του ακοογραφήματος. Τα επίπεδα της φυσιολογικής ακοής βρίσκονται μεταξύ του 0 και 20 decibels. Οι φυσιολογικοί τόνοι μιας ομιλίας περιλαμβάνονται στο χώρο μεταξύ των διακεκομμένων γραμμών. Με το τυμπανόγραμμα ο ΩΡΛ μπορεί να καταλάβει αν το τύμπανο λειτουργεί

κανονικά, αν υπάρχει συσσωρευμένο υγρό πίσω από το τύμπανο, η αν είναι πεσμένα τα τυμπανικά αντανακλαστικά. **[Δ28]**

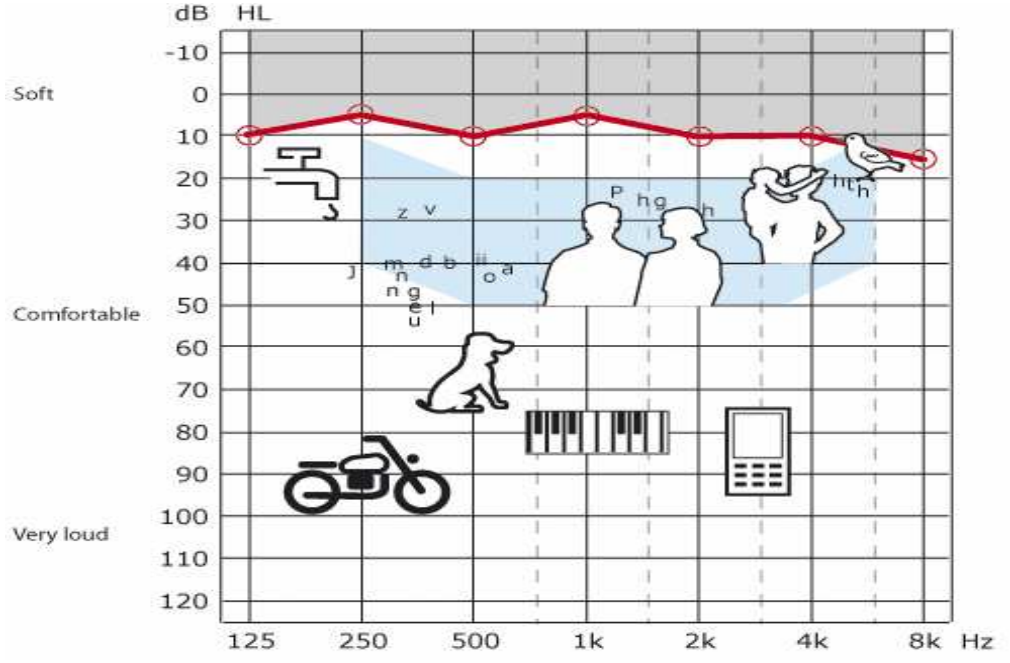


Το επίπεδο ακοής (HL) ή επίπεδο ουδού ακοής (HTL), εκφράζεται με τα dbHL / dbHTL που απαιτούνται προκειμένου ένας τόνος να γίνει ακουστός σε ένα αυτί, αναφορικά με το ***ακοομετρικό μηδέν.*** Το ακοομετρικό μηδέν είναι καθορισμένο διεθνώς ως ο αριθμός των dbSPL που χρειάζονται σε κάθε ακοομετρική συχνότητα, για να γίνει ο τόνος μόλις ακουστός και έχει καθοριστεί από διεθνή οργανισμό (ISO – 64) και από τον (ANSI-69) για ακοομετρητές. **[34]**

Συχνότητα σε Hz	Επίπεδο αναφοράς (db SPL)		
	Western Electric WE-705A	Telephonics TDH-39	Telephonics TDH-49
125	45.5	45.0	47.5
250	24.5	25.5	26.5
500	11.0	11.5	13.5
1000	6.5	7.0	7.5
1500	6.5	6.5	7.5
2000	8.5	9.0	11.0
3000	7.5	10.0	9.5
4000	9.0	9.5	10.5
6000	8.0	15.5	13.5
8000	9.5	13.0	13.0

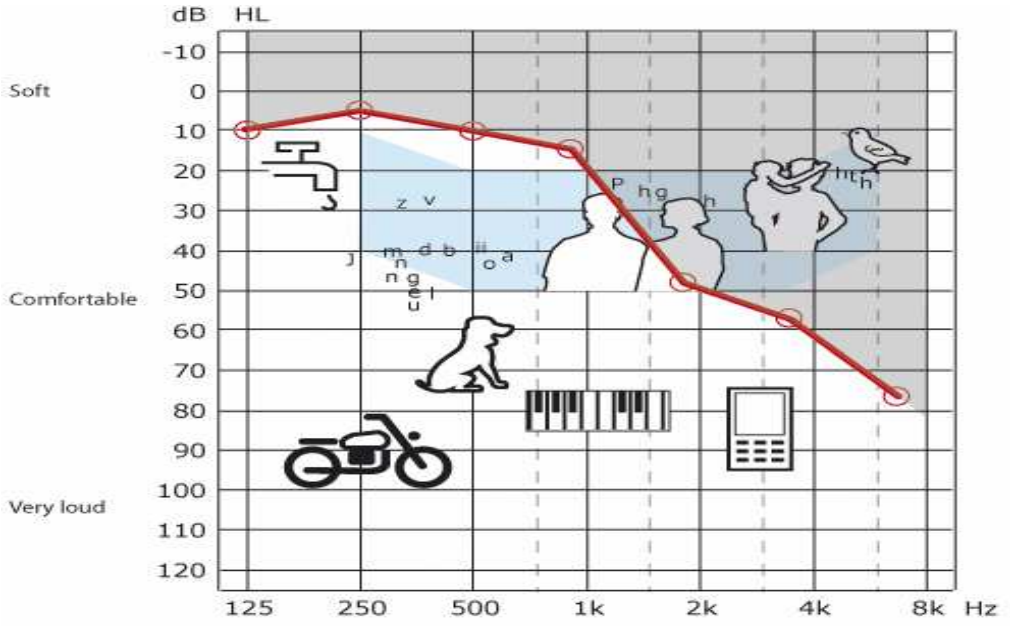
Επίπεδο πίεσης του ήχου (επίπεδο αναφοράς) σε dBspl σε κάθε ακοομετρική συχνότητα

Για παράδειγμα, αν ο ουδός ακοής ενός εξεταζόμενου στα 2KHz είναι 60dBspl, με βάση τον παραπάνω πίνακα, το επίπεδο ουδού ακοής είναι ίσο με 60-8,5=51,5dBspl.



Επίπεδο ακοής ατόμου με φυσιολογική ακοή (γκρίζα περιοχή: μη ακουστοί ήχοι)

www.resoundxplore.com/speech_understanding_1.jpg (30-12-2008)



Πτώση επιπέδου ακοής (σχετιζόμενη με την αύξηση της ηλικίας)

www.resoundxplore.com/speech_understanding_2.jpg (30-12-2008)

Πρεσβυακουσία. Είναι η φυσιολογική φθίνουσα πορεία της ακοής λόγω ηλικίας και οφείλεται στη σταδιακή απώλεια των τριχιδίων του κοχλία. Ο πάσχων χάνει αρχικά την ικανότητά του να ακούει υψηλές συχνότητες και την ικανότητά του να διακρίνει τις λέξεις, δυσκολεύοντας την καταληπτότητά τους. Το φαινόμενο αυτό αφορά στο 25% των ατόμων ηλικίας 65-75 ετών και το 50% των ανθρώπων άνω των 75. Η εμφάνισή της επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες πέρα από την φυσιολογική διαδικασία της γήρανσης όπως κληρονομικότητα, το επίπεδο του θορύβου στο οποίο εκτέθηκε κανείς κατά τη διάρκεια της ζωής του, φάρμακα που λάμβανε, αλλοιώσεις στα αγγεία του κλπ. **[Δ27].** Υπάρχουν διάφοροι τύποι πρεσβυακοΐας. Η συσχέτιση μεταξύ του προχωρημένου της ηλικίας και της βαρηκοΐας στις υψηλές συχνότητες πρωτοπεριγραφηκε από τον Zwaardemaker το 1899. Ο Bunch το 1929 τεκμηρίωσε όχι μόνο τη βαρηκοΐα που επέρχεται με την πάροδο της ηλικίας (πρεσβυακοΐα), αλλά και το γεγονός ότι οι γυναίκες τείνουν να διατηρούν την ακουστική τους ικανότητα επί μακρότερον από τους άνδρες. Ο Gacek και Schuknecht (1993) βασιζόμενοι στις συσχετίσεις μεταξύ των ακοομετρικών και των ιστολογικών ευρημάτων, που έκαναν μεταθανατίως επί πτωμάτων, εντόπισαν τέσσερα σημεία γήρανσης στον κοχλία και υποδιαίρεσαν την πρεσβυακοΐα σε τέσσερεις τύπους, βασιζόμενοι σε αυτά τα σημεία, ήτοι: Την **αισθητήρια** (sensory), τη **νευρική** (neural), την **ταινιακή (πρεσβυακουσία της αγγειώδους ταινίας)** (strial) και τη **βαρηκοΐα αγωγιμότητας** (conductive). Οι ιστολογικές αλλαγές σχετίζονται κατά προσέγγιση με τα συμπτώματα και τα εργαστηριακά αποτελέσματα ελέγχου της ακοής. **[Δ28].**

Το επίπεδο αίσθησης (SL), αντιστοιχεί στο επίπεδο πίεσης του ήχου σε dB πάνω από τον ουδό ακοής του εξεταζομένου, σε μια συγκεκριμένη συχνότητα. Αν π.χ. σε έναν εξεταζόμενο δοθεί ένας τόνος 20dB πάνω από τον ουδό ακοής του στο 1Khz, θεωρείται ότι δόθηκε ήχος στα 20dbSL, τα οποία όμως δεν δείχνουν τίποτα για τον ουδό ακοής του εξεταζόμενου ή με το φυσικό μέγεθος της έντασης του σήματος που χορηγήθηκε. Το HL και το SPL παραμένουν άγνωστα. Αν τώρα υποτεθεί ότι ο ουδός ακοής στο 1Khz είναι 40dbHL, το σήμα τότε χορηγήθηκε σε ένα επίπεδο 40+20=60dBHL. Επίσης, μπορεί να θεωρηθεί ότι το εν λόγω σήμα χορηγήθηκε στα 6,5+40+20=66,5dbSPL. Για περισσότερη σαφήνεια, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένα σήμα που χορηγείται σε επίπεδο πάνω από

τον ουδό, μπορεί να εκφραστεί σε **dbSPL** (αναφορικά με τα 0,00002Pa που είναι το κατώφλι της ανθρώπινης ακοής) ή σε **dbHL** (αναφορικά με τον ουδό ακοής του συγκεκριμένου αυτιού στο σήμα αυτό).

Διπλακουσία. Αφορά στο φαινόμενο της ηχητικής παραμόρφωσης, που παρατηρείται σε μερικές περιπτώσεις νευροαισθητήριας βλάβης και διακρίνεται σε αμφοτερόπλευρη και μονόπλευρη. Στην πρώτη περίπτωση τα δυο αυτιά αντιλαμβάνονται διαφορετικά έναν ήχο ορισμένης συχνότητας, ενώ στη δεύτερη, ένα ηχητικό ερέθισμα γίνεται αντιληπτό από το ίδιο αυτί, σαν δυο διαφορετικοί ήχοι.

Χρήση του masking στην ακοομέτρηση. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που παρουσιάζεται κίνδυνος διαρροής ενός ήχου που χορηγείται στο ένα αυτί να γίνει ακουστός στο άλλο (crossover). Αυτό συμβαίνει, όταν η ένταση του σήματος περάσει κάποιο όριο ασφαλείας και το όριο αυτό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Συνήθως εφαρμόζεται masking στο αντίθετο του εξεταζομένου αυτί, όταν στο ακοόγραμμα, φανεί μια διαφορά πάνω από 40dB μεταξύ των ουδών της αέρινης αγωγής του εξεταζόμενου αυτιού και της οστέινης του αντίθετου αυτιού ή είναι σίγουρη η ύπαρξη μονόπλευρης βαρηκοΐας. Ως masking μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύνθετος θόρυβος, λευκός θόρυβος ευρείας ζώνης (θερμός θόρυβος, όπου η κατανομή της ενέργειάς του είναι ανάλογη με αυτήν των κυμάτων που συνθέτουν το λευκό φως) ή λευκός θόρυβος περιορισμένης ζώνης συχνοτήτων. Ως *ελάχιστη* ένταση του masking καθορίζεται η ένταση εκείνη που είναι μόλις αρκετή για να καλύψει τον χορηγούμενο τόνο στο αυτί που το δέχεται, ενώ ως *μέγιστη* ένταση, ορίζεται αυτή που μόλις είναι ανεπαρκής για να παρασύρει τον ουδό ακοής του εξεταζομένου. Έλλειψη χρήση masking ή κακή χρήση του, θα μπορούσε να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα.

Ψευδοϋπακουσία. Περίπτωση όπου ο ασθενής λόγω ελλιπούς συνεργασίας με τον ειδικό είτε λόγω άγνοιας, είτε λόγω εκούσιας απόκρυψης κάποιας αναπηρίας, είτε απλώς μεγιστοποίησης ενός ανύπαρκτου ή μικρού προβλήματος, εμφανίζει βαρηκοΐα, που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Η βαρηκοΐα αυτού του τύπου, κατά καιρούς έχει

αναφερθεί και ως *βαρηκοϊα προσποίησης, λειτουργική βαρηκοϊα, ψυχογενής βαρηκοϊα, μη οργανική βαρηκοΐα, υστερική βαρηκοϊα* κ.α.

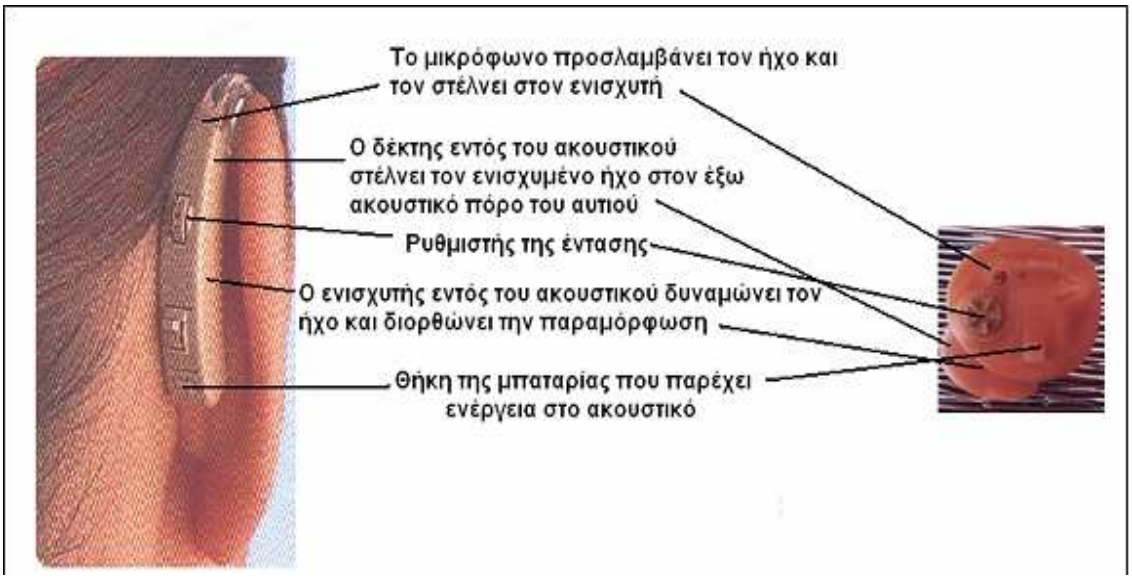
Εμβοές. Οι εμβοές μπορούν να ταράξουν την ψυχική και σωματική ηρεμία του πάσχοντος ή ακόμα και την ικανότητά τους για εργασία. Ασθενείς από έντονες εμβοές μπορεί να οδηγηθούν σε σοβαρές ψυχικές παθήσεις, διαταραχές της προσωπικότητας, κοινωνική απομόνωση ή και αυτοκτονία. Οι εμβοές διακρίνονται σε <u>*υποκειμενικές*</u> όταν είναι ακουστές μόνο από τον ασθενή και δεν μπορούν να ανιχνευτούν κλινικά και σε <u>*αντικειμενικές*</u> όταν μπορούν να γίνουν αισθητοί και από τον εξεταστή. Δημιουργούνται από την επίδραση έντονων θορύβων στο αυτί, που θα μπορούσε π.χ. να επηρεάσει τόσο τις ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες των τριχών, όσο και να προκαλέσει μορφολογικές αλλαγές στις νευρικές απολήξεις της νευρικής οδού. Οι εμβοές αναλύονται καθορίζοντας το ύψος τους, την ακουστότητά τους, το ελάχιστο επίπεδο masking για την κάλυψή τους και τον προσδιορισμό της παροδικής καταστολής τους. **[34]**

6.4 Ακουστικά βαρηκοΐας

Το ακουστικό βαρηκοΐας είναι μια μικροηλεκτρονική συσκευή η οποία αποτελείται από ένα μικρόφωνο, έναν ενισχυτή του προσλαμβανόμενου ήχου και ένα δέκτη. Τα σύγχρονα ακουστικά βαρηκοΐας είναι προϊόντα της σύγχρονης νανοτεχνολογίας, που επέτρεψε σε πολυσύνθετα ηλεκτρονικά κυκλώματα να αποθηκεύονται σε πολύ μικρές συσκευασίες που προσαρμόζονται στον έξω ακουστικό πόρο του πτερυγίου του αυτιού ή μέσα σ'αυτόν και ενισχύουν σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό την ακοή, ανάλογα με το μέγεθος της βλάβης της. Στις περιπτώσεις εξαιρετικά μεγάλης απώλειας της ακοής που δεν μπορεί να αποκατασταθεί με ακουστικό βαρηκοΐας, ο ωτορινολαρυγγολόγος ερευνά αν μπορεί να τοποθετήσει κοχλιακό εμφύτευμα.

Σύμφωνα με τις σύγχρονες απόψεις, όσο νωρίτερα τοποθετείται το ακουστικό , τόσο καλύτερη είναι η προσαρμογή του ατόμου που το φοράει προς αυτό και τη λειτουργία του. Έχει παρατηρηθεί ότι μια προχωρημένη βαρηκοΐα απαιτεί και πολυσύνθετο ακουστικό και προσπάθεια προσαρμογής στη χρήση του. Βάσει του ακοογραφήματος του ασθενούς αποφασίζεται το ποιο ακουστικό θα εφαρμοστεί, όσον αφορά τον εσωτερικό ηλεκτρονικό του μηχανισμό. Τα ακουστικά βαρηκοΐας είναι υψηλής

τεχνολογίας (νανοτεχνολογία) συσκευές και γιαυτό κοστίζουν . Τα ακουστικά βαρηκοΐας που χορηγούνται βάσει του ιατρικού ιστορικού και του ακοογραφήματος δεν είναι απλοί ενισχυτές του ακουστικού σήματος, αλλά συσκευές που τροποποιούν αυτόματα τη λειτουργία τους βάσει της κάθε ακουστικής ανάγκης, που θα απαιτηθεί από τον ασθενή, οποιαδήποτε στιγμή.



Τρόπος μετάδοσης ήχου του ακουστικού βαρηκοΐα προς το αυτί του πάσχοντος

Τύποι ακουστικών βαρηκοΐας

Ο ακοοπροσθετιστής, τεχνικός σύμβουλος του ΩΡΛ, κανονίζει τον ηλεκτρονικό μηχανισμό και τις ρυθμίσεις που θα γίνουν στο ακουστικό με το οποίο θα αποκατασταθεί η ακουστική ικανότητα του πάσχοντος. Ο ακοοπροσθετιστής, με βάση το ακοογράφημα και με τη χρήση ειδικού προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή υποδεικνύει το κατάλληλο ακουστικό και διαμορφώνει κατά περίπτωση ασθενούς τον προγραμματισμό του ασθενούς. Ο ΩΡΛ υποδεικνύει το είδος του ακουστικού βάσει του μεγέθους και του σχήματος και βάσει των ψυχολογικών αντιδράσεων του ασθενούς προς το ακουστικό.

Τα ακουστικά διακρίνονται **στα οπισθωταία, τα ενδωταιαία, τα μερικώς ενδοκαναλικά και τα πλήρως ενδοκαναλικά.** Υπάρχουν και ακουστικά γυαλιά (οστεόφωνα) που προσαρμόζονται στο σκελετό γυαλιών και χρησιμοποιούνται σε

βαρηκοΐες αγωγιμότητας ατόμων που για διαφόρους λόγους είναι αδύνατη η εισαγωγή και εφαρμογή στον έξω ακουστικό πόρο του κλασικού εκμαγείου. **[Δ28]**



*Τύποι ακουστικών βαρηκοΐας **[Δ28]***

6.5 Διεξαγωγή πειράματος

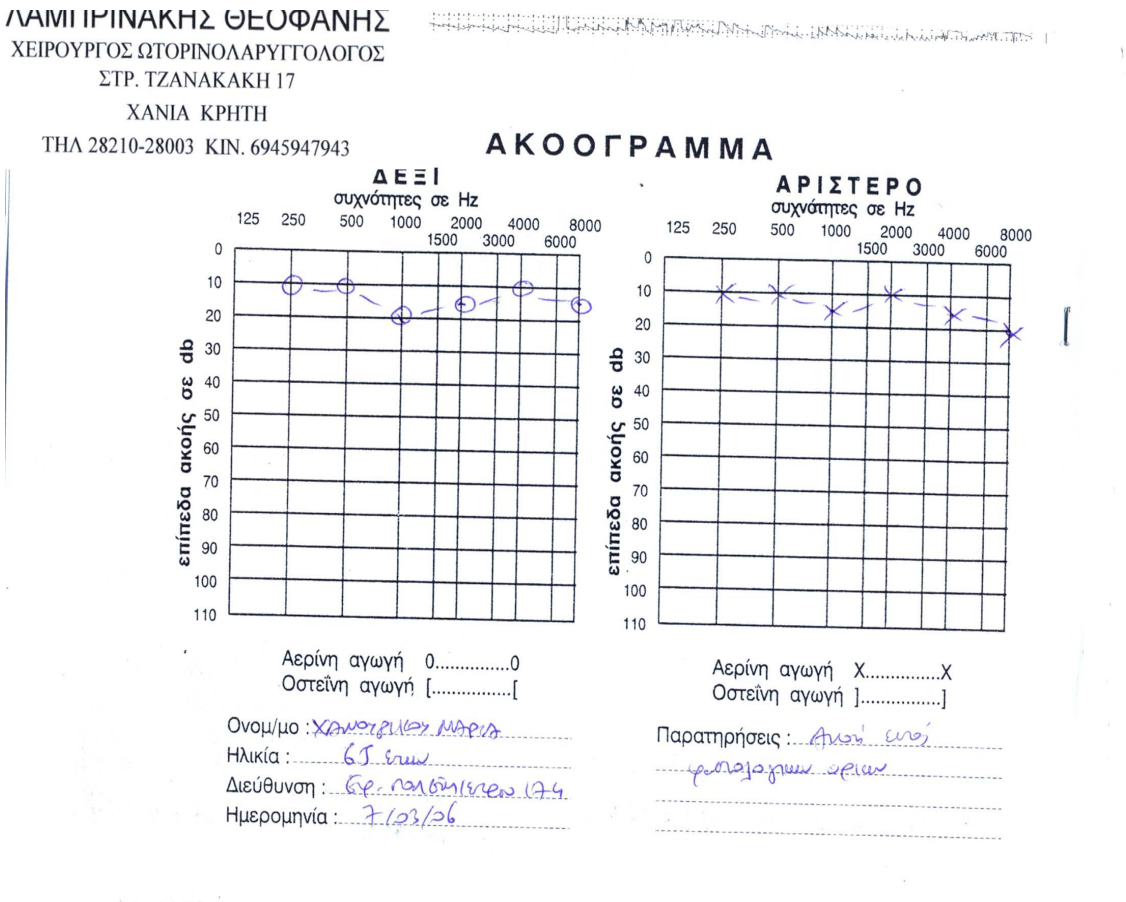
Το πείραμα περιλαμβάνει τα ακοογράμματα 6 ατόμων πάνω στα οποία βασίζονται τα μετέπειτα σχόλια και συμπεράσματα. Από τα άτομα αυτά, 3 έχουν περάσει το μεγαλύτερο μέρος ή όλη τη ζωή τους σε τόπο με χαμηλά επίπεδα θορύβου, ενώ παράλληλα έχουν αποφύγει και την έκθεση σε ιδιαίτερα υψηλές στάθμες θορύβου, ενώ τα άλλα 3 είναι μόνιμοι κάτοικοι αστικών περιοχών και εκτίθονται συχνά για λόγους περιβαλλοντικούς, επαγγελματικούς ή διασκέδασης σε μέρη με υψηλά επίπεδα θορύβου. Σκοπός αυτής της σύγκρισης των ακοογραμμάτων τους είναι να φανεί αν και κατά πόσο ο θόρυβος τους έχει επηρεάσει αρνητικά στην ακοή τους και την γενικότερη ψυχοσωματική τους υγεία.

Αρχικά, παρατίθεται πίνακας με τα στοιχεία των εξεταζομένων, ώστε να ληφθούν αυτά υπόψη κατά τη διεξαγωγή των συμπερασμάτων. Στοιχεία όπως η ηλικία, το επάγγελμα ή το ιστορικό παίζουν καταλυτικό ρόλο σε αυτό.

α/α	ΦΥΛΟ	ΚΑΤΟΙΚΙΑ	ΗΛΙΚΙΑ	ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ	ΝΟΜΟΣ	ΑΣΤΙΚΟ Κ. (Α) ΥΠΑΙΘΡΟ (Υ)
1	Θ	ΣΤΑΥΡΟΣ ΑΚΡΩΤ.	65	ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	ΧΑΝΙΩΝ	Υ
2	Θ	ΠΑΧΙΑΝΑ	32	ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ	ΧΑΝΙΩΝ	Α
3	Α	ΑΠΟΚΟΡΩΝΑΣ	43	ΤΕΧΝΙΚΟΣ - DJ	ΧΑΝΙΩΝ	Υ
4	Θ	ΡΕΘΥΜΝΟ	22	ΤΡΑΓΟΥΔΙΣΤΡΙΑ	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Α
5	Α	ΑΘΗΝΑ	21	ΟΔΗΓΟΣ-ΜΟΥΣΙΚΟΣ	ΑΤΤΙΚΗΣ	Α
6	Θ	ΚΑΒΡΟΣ	32	ΔΑΣΚΑΛΑ	ΧΑΝΙΩΝ	Υ

6.6 Αποτελέσματα

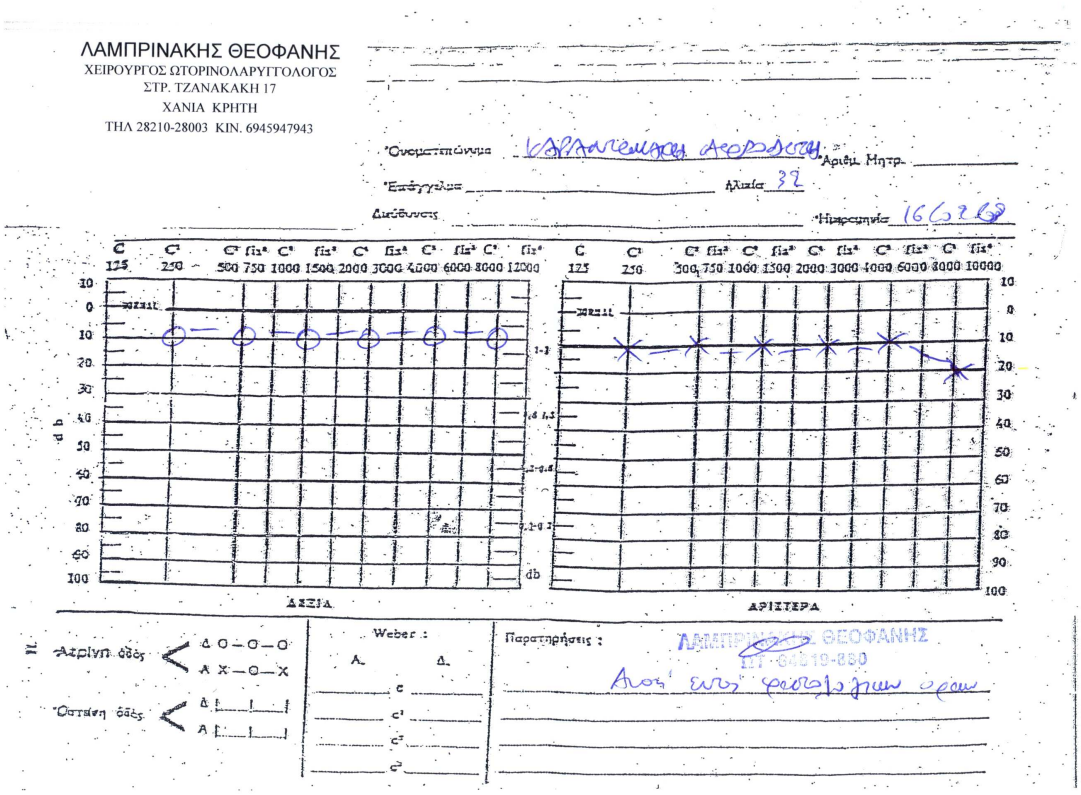
Υποκείμενο 1: Υ



Συμπεράσματα: Παρά το γεγονός της προχωρημένης ηλικίας, δε παρατηρείται το φαινόμενο της πρεσβυακουσίας, σύνηθες, για αυτήν την ηλικιακή ομάδα, όπου

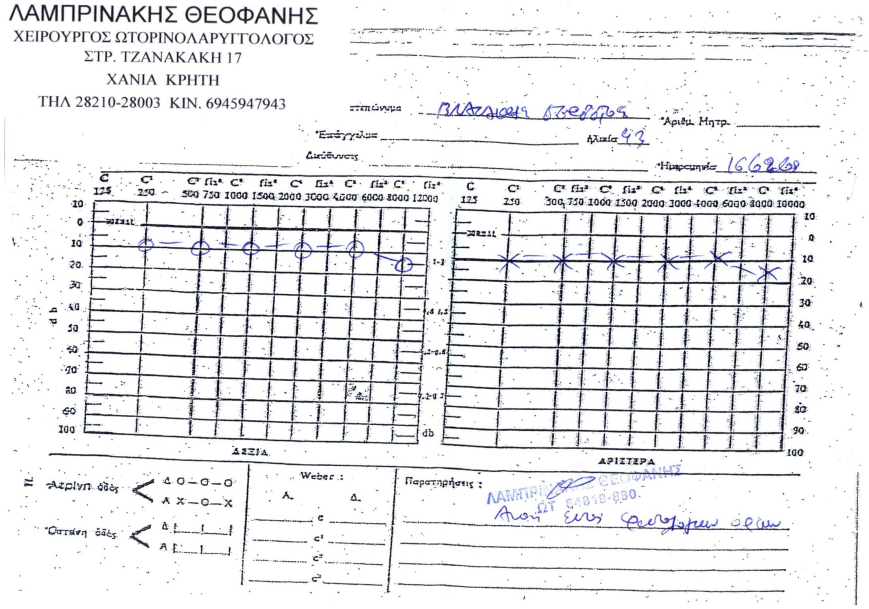
χάνεται σημαντικό μέρος της ευαισθησίας στις υψηλές συχνότητες (από τα 3KHz και πάνω) και μάλιστα, λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία της, παρουσιάζει υπερευαισθησία στο φάσμα 1500-3000 Hz. Αναφέρθηκαν πονοκέφαλοι κατά το πρωινό ξύπνημα, αλλά και διακοπτόμενος ύπνος λόγω οξείας ακουστικής αντίληψης του νυχτερινού κυκλοφοριακού θορύβου, κατά την ολιγοήμερη κατά καιρούς διαμονή της στο κέντρο των Χανίων.

Υποκείμενο 2: Α



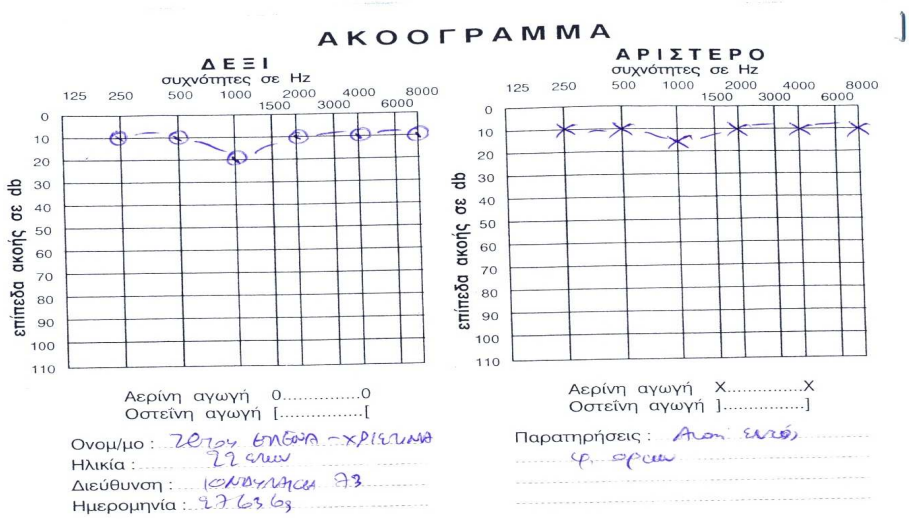
Συμπεράσματα: Φυσιολογική ακοή με μια μικρή πτώση από τα 7000 Hz και μετά, η οποία προήλθε από συγκεκριμένη έκθεση σε υπερβολικά υψηλή ηχητική στάθμη σε μικρό χώρο club και με μετέπειτα συμπτώματα εμβοής, έντονου πόνου στο αριστερό αυτί, μέχρι και 20 μέρες μετά την έκθεση, οπότε και χορηγήθηκε ήπια φαρμακευτική αγωγή. Η συνολική ευαισθησία είναι περίπου 5 dB μειωμένη σε σχέση με παλαιότερο αντίστοιχο ακοόγραμμα, και αυτό επήλθε μετά την συχνή έκθεση σε δυνατές ηχητικές στάθμες.

Υποκείμενο 3: Υ



Συμπεράσματα: Ακοή μέσα στα φυσιολογικά όρια με μικρή πτώση μετά τα 6000 Hz λόγω της βραδινής απασχόλησής του ως dj τα τελευταία χρόνια. Λόγω όμως του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας δεν εκτίθεται σε θόρυβο, αλλά και του γεγονότος ότι η βραδινή αυτή ενασχόληση δε ξεπερνάει τη 1 – 2 φορές την εβδομάδα, έχει επιτευχθεί ικανοποιητική διατήρηση της ακουστικής οξύτητας.

Υποκείμενο 4: Α



Συμπεράσματα: Αν και η ακοή της βρίσκεται εντός των φυσιολογικών ορίων, λόγω του νεαρού της ηλικίας της, θα περιμέναμε μια επίπεδη ακουστική απόκριση. Παρόλα αυτά, παρατηρούμε μια πτώση 10 dB στα 1000 Hz σε σχέση με τις υπόλοιπες συχνότητες (κατεβαίνοντας στα 20 dB), λόγω της έκθεσής της σε υψηλές ηχητικές στάθμες που εκτίθεται στο εργασιακό της περιβάλλον, 3 φορές την εβδομάδα. Αν συνεχιστεί αυτό με τον ίδιο ρυθμό, η πτώση θα γίνει μεγαλύτερη όχι μόνο στα 1000 Hz (οπότε θα είναι και δύσκολη η καταληπτότητα κάποιων συμφώνων), αλλά θα εμφανιστεί και μείωση της ακουστικής οξύτητας μεταξύ 2000 – 4000 Hz - συχνότητες που το αυτί παρουσιάζει εν γένει τη μέγιστη ευαισθησία – δημιουργώντας πρόβλημα στην καταληπτότητα του λόγου.

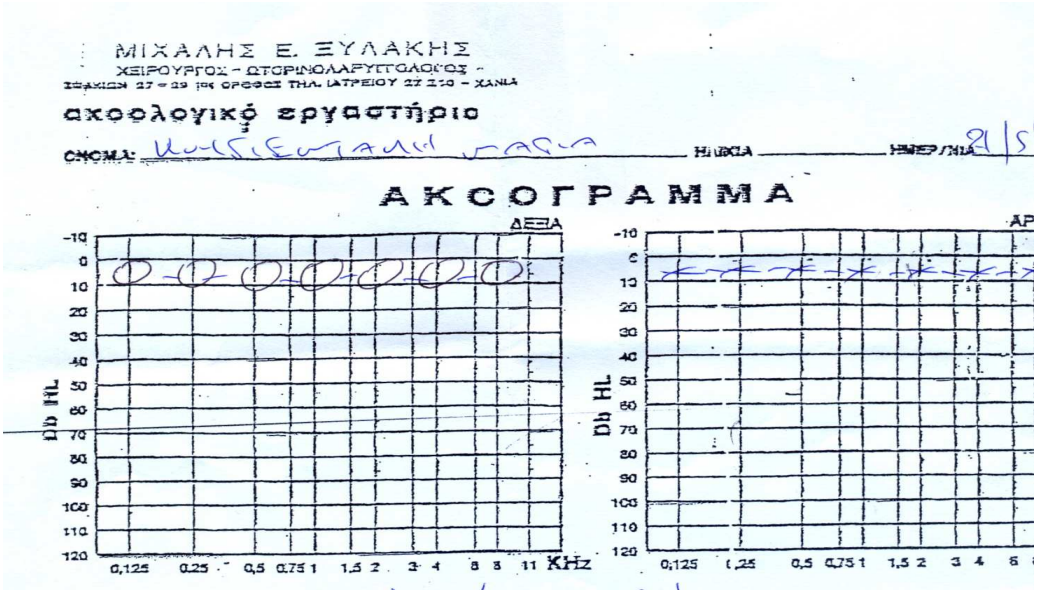
Υποκείμενο 5: Α



Συμπεράσματα: Στο ακοόγραμμα αυτό παρατηρείται ήπια μορφή ακουστικής απώλειας που φτάνει για το δεξί αυτί (κόκκινος κύκλος) στα 40 dB για τα 2000 Hz, συχνότητα πολύ σημαντική για την καταληπτότητα της ανθρώπινης ομιλίας, ενώ για το ίδιο αυτί, υπάρχει μια γενικότερη μείωση της ακουστικής οξύτητας μεταξύ της κρισιμότερης και πιο χρήσιμης συχνοτικής ζώνης, 1000 - 4000 Hz. Το αριστερό αυτί (μαυρο Χ), παρουσιάζει κάποια ελαφρά μείωση στα 500 Hz και 2000 Hz, που εμπίπτει όμως στα φυσιολογικά όρια. Η διαφορά αυτή μεταξύ των

δύο αυτιών, οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το εν λόγω νεαρό άτομο, αν και θα περιμέναμε αν επίπεδη απόκριση σε όλες τις συχνότητες, εκτίθετο για ως μουσικός για 5 χρόνια σε συγκεκριμένο μαγαζί, όπου στη δεξιά πλευρά του, ακτινοβολούσε κρεμάμενο ηχείο υψηλές ηχητικές στάθμες, λίγο παραπάνω από το ύψος του αυτιού. Το γεγονός αυτό, μαζί με το ότι στο συγκεκριμένο αυτί φορούσε σχεδόν πάντα ακουστικό φορητού mp3-player, το ότι δουλεύει ως εργοδηγός, σε εργοταξιακά περιβάλλοντα, με υψηλά επίπεδα θορύβου, αλλά και ο κυκλοφοριακός θόρυβος του κέντρου της Αθήνας, τον οδήγησε σε μείωση της ακουστικής του οξύτητας, η οποία μέσα στην επόμενη δεκαετία, εφόσον διατηρηθούν τα σημερινά δεδομένα, μπορεί να ξεπεράσει τα 65 dB, οδηγώντας τελικά το εν λόγω άτομο σε χρήση ακουστικού βοηθήματος. Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέραν των ακουστικών συνεπειών, παρουσίαζε συχνά αισθήματα ιλίγγου και πονοκεφάλους, τα οποία είχαν αρνητική επίδραση στη γενικότερη συμπεριφορά του (εξάρσεις θυμού, μελαγχολική διάθεση μετά το πέρας του εργασιακού ωραρίου, κλπ).

Υποκείμενο 6: Υ



Συμπεράσματα: Ιδανική απόκριση, επίπεδη σε όλες τις συχνότητες. Το συγκεκριμένο άτομο, πέρασε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής της σε μέρος με σχεδόν καμία όχληση από θόρυβο, παρά την έκθεσή της μια φορά την εβδομάδα στις υψηλές ηχητικές στάθμες κέντρου διασκέδασης.

6.7 Συνολικά συμπεράσματα

Παρά το γεγονός ότι απαιτείται η λήψη ακοογραμμάτων από πολλά άτομα για να μπορέσει στατιστικά να υπάρξει ορθό αποτέλεσμα, μπορούμε ξεκάθαρα να δούμε ότι άτομα που για οποιοδήποτε λόγο εκτέθηκαν σε υψηλές στάθμες για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή σε πάρα πολύ υψηλές στάθμες για μικρό διάστημα, παρουσίασαν μείωση της ακουστικής τους οξύτητας, κατά τουλάχιστον 10 dB. Αν και το αυτί έχει εκπληκτικούς αμυντικούς μηχανισμούς όχι μόνο για να αντιμετωπίζει τις υψηλές ηχητικές στάθμες, αλλά και για να επανακάμπτει σε αρκετές περιπτώσεις, είναι αρκετά δύσκολο να μπορέσει να βγει απολύτως αλώβητο από συνεχείς εκθέσεις σε υψηλής στάθμης θόρυβο. Επίσης, πέρα από τα ακουστικά συμπτώματα (εμβοές, πόνος στο αυτί κ.α.), δημιουργούνται συνδυαστικά και άλλα συμπτώματα (ίλιγγοι, πονοκέφαλοι), τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν ψυχοσωματικές διαταραχές, που σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν και σε χρόνια φαρμακευτική αγωγή. Αξίζει εδώ να σημειωθεί, ότι όταν αναφερόμαστε σε ‘θόρυβο’, δεν σημαίνει ότι αυτός περικλείεται αυστηρά μέσα στα πλαίσια του ακουστικού φάσματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εκπέμπονται ταυτόχρονα και υποηχητικές συχνότητες, παράλληλα με τις ακουστές, οι οποίες δημιουργούν έντονα συμπτώματα ναυτίας, κοιλιακών πόνων και αρνητικών συναισθημάτων. Εξάλλου, σύγχρονες μελέτες αποδεικνύουν, ότι τα ψυχοσωματικά συμπτώματα προέρχονται από τον συνδυασμό των υποήχων με χαμηλόσυχνο θόρυβο, ενώ τα αμιγώς ακουστικά (στην περιοχή του αυτιού), από συχνότητες του ακουστικού φάσματος. Η μελέτη όμως των υποήχων, δεν υπάγεται στα πλαίσια της παρούσης εργασίας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παγουλάτου Μαρία (Μετάφραση), «Το αυτί και η φωνή» σελ. 115-150, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα (1999), Τίτλος Πρωτοτύπου "L'oreille et la voix", Dr. Alferd Tomatis

2. Χαδέλλης Λουκάς, «Ήχος και Μουσική» Τόμος Α', Επανέκδοση 2004, Εκδόσεις Σύγχρονη Μουσική

3. Επιστημονική Βιβλιοθήκη LIFE «Ήχος και Ακοή» υπό S. Stevens, Fred και του συντακτικού επιτελείου του LIFE, Μετάφραση στα ελληνικά Τιέρης Εμμ. (Ιατρός, Διδάκτωρ Παν/μιου Αθηνών)

4. Davis M. Cornwell D., "Introduction to Environmental Engineering" (1998) pp. 550 – 625

5. Μαρκαντωνάτος Γ. «Στοιχεία Υγιεινής, Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής» (1984)

6. Τσώχος Γ. «Περιβαλλοντική Οδοποιία» Univ.Studio Press (1997), Θεσ/κη

7. Κουγιουμτζέλη – Περιστεράκη, «Στοιχεία Φυσικής – Κυματική» (1971), Τόμος 2, 7η Έκδοση, Βιβλιοπωλείο Κοκοτσάκη

8. Σελλούντος Β.Η. – Περδιος ΣΤ.Δ. «Θερμομόνωση – Ηχομόνωση» (1985), Φοίβος Εκδόσεις

9. Wang L, Pereira N. "Handbook of Environmental Engineering: Volume 1 Air and Noise Pollution Control", pp 393- 468, The Humana Press, N. Jersey

10. Συμεωνίδου Ειρήνη (Μετάφραση) «Μουσική Ακουστική Τεχνολογία», 2nd Edition, John Eargle (1999)

11. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, «Ψυχολογία» (1999), ΟΕΔΒ

12. Τσαούση Δ.Γ. «Χρηστικό Λεξικό Κοινωνιολογίας» (1989), 3η Ανατύπωση, Εκδόσεις Gutenberg

13. The world bank (1994) "Roads and the environment: a handbook", Report Two, pp. 155 – 164

14. European Road Federation "Road Traffic Noise: The road sector perspective", Position Paper

15. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο «Στοιχεία Παιδιατρικής» (2005), Ε' Έκδοση, ΟΕΔΒ

16. Colin H.,Hansen, David A. Bies, «Engineering Noise Control» (2003), Pub. Taylor and Franscis

17. Abbott P.G. Nelson, P.M. "Converting the UK traffic noise index $L_{A10,18h}$ to EU noise indices for road noise mapping" , A report prepared by TRL (2006)

18. Εφημερίδα «Τα Νέα», Ημερ/νία τεύχους 9-3-04, Ρεπορτάζ: Λαμπρινή Σταμάτη, Τίτλος άρθρου: 'Πράσινο τείχος στα ντεσιμπέλ'

19. Νόμος 1650/86, «Για την προστασία του περιβάλλοντος»

20. Υπουργική Απόφαση 17252/92 «Καθορισμός θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα» (1992)

21. Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο (2002), Οδηγία 2002/49/ΕΚ «Σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείρηση του περιβαλλοντικού θορύβου»

22. Μάνου Νίκος, «Ερμηνευτικό λεξικό ψυχιατρικών όρων», Univ.Studio Press, Β' Έκδοση (1987)

23. Μπρατάκης Άγγελος, «Φυσική – Μηχανική – Θερμότητα – Ακουστική», Έκδοση Β', ΟΕΔΒ 1994, ΥΠΕΠΘ, ΤΕΙ Πειραιά
24. F. Alton Everest «Εγχειρίδιο ακουστικής», 3η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα (1998)
25. Κανέλος Σπύρος, «Ακουστική – Οπτική» (1965), Εκδόσεις Παπαδημητρόπουλος
26. Τζεκάκης Μανόλης, Τσινίκας Νίκος, «Πολεοδομική Ηχοπροστασία» (1986)
27. Ευθυμιάτος Διονύσης, «Ακουστικές και Κτιριακές εφαρμογές» (2007), Εκδόσεις Παπασωτηρίου
28. Τσινίκας Νίκος «Ακουστικός Σχεδιασμός χώρων» (2005), Univ.Studio Press
29. Σπυρίδης Χαράλαμπος «Λυμένες ασκήσεις Μουσικής ακουστικής» (2001), Εκδόσεις Γιαχούδη
30. Brice R. «Τεχνολογία Μουσικής», Μετάφραση και Έκδοση Τζιόλα (2001)
31. Κωνσταντινίδης Ιωάννης (Επιμέλεια) «Διαταραχές επικοινωνίας από ωτορ/κής πλευράς», Ωτορ/κή Κλινική – Χειρουργική Κεφαλής και Τραχήλου Ιατρικής Σχολής ΑΠΘ – Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ (2003), Εκδ, Univ.Studio Press
32. Μακρής Ι., Μακρή Δήμητρα «Εισαγωγή στη μουσικοθεραπεία» (2003), Εκδόσεις Γρηγόρη
33. Ιωάννου Ι.Γ. «Ακουστική για ηχολήπτες» (1997), Εκδόσεις ΙΩΝ
34. Χριστοδούλου Παναγιώτης «Πρακτική Ακοολογία», Ηράκλειο 2000
35. Λάλου Γιώργου, άρθρο εφημερίδας 'Καθημερινή' 15-3-08
36. Ορφανουδάκης Γ., Σφαρνάς Ν., «Ειδικά θέματα φυσικής» (1987), Β' Έκδοση ΟΕΔΒ
37. Τσάγκα Ευαγγελία (Επιμέλεια), Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Κ.Ο.Κ.», Ίδρυμα Ευγενίδου
38. Χαϊκάλη Σοφία, «Καταπολέμηση του θορύβου και προστασία του ακουστικού τοπίου στα ελληνικά αστικά κέντρα – Θεσμικό πλαίσιο για τον θόρυβο», (2006) ΕΜΠ
39. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το περιβάλλον», Τόμος 5 – Θόρυβος, (1995), Λουξεμβούργο: Υπηρεσία επίσημων εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων
40. Εφημερίδα «Τα Νέα», 12-4-08, αρ.φύλλου 19.107
41. Εφημερίδα «Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία», Ημερ/νία τεύχους 28-5-06, Τίτλος άρθρου: 'Στο ρυθμό των υψηλών ντεσιμπέλ η Ελλάδα', της Χαράς Τζαναβαρα.
42. Εφημερίδα «Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία», Ημερ/νία τεύχους 28-5-06, Τίτλος άρθρου: 'Τα bits βλάπτουν σοβαρά την υγεία' της Δημ. Ευθυμιάδου.
43. Πρακτικά από το Διεθνές Επιστημονικό Συμπόσιο – Βόλος 1981, ΤΕΕ Μαγνησίας (Ανατύπωση Θεσ/κη1999)
44. Πρακτικά από το Συνέδριο Ακουστικής στο Ηράκλειο (2006), Επιμέλεια Έκδοσης Μιχάλης Ταρουδάκης & Παναγιώτης Παπαδάκης
45. Σακαλάκ Ηλίας, «Μουσικές βιταμίνες, στοιχεία μουσικής ιατρικής – μουσικής ψυχολογίας», Εκδόσεις Φαγκότο (Α' Έκδοση Νοέμβριος 2004)

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. www.ixoripansi.gr (30-7-08) Ιστοσελίδα ιδιωτικής πρωτοβουλίας για την ηχορύπανση
2. http://2tee-zograf.att.sch.gr/ergas1/soundpol.htm (18-7-08) ΕΠΑΣ Ζωγράφου
3. http://soweit-das-auge-reicht.blogspot.com/2008/05/Irmverschmutzung-contaminacin-acustica/html (30-7-08)
4. www.iatronet.gr/article.asp?art_id=352 (7-1-08) Ελληνικό ιατρικό portal
5. www.noise-pollution.gr (7-2-08) ΑΠΘ Εργαστήριο Αρχιτ/κής Τεχνολογίας
6. www.newscientist.com (issue 5-7-1997) (7-2-08) Περιοδικό
7. www.newscientist.com (issue 2056, 16-11-1996, p 14) (7-2-08)
8. www.newscientist.com (issue 22-8-07) (7-2-08)
9. www.kofosis.gr (7-2-08) (Ακουολογικό Νευροωτολογικό Τμήμα Νοσοκομείου Παίδων «Αγία Σοφία» Αθηνών)
10. www.dbc.uci.edu/~sustain/global/sensem/598/Nunez/Noise.html (18-7-08) UC Irvine school of Biological Sciences
11. http://library.tee.gr/digital/m2301_contents.htm (18-7-08) Τεχν. Επιμελ. Ελλάδας
12. www.eng.ucy.ac.cy/EFM/safety/1.pdf (30-7-08) School of Engineering (University of Cyprus)
13. www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_basic.html (18-7-08) Canada's National Occupational Health and Safety Resources
14. http://kpe-kastor.kas.sch.gr/istoselida_biodiversity/b/article57.htm (30-7-08) Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς
15. www.erf.be (European Union Road Federation)
16. http://library.tee.gr (27-7-08) Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
17. www.yourhome.gov.au/technical/fs27.html (18-7-08) A collaborative project of australian government and the building and design industry
18. www.fhwa.dot.gov/environmental/keepdown.htm (18-7-08) Federal Highway Administration (U.S. Department of transportation)
19. http://news.kathimerini.gr (31-7-08) Εφημερίδα 'Καθημερινή'
20. www.geocities.com/envis_ism005/AkPal_25.pdf (1-8-08) Web Hosting Site
21. www.minenv.gr (ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε.) (1-8-08)
22. www.defra.gov.uk/environment/noise/research/crtn/pdf/noise_crtn_summ.pdf (18-7-08) UK Department for Environment Food and Rural Affairs
23. www.fi.edu/learn/brain/stress.html (Franklin Institute, Philadelphia) (27-7-08)
24. www.mlsi.gov.cy (Υπουργείο Εργασίας & Κοινωνικών ασφαλίσεων Κυπριακής Δημοκρατίας, Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας) (27-7-08)
25. http://www.greenuniversity.gr/gr/86/80/5/7/3/showdoc.html (Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης Πανεπιστημίου Μακεδονίας) (27-7-08)
26. http://www.ergonomia.gr/safe/ie/law/law-ndx.htm (27-7-08) Ιδιωτική εταιρία παροχής υπηρεσιών σε θέματα Ασφάλειας & Υγείας της Εργασίας σε επιχειρήσεις
27. http://koxliako.blogspot.com/2008/04/blog-post.html 30-12-08 Ιδιωτικό blog πάσχοντα από νευροαισθητιριακή βαρηκοϊα

28. http://www.gelis.gr 30-12-08 Ιδιωτική σελίδα ιατρού Δρ. Δημ. Ν. Γκέλη (Ωτωρ/γου), μέλος Ερευνητικής Μονάδας διάγνωσης και αντιμετώπισης διαταραχών ακοής και ισορροπίας, Κορινθίας

29. http://www.customaudiodesigns.co.uk/soundproofing.htm 10-01-09 Ιδιωτική σελίδα εταιρείας που εμπορεύεται υλικά ηχομόνωσης τα οποία και εγκαθιστά

30. http://www.soundproofwindows.com/ 10-01-09 Ιδιωτική σελίδα εταιρείας που εμπορεύεται υλικά ηχομόνωσης τα οποία και εγκαθιστά

