

7. ΘΟΡΥΒΟΣ

7.1. Γενικά

Ηχος είναι το αίτιο που ερεθίζει το αισθητήριο όργανο της ακοής και προκαλείται από μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, που είναι και το συνηθέστερο μέσο διάδοσης του ήχου.

Υπάρχει μια παλαιότερη κατάταξη των ήχων σε απλούς ήχους, σύνθετους ήχους, κρότους και θορύβους.

Σαν **θόρυβοι** χαρακτηρίζονται οι ήχοι που προκαλούνται από μη περιοδικές, ακανόνιστες μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα που προκαλούν δυσάρεστο ή ενοχλητικό αίσθημα, ενώ **σαν κρότοι** χαρακτηρίζονται οι απότομες μεταβολές της πίεσης του αέρα που συνοδεύονται από σύντομη επαναφορά της πίεσης στα συνηθισμένα επίπεδα και είναι δυνατόν να προκαλέσουν ακόμη και πόνο στο αυτί.

Οι σύνθετοι ήχοι αφορούν περιοδικές μεταβολές της πίεσης, ενώ οι απλοί ήχοι ημιτονοειδείς μεταβολές.

Εξυπακούεται ότι ακόμα και οι απλοί ήχοι και οι σύνθετοι ήχοι σε μεγάλες εντάσεις προκαλούν ενόχληση.

Στα επόμενα η έννοια του θορύβου θεωρείται ότι συμπεριλαμβάνει όλες τις κατηγορίες ήχων που είναι δυνατόν να προκαλέσουν ενόχληση και η έννοια της ηχοπροστασίας την προστασία από τους θορύβους, (ενοχλητικούς) ήχους.

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο άνθρωπος είναι συνεχώς εκτεθειμένος στους κάθε είδους ήχους χωρίς να έχει την δυνατότητα άμεσης διακοπής του αισθήματος της ακοής, όπως μπορεί να κάνει με άλλες αισθήσεις, π.χ αφή, γεύση κ.λπ. Αυτή η ιδιαιτερότητα της ακοής είναι ο λόγος σπουδαιότητας λήψης μέτρων ηχοπροστασίας.

7.2. Τα χαρακτηριστικά του ήχου

Τα χαρακτηριστικά του ήχου περιλαμβάνουν την **ένταση**, την **συχνότητα** και τη **χροιά**. Μαζί με τα φυσικά αυτά χαρακτηριστικά του ήχου θα εξετασθεί και η **ακουστότητα** που είναι υποκειμενικό χαρακτηριστικό.

A. Ενταση

Οι ηχητικές πηγές μεταδίδουν ενέργεια στο μέσο διαδόσεως που τις περιβάλλει και προκαλούν τους ήχους. Η ενέργεια αυτή που διαδίδεται στον χώρο και που εξασθενίζει όταν η απόσταση από την πηγή αυξάνει, χαρακτηρίζει την ένταση του ήχου. Η ένταση I του ήχου ορίζεται σαν η ισχύς N που διέρχεται με την μορφή ηχητικών κυμάτων προς την επιφάνεια A που έχει τεθεί κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης τους. Είναι λοιπόν:

$$I = N/A$$

όπου:

I: η ένταση του ήχου που μετράται σε W / m^2

N: η ισχύς που μεταφέρεται από τα ηχητικά κύματα, σε W και

A: η επιφάνεια σε m^2

Εχει βρεθεί ότι η ένταση του ήχου σχετίζεται με την μεταβολή P της πίεσης του μέσου διάδοσης, την πυκνότητα του μέσου διάδοσης και την ταχύτητα u διάδοσης των ηχητικών κυμάτων στο συγκεκριμένο μέσο διάδοσης, από τον τύπο:

$$I = P^2/d \cdot u \quad (1)$$

Τώρα ειδικά για τα αέρια, που είναι το συνηθέστερο μέσο διάδοσης του ήχου και για συνθήκες συνθήκες είναι:

$$d = 1,29 \text{ Kg}/m^3 \text{ και } u = 340 \text{ m}/\text{sec}$$

οπότε το γινόμενο $d \cdot u$, έχει τιμή περίπου $400 \text{ Kg.}/m^2 \cdot \text{sec}$

Το ανθρώπινο αυτί είναι ένας υπερευαίσθητος δέκτης ήχων με ευρύτατα όρια. Ο μόλις ακουστός ήχος, συχνότητας 1000 Hz από υγιές ενήλικο άτομο, έχει ένταση $10^{-12} \text{ W}/m^2$, ενώ οι ισχυρότεροι ήχοι που ακούγονται χωρίς να προκαλούν πόνο έχουν ένταση $10 \text{ W}/m^2$. Οι ήχοι από εκρήξεις πυροβόλων ή εκτοξεύσεις πυραύλων έχουν ένταση που ξεπερνά τα $10^4 \text{ W}/m^2$. Από την τεράστια διαφορά μεγέθους των αριθμών 10^{-12} , $10^1 = (10)$ και 10^4 είναι προφανές ότι μια κανονική κλίμακα μέτρησης της έντασης των ήχων δεν έχει ευκολία για χρήσεις στην πράξη.

Εξάλλου το αίσθημα που δημιουργείται στον άνθρωπο, βρέθηκε ότι δεν είναι ανάλογο με την ένταση του ήχου, αλλά ανάλογο με τον λογάριθμο της έντασης.

Για τους δύο αυτού λόγους, καθιερώθηκε στην πράξη για την μέτρηση της έντασης του ήχου, λογαριθμική κλίμακα μέτρησης της έντασης του ήχου όπου γίνεται σύγκριση του εξεταζόμενου ήχου με τον ελάχιστο ακουστό ήχο και δίδεται από τον τύπο:

$$L = 10 \cdot \log I/I_0$$

όπου L η στάθμη του εξεταζόμενου ήχου σε dB (decibell), log είναι ο δεκαδικός λογάριθμος και I και I_0 οι εντάσεις σε W/m^2 του εξεταζόμενου ήχου και του ελάχιστου ακουστού ήχου, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα είναι $10^{-12} \text{ W} / m^2$

Ετσι, εφαρμόζοντας τον τύπο (2) βρίσκουμε ότι αν:

$$I = 10^{-12} \text{ w}/m^2 \text{ είναι } L = 10 \cdot \log (10^{-12}/10^{-12}) \Rightarrow L = 10 \log 1 \\ L = 10 \cdot 0 \Rightarrow L = 0 \text{ dB}$$

δηλαδή η στάθμη του μόλις ακουστού ήχου είναι 0 dB, ενώ αν $I = 10 \text{ W} / m^2$ (ο μέγιστος ακουστός ήχος χωρίς την αίσθηση του πόνου) είναι:

$$L = 10 \log (10/10^{-12}) \Rightarrow L = 10 \cdot \log 10^{+13} \Rightarrow L = 10 \cdot 13 \Rightarrow L = 130 \text{ dB}$$

δηλαδή η στάθμη του μέγιστου χωρίς πόνο ήχου είναι 130 dB. Από τα δύο αυτά παραδείγματα γίνεται αντιληπτή η μεγάλη πρακτική αξία της κλίμακας ηχητικής στάθμης dB που περιόρισε το εύρος 10^{-12} έως 10^1 σε 0 έως 130.

Η σύγκριση του εξεταζόμενου ήχου με τον ελάχιστο ακουστό ήχο μπορεί να γίνει και με βάση την μεταβολή P της πίεσης, καθότι διπλή εφαρμογή του τύπου (1) για τον εξεταζόμενο ήχο και τον ελάχιστο ακουστό ήχο, δίδει μετά από διαίρεση αυτής κατά μέλη τον τύπο:

$$I/I_0 = (P/P_0)^2 \quad (3)$$

Η εφαρμογή του τύπου (3) στον τύπο (2) δίδει:

$$L = 10 \log (P/P_0) \Rightarrow L = 20 \log (P/P_0) \quad (4)$$

Για την χρήση του τύπου (4) χρειάζεται η μεταβολή P_0 της πίεσης που προκαλεί ελάχιστο ακουστό ήχος που βρίσκεται από τον τύπο (1) με την παραδοχή ότι για τον ατμοσφαιρικό αέρα είναι $d \cdot u = 400 \text{ Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$, οπότε:

$$\begin{aligned} I_0 &= P_0^2/d \cdot u \Rightarrow P_0 = I_0 \cdot d \cdot u \Rightarrow \\ \Rightarrow P_0 &= 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot 400 \text{ Kgr}/\text{m}^2 \cdot \text{sec} \Rightarrow \\ \Rightarrow P_0 &= 4 \cdot 10^{-10} \text{ Nt}/\text{m}^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow P_0 &= 2 \cdot 10^{-5} \text{ Nt}/\text{m}^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow P_0 &= 20 \cdot 10^{-6} \text{ Nt}/\text{m}^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow P_0 &= 20 \cdot 10^{-6} \text{ bar} \end{aligned}$$

Αντίστοιχα είναι δυνατόν να βρεθεί ότι η μεταβολή της πίεσης του μέγιστου χωρίς πόνο ήχου είναι $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nt}/\text{m}^2$. Η ισχύς αυτού του ήχου θεωρήθηκε ίση με $10 \text{ W}/\text{m}^2$ (με συχνότητα 1000 Hz).

Πρόσθεση της στάθμης ήχων και εφαρμογές

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένα η κλίμακα d'E είναι λογαριθμική και έτσι μικρές αλλαγές στην κλίμακα αυτή έχουν σαν συνέπεια μεγάλες αλλαγές στην ισχύ του ήχου. Ας εξετάσουμε δύο παραδείγματα:

α. Ας θεωρήσουμε ότι η ισχύς I ενός ήχου στάθμης L διπλασιάστηκε και ας βρούμε τη στάθμη του ήχου με ισχύ 2I, δηλαδή δίνεται ότι: $L = 10 \log I/I_0$ (1) και ζητείται η στάθμη L του ήχου ισχύος 2I. Είναι:

$$\begin{aligned} L' &= 10 \log 2I/I_0 \Rightarrow L' = 10 \log 2 + 10 \log I/I_0 \text{ (1)} \Rightarrow \\ \Rightarrow L' &= 10 \cdot 0,301 + L \Rightarrow L' = L + 3,01 \end{aligned}$$

Δηλαδή σε διπλασιασμό της ισχύος του ήχου αντιστοιχεί αύξηση της κλίμακας dB κατά 3.

β. Ας θεωρήσουμε τώρα ότι η ισχύς δεκαπλασιάστηκε, έγινε δηλαδή 10 L. Είναι:

$$L' = 10 \log_{10} I/I_0 \Rightarrow L' = 10 \log_{10} 10 + 10 \log_{10} I/I_0 \Rightarrow \\ L' = 10 \cdot 1 + L \Rightarrow L' = L + 10$$

Τώρα σε δεκαπλασιασμό της ισχύος του ήχου η κλίμακα dB αυξήθηκε κατά 10.

Ας προσπαθήσουμε τώρα να βρούμε την στάθμη $L_{ολ}$ του ήχου που προέρχεται από δύο ήχους στάθμης L_1 και L_2 που ακούγονται ταυτόχρονα. Η βάση του συλλογισμού μας για επίλυση αυτού του προβλήματος είναι ότι η συνολική ισχύς θα είναι το άθροισμα των επιμέρους ισχύων. Βρίσκουμε πρώτα από τις στάθμες L_1 και L_2 τις αντίστοιχες ισχύεις. Είναι:

$$L_1 = 10 \log (I_1/I_0) \Rightarrow \log (I_1/I_0) = L_1/10 \Rightarrow I_1/I_0 = 10^{L_1/10}$$

Ομοίως είναι $I_2 = I_0 \cdot 10^{L_2/10}$, οπότε

$$I_{ολ} = I_1 + I_2 \Rightarrow I_{ολ} = I_0 \cdot 10^{L_1/10} + I_0 \cdot 10^{L_2/10} \Rightarrow I_{ολ} = I_0 (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10})$$

$$\text{Είναι : } L_{ολ} = 10 \cdot \log (I_{ολ}/I_0) \Rightarrow L_{ολ} = 10 \cdot \log [I_0 (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}) / I_0] \Rightarrow$$

$$L_{ολ} = 10 \log (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}) \quad (2)$$

Ο τελευταίος τύπος μας δίνει την δυνατότητα πρόσθεσης της στάθμης δύο ήχων που μπορεί να επεκταθεί για περισσότερους ήχους. Ας εξετάσουμε τώρα μερικές εφαρμογές του τύπου αυτού.

γ. Θεωρούμε δύο ήχους ίσης στάθμης L και θα βρούμε τη συνολική στάθμη $L_{ολ}$ που δημιουργείται από τους δύο αυτούς ήχους. Σύμφωνα με τον τύπο (2) είναι:

$$L_{ολ} = 10 \log (10^{L/10} + 10^{L/10}) \Rightarrow L_{ολ} = 10 \log (2 \cdot 10^{L/10}) \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{ολ} = 10 \log 2 + 10 \log 10^{L/10} \Rightarrow L_{ολ} = 10 \cdot 0,31 + 10^{L/10} \Rightarrow \\ L_{ολ} = 3,01 + L$$

Δηλαδή η συνολική στάθμη αυξήθηκε κατά 3 dB περίπου κατά συνέπεια δύο ήχοι με στάθμη 70 dB ο καθένας, όταν ακούγονται ταυτόχρονα παράγουν ήχο στάθμης 73 dB. Στα ίδια συμπεράσματα είχαμε καταλήξει όταν διπλασιάσαμε την ισχύ ενός ήχου και βρήκαμε την νέα στάθμη.

δ. Τώρα θεωρούμε δύο ήχους, ο ένας 70 dB και ο άλλος 60 dB. Η συνολική στάθμη από τους δύο αυτούς ήχους που ακούγονται ταυτόχρονα, είναι βάσει του τύπου (2):

$$L_{ολ} = 10 \log (10^{60/10} + 10^{70/10}) \Rightarrow L_{ολ} = 10 \log (10^6 + 10^7) \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{ολ} = 10 \cdot \log [10^6 (1 + 10)] \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{ολ} = 10 \cdot \log (106 \cdot 1) \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{ολ} = 10 (\log 106 + \log 1) \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{ολ} = 10 (2 + 0,04) \Rightarrow$$

$$= L_{ολ} 10.7,04 \Rightarrow L_{ολ} = 70,4 \text{ dB}$$

Η πρόσθεση δύο ήχων που διαφέρουν κατά 10 dB αύξησε τη στάθμη του ισχυρότερου κατά 0,4 dB μόνον. Μπορούμε να πούμε ότι ο ισχυρότερος ήχος "κάλυψε" τον ασθενέστερο.

B. Συχνότητα

Η συχνότητα που πολλές φορές αναφέρεται και σαν ύψος του ήχου, αναφέρεται στον αριθμό των μεταβολών της πίεσης του αέρα ανά δευτερόλεπτο, και ταυτίζεται με τον αριθμό των ταλαντώσεων της πηγής του ήχου ανά δευτερόλεπτο. Μετράται σε Hz. Για τον μέσο άνθρωπο τα όρια της συχνότητας των ήχων που μπορεί να ακούσει είναι από 16 Hz μέχρι 20000 Hz. Για τα νεαρά άτομα το όριο είναι μέχρι 24000 Hz, ενώ για τα μεγάλης ηλικίας κατεβαίνει στα 16000 Hz. Οι ήχοι με μικρή συχνότητα χαρακτηρίζονται σαν βαρείς, ενώ οι ήχοι με μεγάλη συχνότητα σαν οξείς. Ακόμη οι ήχοι με συχνότητα κάτω από 16 Hz λέγονται υπόηχοι, ενώ οι ήχοι με συχνότητα πάνω από 20000 Hz λέγονται υπέρηχοι.

Γ. Χροιά

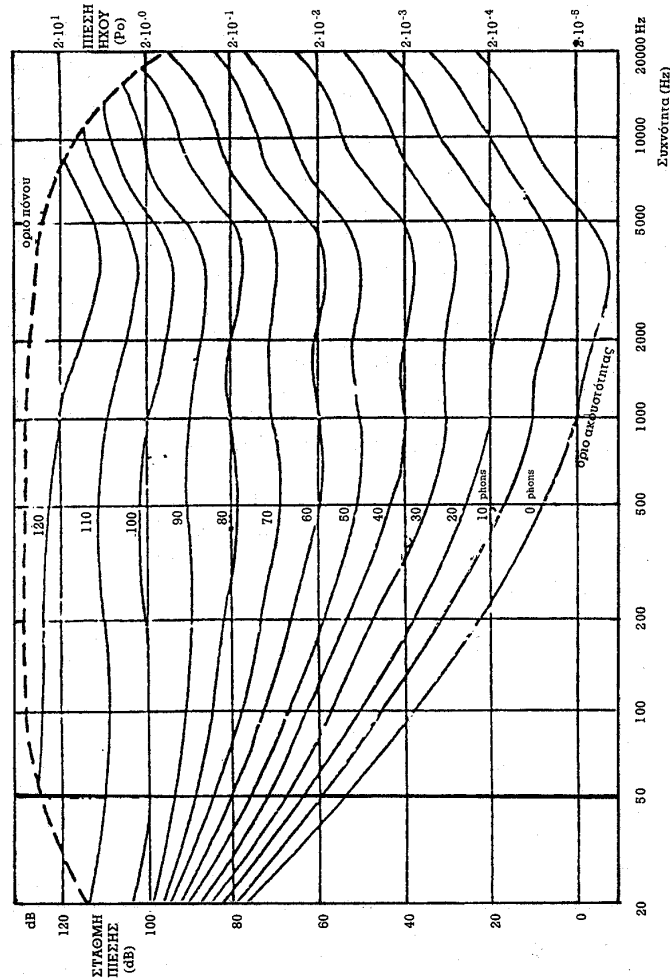
Είναι το χαρακτηριστικό του ήχου βάσει του οποίου το ανθρώπινο αυτί αντιλαμβάνεται διαφορετικούς ήχους που έχουν την ίδια ένταση και την ίδια συχνότητα. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε σύνθετος ήχος αναλύεται στον θεμελιώδη ήχο και στους ανώτερους αρμονικούς. Η διαφορετική αντίληψη δημιουργείται από το λόγο του πλάτους του θεμελιώδους ήχου προς τα πλάτη των ανωτέρων αρμονικών ήχων που είναι χαρακτηριστικό της πηγής που προέρχεται ο ήχος και έτσι το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ξεχωρίσει ήχους που έχουν διαφορετική χροιά.

Δ. Ακουστότητα

Μαζί με τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου θα εξετασθεί και η ακουστότητα που είναι υποκειμενικό χαρακτηριστικό του ήχου. Η ακουστότητα είναι το υποκειμενικό αίσθημα που δημιουργεί ο ήχος στον άνθρωπο και οφείλεται στο γεγονός ότι η ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού δεν είναι η ίδια για όλες τις συχνότητες των ήχων που μπορεί να αντιληφθεί.

Η ευαισθησία του αυτιού είναι καλύτερη στις μέσες συχνότητες 1000 - 5000 Hz και ελαττώνεται στις χαμηλές και στις υψηλές συχνότητες.

Η ακουστότητα είναι συνάρτηση της έντασης και της συχνότητας του ήχου όπως προκύπτει και από το λεγόμενο πεδίο ακουστότητας (Σχ. 7.1).



Σχάμα 7.1. Πεδίο ακουστότητας

Η ακουστότητα μετράται σε Phση και είναι η στάθμη σε dB ήχου συχνότητας 1000 Hz που δημιουργεί την ίδια εντύπωση στο αυτί με τον εξεταζόμενο ήχο, δηλαδή διάφοροι ήχοι συγκρίνονται με ήχους συχνότητας 1000 Hz. Από το πεδίο ακουστά τητας προκύπτουν τα εξής:

- Ο ελάχιστος ακουστός ήχος για κάθε συχνότητα είναι διαφορετικός. Έτσι ήχο στάθμης 40 dB με συχνότητα 100 Hz είναι μόλις ακουστός, ενώ με συχνότητα 1000 Hz είναι ακουστός.
- Παρόμοιες παρατηρήσεις υπάρχουν και για τα άνω όρια στάθμης του ήχου, που όμως προκαλούν πόνο.
- Η ακουστότητα ήχου στάθμης 60 dB και συχνότητας 100 Hz είναι 35 phση. Η ίδια είναι και η ακουστότητα στάθμης 50 dB και συχνότητας 10000 Hz. Βλέπουμε δηλαδή ότι οι δύο αυτοί ήχοι μοιραούνται διαφέρουν κατά 10 dB, είναι δέκα φορές ο ένας ισχυρότερος από τον άλλο, έχουν την ίδια ακουστότητα, δημιουργώντας την ίδια εντύπωση στο ανθρώπινο αυτί.

Η ακουστότητα δημιουργεί προβλήματα στη μέτρηση της έντασης του ήχου με την χρήση οργάνων που είναι γνωστά σαν **θορυβόμετρα**. Τα όργανα αυτά μετατρέπουν τις μεταβολές της πίεσης του αέρα σε μεταβολές ηλεκτρικής τάσης χρησιμοποιώντας μικρόφωνο και κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις. Τα θορυβόμετρα όμως δεν έχουν τη διαφορετική, ανάλογα με τη συχνότητα, ευαισθησία που έχει το ανθρώπινο αυτί και έτσι μολονότι μπορούν να μετρήσουν τη στάθμη του ήχου σε dB δεν μπορούν να μετρήσουν την ακουστότητα.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού γίνεται χρήση αντισταθμιστικών φίλτρων, που προσπαθούν να δώσουν στο θορυβόμετρο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της προστασίας του αυτιού, έτσι ώστε οι μετρήσεις που λαμβάνονται να αντιστοιχούν στο υποκειμενικό αίσθημα που δημιουργεί ο ήχος. Έτσι, ανάλογα με την συχνότητα του ήχου προσθέτονται ή αφαιρούνται μερικά dB. Διεθνώς χρησιμοποιούνται τρία φίλτρα, που χαρακτηρίζονται με τα σύμβολα A, B, και C για την ταύτιση των μετρήσεων με το υποκειμενικό αίσθημα του ήχου. Η επιλογή του κατάλληλου φίλτρου εξαρτάται από την ένταση του ήχου.

Πάντως βρέθηκε ότι το πιο κατάλληλο φίλτρο είναι το A. Οι μετρήσεις που γίνονται με την διόρθωση του φίλτρου A φέρουν τον συμβολισμό dB (A).

Περαιτέρω ανάλυση του προβλήματος της ακουστότητας είναι η υποδιαίρεση του φάσματος των ακουστών συχνοτήτων 16 Hz έως 20000 Hz σε επιμέρους διαστήματα, τις λεγόμενες οκτάβες, και την μέτρηση της έντασης του θορύβου σε κάθε οκτάβα. Τα διαστήματα των οκτάβων έχουν τυποποιηθεί.

7.3. Επιδράσεις του θορύβου

A. Βλάβη στην ακοή

Είναι η σημαντικότερη από τις επιδράσεις του θορύβου. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την κατανόηση του μηχανισμού απώλειας της ακοής και την καθιέρωση κριτηρίου για την επιτρεπτή στάθμη θορύβου.

Ο ισχυρός θόρυβος δημιουργεί προσωρινή ελάττωση της ακουστικής οξύτητας που με την απομάκρυνση από την πηγή και την παραμονή σε ησυχία είναι δυνατόν να αρθεί η βλάβη και να αποκατασταθεί η ακοή του ανθρώπου στα συνήθη επίπεδα.

Η συνεχής όμως παραμονή σε θορυβώδεις χώρους και η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου είναι δυνατόν να οδηγήσει σε μόνιμη βλάβη που σε αρχικά στάδια εμφανίζεται σαν μείωση της ακουστικής οξύτητας και μετέπειτα εξελίσσεται σε κώφωση, πάντως σύμφωνα με ερευνητικές εργασίες ρόλο για την βλάβη στην ακοή έχει η συνολική δόση θορύβου που έχει δεχθεί ο άνθρωπος στην διάρκεια της εργασίας του και της ζωής του. Βασικός στόχος είναι ότι η καθημερινή οκτάωρη εργασία δεν πρέπει να εκθέτει τον εργαζόμενο σε συνεχή θόρυβο μεγαλύτερο από 90 dB(A) συνολικά.

Ο υπολογισμός γίνεται βάσει του τύπου:

$$L_{\text{ισοδ}} = L_A = 10 \log T/T_{\eta\mu}$$

όπου:

L_{ισοδ}: η στάθμη του ισοδυναμού θορύβου σε dB(A) σε οκτάωρη έκθεση

L_A: η στάθμη σε dB(A) του θορύβου στον οποίο εκτίθεται ο εργαζόμενος επί T ώρες ημερήσια και

T_{ημ}: οι εργάσιμες ώρες ανά ημέρα. (Λαμβάνονται ίσες με 8).

Ετσι αν κάποιος εργαζόμενος εργάζεται επί 5 ώρες την ημέρα σε περιβάλλον με θόρυβο 94 dB(A) τότε σε 8ωρη βάση εκτίθεται σε θόρυβο:

$$\begin{aligned} L_{\text{ισοδ}} &= 94 + 10 \log 5/8 \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{\text{ισοδ}} &= 94 + 10 \log 0.625 \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{\text{ισοδ}} &= 94 + 10 (-0.204) \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{\text{ισοδ}} &= 94 - 2.04 \Rightarrow \\ \Rightarrow L_{\text{ισοδ}} &= 91.6 \text{ dB} \end{aligned}$$

Η έκθεση αυτή υπερβαίνει την επιτρεπόμενη των 90 dB(A) επί 8ωρο. Ο τελευταίος τύπος (3) αν λυθεί ως προς T και με την προϋπόθεση ότι επιτρέπονται 90 dB(A) επί 8ώρο δίνει την επιτρεπόμενη έκθεση ημερήσια σε θόρυβο L_A. Είναι:

$$\begin{aligned} 90 &= L_A + 10 \log T/8 = 90 - L_A \Rightarrow \\ \Rightarrow \log T/8 &= (90 - L_A)/10 \Rightarrow T = 8 \cdot 10^{(90 - L_A)/10} \end{aligned}$$

Από τον τύπο (4) προκύπτει ότι η εργασία σε θόρυβο στάθμης 93 dB(A) επιτρέπεται μόνο για

$$T = 8 \cdot 10^{(90 - 93)/10} \Rightarrow T = 8 \cdot 10^{-3} T = 4 \text{ ώρες την ημέρα.}$$

Τέλος ο ίδιος τύπος (3) αν λυθεί ως προς T_{ημ} δίνει τις ώρες έκθεσης, ανά ημέρα, σε 90 dB(A) που ισοδυναμούν με T ώρες έκθεση σε στάθμη L_A. Είναι:

$$\begin{aligned} 90 &= L_A + 10 \log T/T_{\eta\mu} \Rightarrow \\ \Rightarrow 10 \log T/T_{\eta\mu} &= 90 - L_A \Rightarrow \\ \Rightarrow \log T/T_{\eta\mu} &= (90 - L_A)/10 \Rightarrow \\ \Rightarrow -\log T/T_{\eta\mu} &= -(90 - L_A)/10 \Rightarrow \\ \Rightarrow \log T_{\eta\mu}/T &= (L_A - 90)/10 \Rightarrow \\ \Rightarrow T_{\eta\mu} &= T \cdot 10^{(L_A - 90)/10} \end{aligned}$$

Από τον τύπο (5) προκύπτει ότι η εργασία επί 3 ωρο σε θόρυβο στάθμης 96 dB(A) ισοδυναμεί με T_{ημ} = 3 · 10^{(96-90)/10} => T_{ημ} = 3 · 10^{0.6} => T_{ημ} = 3.4 => T_{ημ} = 12 ώρες εργασία σε θόρυβο 90 dB(A).

Ο αριθμός 90 dB(A) επί 8ωρο ημερήσια προέκυψε από έρευνες που κατέληξαν ότι εργασία επί 30 χρόνια στις ανωτέρω συνθήκες δεν δημιουργούν μόνιμη ζημιά στον εργαζόμενο, λαμβάνοντας υπόψη και την φυσική, με την πάροδο της ηλικίας ελάττωση της ακουστικής οξύτητας. Νεότερες τάσεις τείνουν να μειώσουν το όριο των 90 dB(A) σε 85 dB(A).

Όλα τα ανωτέρω αφορούν έκθεση σε συνεχή θόρυβο, ομοιόμορφο. Θόρυβος που προέρχεται από εκρήξεις, δηλαδή κρότους, μπορεί να προκαλέσει άμεση βλάβη στο αυτί, π.χ. ρήξη τύμπανου.

Για την αντιμετώπιση των επιζήμιων επιπτώσεων του θορύβου στους εργαζομένους, στους χώρους εργασίας, ενδείκνυται η εφαρμογή προγράμματος προστασίας της ακοής το οποίο περιλαμβάνει:

- Μέτρα προστασίας κατά των θορύβων (θα αναπτυχθούν στα επόμενα)
- Χρήση ατομικών δοσιμέτρων θορύβου για την μέτρηση της ημερήσιας έκθεσης σε θόρυβο των εργαζομένων σε θορυβώδεις χώρους.
- Κυκλική εναλλαγή των εργαζομένων σε όλες τις θέσεις εργασίας αν είναι δυνατόν και μέσα στο δώρο εργασίας.
- Εκπαίδευση και διαφώτιση για την χρήση και την αξία των ατομικών μέσων ηχοπροστασίας.
- Τακτική ακουομέτρηση των εργαζομένων που εργάζονται σε θορυβώδεις θέσεις καθότι η ελάττωση της ακοής δεν γίνεται αντιληπτή απαρχής γιατί η οξύτητα ελαττώνεται πρώτα σε συχνότητες έξω από τις συχνότητες της ανθρώπινης ομιλίας και μετά επεκτείνεται σε αυτές.

B. Ψυχολογικές επιδράσεις

Είναι γνωστές σε όλους οι ενοχλήσεις των θορύβων στο νευρικό σύστημα. Η συμπεριφορά των εργαζομένων σε χώρους υψηλών θορύβων επηρεάζεται δυσμενώς. Τα άτομα αυτά γίνονται ευερέθιστα, αισθάνονται εύκολα κούραση, φιλονικούν εύκολα, αισθάνονται εκνευρισμένα, έχουν μειωμένη απόδοση, δεν μπορούν να συγκεντρωθούν, δεν μπορούν να εκτελέσουν εργασίες που απαιτούν προσοχή και αυτοσυγκέντρωση. Μελέτες για τα ατυχήματα στο εργασιακό περιβάλλον υψηλού επιπέδου θορύβου έδειξαν ότι ο θόρυβος συνδέεται με αυξημένα ποσοστά ατυχημάτων.

Ευνόητο είναι ότι ο εκνευρισμός που δημιουργείται στους εργαζομένους από θόρυβο επιτείνει νευρωτικές καταστάσεις όσων εργαζομένων υποφέρουν από αυτές.

Από την άλλη μεριά η απουσία θορύβου κάνει πάλι ψυχολογικό πρόβλημα γιατί δημιουργείται η αίσθηση του κενού, και κάνει το άτομο να αισθάνεται χαμένο, απομονωμένο. Αλλωστε αυτή η απομόνωση δεν έκανε τα βύσματα και τις ωτοασπίδες δημοφιλή μέσα ηχοπροστασίας των εργαζομένων.

Γ. Άλλες επιδράσεις στην υγεία

Ο θόρυβος μπορεί να επιδράσει δυσμενώς σε διάφορες λειτουργίες του οργανισμού με συνέπειες: στομαχικές διαταραχές, αύξηση της πίεσης του αίματος,

αύξηση αναπνοών, ορμονικές διαταραχές με ιδιαίτερα βλαπτικές επιδράσεις στα έμβρυα εγκύων γυναικών.

Ακόμη ο θόρυβος διαταράσσει τον ύπνο. Η ενόχληση γίνεται είτε με διακοπή του ύπνου, είτε με μεταβολή των σταδίων του ύπνου είτε ακόμη με αύξηση του χρόνου που απαιτείται για να αποκοιμηθεί ο άνθρωπος.

Μελέτες έδειξαν ότι θόρυβος στάθμης 40 dB(A) αφύπνισαντο 25% των κοιμωμένων, ενώ θόρυβος στάθμης 70 dB(A) το 50%. Ιδιαίτερη ευαισθησία υπάρχει στις απότομες μεταβολές της στάθμης του ήχου, ενώ αντίθετα ισχυροί αλλά μονότονοι ήχοι μπορεί να διευκολύνουν τον ύπνο.

Όπως είναι γνωστό στην διάρκεια του ύπνου διακρίνουμε διάφορα στάδια όπου ο ύπνος είναι είτε ελαφρύς είτε βαθύς. Θόρυβοι στάθμης ακόμη και 35 dB(A) μπορούν να αλλάξουν τα στάδια του ύπνου και να μεταβάλλουν βαθύ ύπνο σε ελαφρύ. Ακόμη η στάθμη του θορύβου μεταβάλλει τον χρόνο που απαιτείται για να κοιμηθεί ο άνθρωπος. Σε μελέτες αναφέρονται μεταβολές του χρόνου αυτού από 20 min σε 90 min όταν ο θόρυβος αυξήθηκε από 35 dB(A) σε 50 dB(A).

Οι διαταραχές του ύπνου οδηγούν σε νευρική κατάσταση, μειωμένη απόδοση, ευερεθιστικότητα και κόπωση.

Δ. Παρεμπόδιση ομιλίας, επικοινωνίας κ.λ.π

Υψηλή στάθμη θορύβου οδηγεί σε παρεμπόδιση της επικοινωνίας γιατί είναι γνωστά τα καλυπτικά αποτελέσματα του ισχυρότατου ήχου πάνω στον ασθενέστερο. Η συνομιλία μεταξύ δύο ανθρώπων εμποδίζεται από τους θορύβους του περιβάλλοντος με συνέπειες στην κατανόηση των μεταφερομένων μηνυμάτων, πιθανή αδυναμία προειδοποιήσεων για κίνδυνο, επιμήκυνση τηλεφωνικών συνδιαλέξεων και δυσλειτουργία επιχειρήσεων όταν η συνεννόηση των εργαζομένων εμποδίζεται από τον θόρυβο.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η τηλεφωνική επικοινωνία πραγματοποιείται ικανοποιητικά όταν ο χώρος των συσκευών έχει θόρυβο κάτω από 55 dB(A). Όταν ο χώρος έχει θόρυβο πάνω από 85 dB(A) η τηλεφωνική επικοινωνία είναι αδύνατη.

Η διδασκαλία εμποδίζεται και αυτή από τον θόρυβο καθότι εκτός από τα καλυπτικά αποτελέσματα του θορύβου υπάρχει και η δυσκολία προσήλωσης της προσοχής.

7.4. Πηγές θορύβου

Οι κυριότερες πηγές θορύβου είναι τα μέσα συγκοινωνίας ή μεταφοράς με την ευρεία έννοια τους, οικοδομικές και παρόμοιες εργασίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κέντρα διασκέδασης και ψυχαγωγίας και μερικές οικιακές συσκευές.

- Τα μέσα μεταφοράς και συγκοινωνίας είναι από τις κυριότερες πηγές θορύβου. Τα μεγάλα οχήματα, φορτηγά και λεωφορεία προκαλούν σημαντικό θόρυβο που έρχεται

να προστεθεί στον θόρυβο που προκαλούν τα δίκυκλα τα οποία είναι ιδιαίτερα ενοχλητικά όταν δεν διαθέτουν σιγαστήρα. Ο θόρυβος από τα διάφορων ειδών οχήματα δημιουργείται από την λειτουργία της μηχανής των ή από την επαφή των τροχών με το έδαφος. Ποια από τις δύο περιπτώσεις δημιουργεί περισσότερο θόρυβο εξαρτάται από τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τον τρόπο οδήγησης. Οι ανηφορικοί δρόμοι και οι διασταυρώσεις με σηματοδότες είναι περιοχές που υποφέρουν πρόσθετα από τον θόρυβο που προέρχεται κύρια από τις μηχανές των οχημάτων, ενώ στους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας όπου η ταχύτητα των αυτοκινήτων είναι υψηλή, ο θόρυβος προέρχεται κύρια από την τριβή των τροχών με το έδαφος.

- Οι σιδηρόδρομοι προκαλούν ισχυρούς ή βαθείς ήχους που συνοδεύονται από κραδασμούς. Στα ηλεκτροκίνητα τραίνα ο θόρυβος προέρχεται μόνον από την επαφή των τροχών με τις ράγιες, οι οποίες έχουν εγκοπες ανά ορισμένο μήκος για την αντιμετώπιση των διαστολών και φαίνεται ότι σημαντική ενόχληση δημιουργείται κατά την διέλευση των τροχών πάνω από τις εγκοπες. Στα πετρελαιοκίνητα τραίνα έρχεται να προστεθεί και ο θόρυβος από τη λειτουργία της μηχανής καθώς και η συχνή χρήση ηχητικών σημάτων που προειδοποιούν για την προσέγγιση του τραίνου σε ισόπεδη διάβαση.

- Τα αεροπλάνα αποτελούν την σοβαρότερη πηγή θορύβου για τις κατοικημένες περιοχές γύρω από τα αεροδρόμια, τα οποία είναι σε πολλές πόλεις ανάμεσα σε αστικές περιοχές. Το πρόβλημα φαίνεται να εκτείνεται στο μέλλον καθώς η χρήση του αεροπλάνου, λόγω των γνωστών πλεονεκτημάτων του, γενικεύεται. Ο θόρυβος που προέρχεται από τα αεροσκάφη είναι ιδιαίτερας ισχύος και καλύπτει μεγάλη περιοχή συχνοτήτων. Η φάση της απογείωσης, όπου οι κινητήρες λειτουργούν σε πλήρη ισχύ, είναι πλέον ενοχλητική. Στα πολιτικά αεροσκάφη έρχονται να προστεθούν και τα πολεμικά για τα οποία δεν γίνεται ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε να εκπέμπουν λιγότερο θόρυβο. Σε μερικά αεροδρόμια, που γειτνιάζουν με πόλεις, απαγορεύτηκε η προσέγγιση υπερηχητικών επιβατικών αεροσκαφών εξαιτίας της πρόσθετης ενόχλησης που δημιουργούν.

- Οι οικοδομικές εργασίες προξενούν, λόγω της φύσης των εργασιών και του είδους των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται σοβαρές ενοχλήσεις όσον αφορά τον θόρυβο. Παρόμοιες εργασίες με την ανέγερση οικοδομών είναι η κατασκευή οδών και ιδίως η εκσκαφή χαντακιών για την διέλευση αγωγών, καλωδίων, κ.λπ ή επισκευή δικτύων. Σε αυτές τις εργασίες χρησιμοποιούνται σκαπτικά μηχανήματα χωρίς σιγαστήρες, και δεν δίνεται καμία προσοχή στην ενόχληση που δημιουργούν. Η ιδέα ότι εκτελούνται δημόσια έργα δίνει την εντύπωση απαλλαγής από κάθε συνέπεια από τις ενοχλήσεις που συνοδεύουν την εκτέλεση του έργου.

- Η βιομηχανία αποτελεί πηγή θορύβων που επιβαρύνει τους εργαζόμενους σε αυτήν και τους ενοίκους κατοικιών που γειτονεύουν με τις εγκαταστάσεις. Υπάρχουν κατηγορίες βιομηχανιών με ιδιαίτερη βαρύτητα στο πρόβλημα του θορύβου, όπως τα υφαντουργεία, τα τσιμεντάδικα, τα χαλυβουργεία, τα σωλη-νουργεία κ.λπ. Ο θόρυβος προέρχεται από την λειτουργία μηχανών με κινούμενα μέρη (κινητήρες, αντλίες), από σπαστήρες, από εξαρτήματα που τρίβονται μεταξύ τους, από εκτονώσεις αερίων, από κίνηση αερίων με μεγάλη ταχύτητα κ.λπ. Ο θόρυβος που δημιουργείται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες χρήζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης διότι οι εργαζόμενοι

λόγω της μικρής απόστασης από τις πηγές θορύβων είναι εκτεθειμένοι σε υψηλά επίπεδα θορύβου.

- Τα διάφορα κέντρα διασκέδασης όπως οι κλειστές αίθουσες χορού, λειτουργούν σε υψηλά επίπεδα θορύβου ενώ οι υπαίθριοι κινηματογράφοι και θέατρα το καλοκαίρι ενοχλούν τους περιοίκους τις καλοκαιρινές νύκτες.
- Τέλος, μερικές οικιακές συσκευές λειτουργούν με υψηλό θόρυβο. Τέτοιες είναι οι ηλεκτρικές σκούπες, τα μίξερ, και τα ηλεκτρικά πλυντήρια. Ακόμη οι τηλεοράσεις και τα στερεοφωνικά συγκροτήματα μπορεί να αποτελέσουν πηγή ενόχλησης όταν λειτουργούν σε μεγάλες εντάσεις. Ο θόρυβος από τις οικιακές συσκευές προστίθεται στο θόρυβο του περιβάλλοντος και αυξάνει την συνολική στάθμη θορύβου που υπάρχει στις σύγχρονες κατοικίες.

7.5. Μέτρα προστασίας από τον θόρυβο

Τα μέτρα προστασίας από τον θόρυβο διακρίνονται στα τεχνικά και τα διοικητικά μέτρα.

A. Τεχνικά μέτρα

Μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου μπορούν να ληφθούν στην πηγή του θορύβου, στην διαδρομή του και στον εργαζόμενο.

• Στην πηγή του θορύβου

Είναι η ορθότερη αντιμετώπιση του προβλήματος του θορύβου. Οι τεχνικοί κάνουν προσπάθειες για τον σχεδιασμό μηχανών που προκαλούν λιγότερη ηχορύπανση. Εντυπωσιακές αλλαγές και μείωση του θορύβου έχουν γίνει με τον επανασχεδιασμό των αεροσκαφών και των αυτοκινήτων.

Η τακτική συντήρηση επιτρέπει την λειτουργία του κινητήρα στις συνθήκες που σχεδιάστηκε και την μείωση της εκπομπής θορύβων. Η στήριξη πάνω σε ελαστικές βάσεις περιορίζεται με την μετάδοση μέσω στερεού μέσου ενώ η χρήση ηχομονωτικών φύλλων στο εσωτερικό των καλυμμάτων των μηχανών εμποδίζει την μετάδοση του θορύβου μέσω του αέρα. Βασική αρχή για την σχεδίαση μηχανών με μικρή εκπομπή θορύβου είναι ο περιορισμός των κινούμενων και τριβόμενων μερών και η χρήση σιγαστήρων όταν εκτονώνονται αέρια στο περιβάλλον.

Η καλή και η κακή χρήση των μηχανών επηρεάζει άμεσα την ηχορύπανση (π.χ. πολύστροφη οδήγηση μοτοσυκλετών οδηγεί στην υπερβολική εκπομπή θορύβου).

• Στην διαδρομή του ήχου

Η αντιμετώπιση του θορύβου από την πηγή μέχρι τον αποδέκτη γίνεται κύρια με την παρεμβολή ηχοαπορροφητικών υλικών, λύσεις προς την κατεύθυνση αυτή είναι:

Η κατασκευή των κτισμάτων από κατάλληλα υλικά (ηχομόνωση). Τα διπλά τζάμια στα παράθυρα προσφέρουν ικανοποιητική μείωση του θορύβου, η χρήση βαριών κουρτινών από κατάλληλο υλικό ενεργεί πρόσθετα. Η ατυχία στην περίπτωση των κτιρίων, είναι ότι κατασκευάζονται από σκελετό από μπετόν και σίδηρο που είναι συνεχής και επιπλέον είναι καλός αγωγός του ήχου. Έτσι οι θόρυβοι που προκαλούνται στα κτίρια μεταβιβάζονται εύκολα από τον σκελετό τους.

Η χρήση μονωτικών φύλλων στο εσωτερικό μέρος των τοίχων των χώρων όπου λειτουργούν θορυβώδεις εγκαταστάσεις.

Η χρήση εμποδίων στην διαδρομή του ήχου όπως δένδροστοιχίες από πυκνόφυλλα δένδρα κατά μήκος των οδικών αρτηριών, η τοποθέτηση καλυμμάτων γύρω από την πηγή κ.λπ.

- **Στον άνθρωπο**

Τα λεγόμενα ατομικά μέτρα προστασίας από τον θόρυβο είναι τα ωτοβύσματα (ωτοκαλύπτρες), οι ωτοκαλύπτρες και τα κράνη από μονωτικό υλικό για την κάλυψη όλης της κεφαλής.

Τα βύσματα φράσσουν την ακουστική οδό και μειώνουν τον θόρυβο κατά 25 -30 dB ιδίως στις υψηλές συχνότητες. Τα βύσματα κατασκευάζονται από πλαστικό, λάστιχο, κερί ή λεπτό βαμβάκι. Για την εφαρμογή τους χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί μετατόπιση από τη σωστή θέση τους μειώνει πολύ την προστασία που προσφέρουν. Τα καλύτερα υλικά είναι τα πλαστικά ή τα Λαστιχένια, τα κέρια χάνουν την εφαρμογή τους με τον καιρό και τα βαμβακένια έχουν μειωμένη απόδοση. Οι ωτοκαλύπτρες είναι το επόμενο μέτρο. Η απόδοσή τους εξαρτάται από το υλικό κατασκευής τους και από τον βαθμό εφαρμογής τους. Είναι ακριβότερες από τα βύσματα με καλύτερη όμως προστασία από τον θόρυβο.

Τα ηχομονωτικά κράνη προσφέρουν αυξημένη προστασία και χρησιμοποιούνται σε περιοχές πολύ υψηλών θορύβων (πίστες αεροδρομίων)!

Τα ατομικά μέσα προστασίας είναι εύκολη και φθηνή λύση αλλά δεν γίνεται εύκολα δεκτή από τους εργαζόμενους γιατί τους δημιουργούν την εντύπωση της απομόνωσης, ενοχλούν, προκαλούν εφίδρωση ή ακόμα και σιελορροια, από την πίεση που ασκούν γύρω από τα αυτιά οι ωτοκαλύπτρες που όταν να εφαρμόσουν πιέζουν του σιελογόνους αδένες. Τέλος, επειδή αποκλείουν τους εργαζόμενους από το σύνολο των ήχων καθιστούν δύσκολη την επικοινωνία μεταξύ των. Παρόλα αυτά, η χρήση των ατομικών μέτρων προστασίας πρέπει να επιβάλλεται όταν το επίπεδο θορύβου υπερβαίνει τα 90db(A)

7.6. Μέθοδοι περιορισμού του θορύβου

Ο κατασκευαστής μιας μηχανής πρέπει να υπολογίζει πόσο θα επηρεάσει η λειτουργία της τα επίπεδα θορύβου μέσα στο εργασιακό περιβάλλον που θα τοποθετηθεί. Πρέπει να μετρήσει το θόρυβο που δημιουργεί η μηχανή, την

κατεύθυνση του και τις συχνότητες του. Μετά πρέπει να καθορίσει το βαθμό της απαιτούμενης μείωσης θορύβου.

Σχεδόν σε κάθε περίπτωση ο θόρυβος παράγεται στο εργασιακό περιβάλλον:

α) από εργαλεία χειρός

β) από κινούμενα μέρη μιας μηχανής

γ) από τα εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης, αερισμού - εξαερισμού, απαγωγής σκόνης, πεπιεσμένου αέρα κ.λπ.

Για να γίνει αντιληπτό τι ακριβώς συμβαίνει μέσα στο χώρο εργασίας, όπου υπάρχουν διάφοροι θόρυβοι, πρέπει να γίνει ανάλυση του προβλήματος. Είναι αναγκαίος ο καθορισμός των πηγών του θορύβου και η γνώση των μηχανισμών γένεσης του, και των διαφόρων δρόμων τους οποίους η ηχητική ενέργεια φθάνει στους εργαζομένους.

Οι πηγές θορύβου μέσα σε χώρους εργασίας μπορούμε να πούμε ότι είναι κτύπος, τριβή, συντονισμός, στροβιλισμός και σπηλαίωση.

Οι δρόμοι με τους οποίους ο ήχος φτάνει στα αυτιά μας είναι:

α) Απ' ευθείας μέσω του αέρα.

β) Ανακλώμενος.

γ) Από ένα στοιχείο της οικοδομής π.χ. ένα παράθυρο που αναδημιουργεί δονούμενο τον ήχο.

δ) Από μετάδοση από το έδαφος, όπου ο ήχος ή η δόνηση μιας μηχανής μεταδίδεται μέσω των υλικών στηρίξεως της.

- Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην περίπτωση κάλυψης των μηχανών όταν αυτές είναι αερόψυκτες. Μπορεί να καλυφθεί ένα κομπρεσέρ ή ένας πύργος ψύξεως ο οποίος μπορεί να ρυπαίνει ηχητικά το χώρο στην αυλή του εργοστασίου όπου εκεί γίνονται πάρα πολλές εργασίες. Όταν λοιπόν καλυφθεί με μπετόν ο πύργος, πρέπει να μείνουν ελεύθερες δίοδοι του αέρα, τον οποίο χρειάζεται για να ψύχεται

Στην περίπτωση μεγάλων αναγκών σε αέρα μηχανών, πρέπει η τροφοδοσία τους να γίνεται εξαναγκασμένα με κατάλληλους ανεμιστήρες.

- Η βασική προσπάθεια επάνω στις μηχανές είναι να μειωθεί το εύρος των δυνάμεων που επενεργούν και δημιουργούν τους θορύβους.

- Έτσι γίνεται προσπάθεια να μειωθούν οι κρουστικοί θόρυβοι.

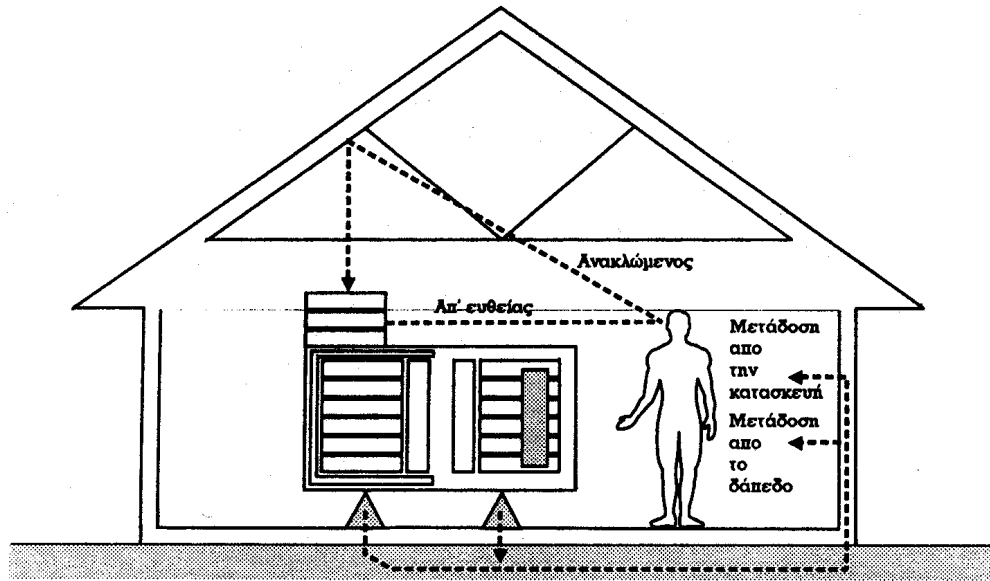
- Να ζυγοσταθμιστούν κινούμενα στοιχεία.

Θόρυβος με αναλυτικά παραδείγματα για την ηχητική ηχοστάθμη L

- Να μειωθούν οι τριβές με τη λίπανση και την ευθυγράμμιση των τριβών.
- Να μειωθεί η απόκριση των τμημάτων των μηχανών.
- Να μεταβληθεί η φυσική συχνότητα των στοιχείων που υφίστανται τις δονήσεις.
- Να μεγαλώσει ο βαθμός σκέδασης της ενέργειας.
- Να μειωθεί κατά το δυνατόν η εκπέμπουσα περιοχή.

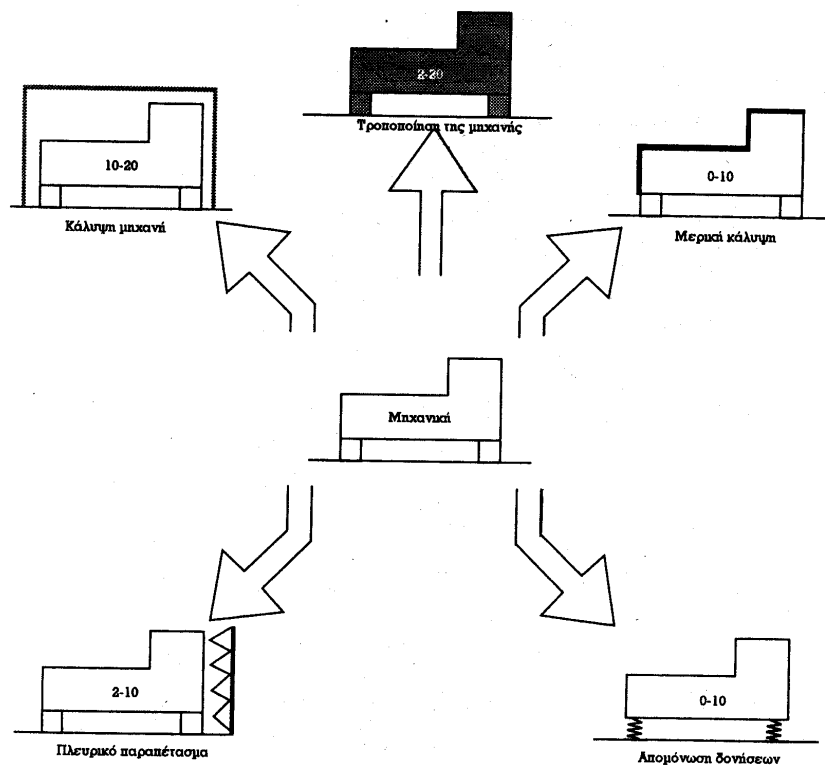
Ιδιαίτερα πρέπει να μελετηθούν οι δρόμοι μετάδοσης του ήχου.

- Πρέπει να χρησιμοποιούνται αντιδονητικές βάσεις και αποσβέστες στα πλαίσια των μηχανών.
- Να προστατεύονται ειδικές περιοχές με τη χρησιμοποίηση φραγμών στους δρόμους μετάδοσης του θορύβου.
- Να χρησιμοποιούνται καλύμματα όπου είναι δυνατόν.
- Να χρησιμοποιούνται σιγαστήρες.
- Γενικά να τοποθετούνται υλικά με μεγάλη ικανότητα απόσβεσης.
- Να τοποθετούνται εσωτερικά των χώρων εργασίας υλικά που απορροφούν τον ήχο, ώστε να αποφεύγονται έτσι οι ανακλάσεις.

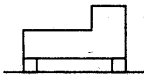
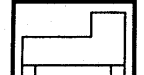
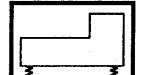
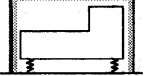
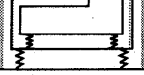


Σχίμα 7.2. Δρόμοι μετάδοσης του θορύβου.

Στα σχήματα 7.3 και 7.4 φαίνονται τεχνικές μείωσης θορύβου. Σε κάθε διάγραμμα δίδεται και η αναμενόμενη μείωση του ήχου σε (dB).



Σχίμα 7.3. Μέτρα για τη μείωση του θορύβου.

	Εφαρμογή	Μείωση επιπέδου θορύβου
	Μηχανή	dB(A)
	Κάλυψη μηχανής	10-20
	Κάλυψη μηχανής και απορόνωση	10-30
	Κάλυψη, απορρόφηση και απομόνωση	15-40
	Διπλή κάλυψη με απορρόφηση και απομόνωση	30-60

Σχίσμα 7.4. Προοδευτικές εφαρμογές μείωσης θορύβου.

Β. Διοικητικά – Οργανωτικά μέτρα

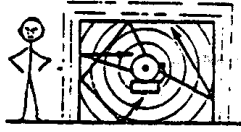
Τα μέτρα αυτά αφορούν κανόνες νομοθεσίας με τα οποία καθιερώνονται ζώνες δραστηριοτήτων, καθορίζονται όρια εκπομπής θορύβου από οχήματα, μηχανές κ.λ.π, και θεσπίζονται πρότυπα θορύβου.

Με νομοθετικά μέτρα απαγορεύεται η εγκατάσταση βιομηχανιών με θορυβώδη λειτουργία μέσα σε αστικές περιοχές, καθορίζονται βιομηχανικές περιοχές και επιβάλλεται η μετεγκατάσταση ή η διακοπή λειτουργίας θορυβωδών εγκαταστάσεων. Η περιοχή γύρω από τα αεροδρόμια χωρίζεται σε ζώνες ανάλογα με την όχληση, και επιβάλλονται τα αντίστοιχα μέτρα για την λειτουργία ευαίσθητων ιδρυμάτων (νοσοκομεία, εκπαιδευτήρια) και για την κατασκευή νέων κτιρίων με ηχομονωτικά υλικά.

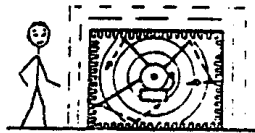
Είναι δυνατόν επίσης τις ώρες κοινής ησυχίας (ημέρας, νύχτας) να απαγορεύονται ενοχλητικές δραστηριότητες, (π.χ εκσκαφές, οικοδομικές εργασίες), να απαγορεύεται η κυκλοφορία ορισμένων οχημάτων (π.χ μοτοποδήλατα) ή να περιορίζεται η λειτουργία ηχητικών συσκευών.

Εχουν καθορισθεί οι ανώτερες επιτρεπόμενες στάθμες θορύβου για τον θόρυβο που εκπέμπεται από τις μηχανές αυτοκινήτων και μοτοποδηλάτων. Γίνονται μετρήσεις που αφορούν την λειτουργία της μηχανής σε διάφορες φάσεις όπως: εν στάσει, σε επιτάχυνση, σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Τα σχήματα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες προδιαγραφές για να τους επιτραπεί η κυκλοφορία.

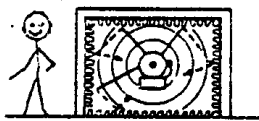
Αντίστοιχοι κανόνες έχουν τεθεί και για τα σύγχρονα αεροπλάνα από τις υπηρεσίες πολιτικής αεροπορίας ώστε να τους επιτρέπεται η χρήση των αεροδρομίων κάθε χώρας.



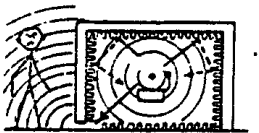
Μείωση θορύβου από αεροστεγές περίβλημα



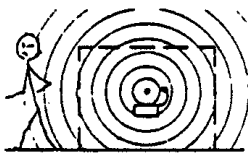
Σημαντική μείωση του θορύβου με πρόσθετη χρήση ηχοαπορροφητικού υλικού



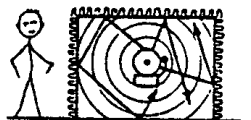
Παχύτεροι τοίχοι επιφέρουν ακόμη καλύτερη ηχομόνωση



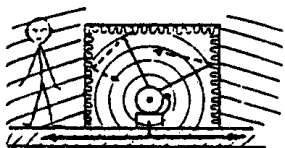
Ακρίστευση της ηχομόνωσης από απλό άνοιγμα



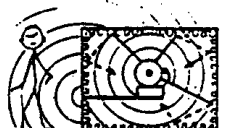
Πορώδες υλικό περιβλήματος έχει πτωχά μόνον αποτελέσματα ηχοαπορρόφησης



Χρήση ηχομονωτικού υλικού στην εξωτερική επιφάνεια του περιβλήματος δεν επιτυγχάνει ικανοποιητική βελτίωση της ηχοαπορρόφησης

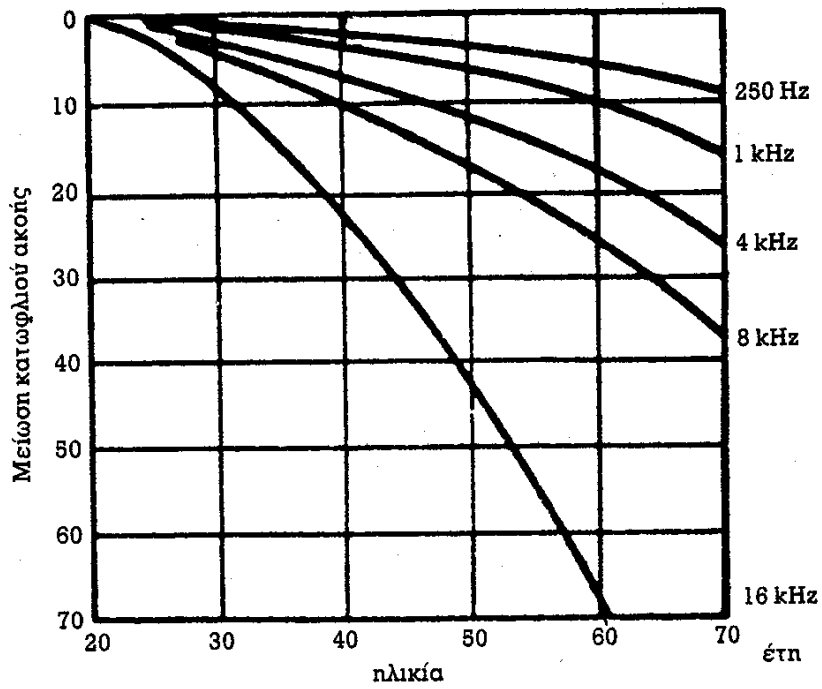


Μετάδοση κραδασμών μέσω του δαπέδου επιφέρει εκπομπή θορύβου από τις εξωτερικές επιφάνειες, ακρυστεύοντας την χρήση ηχομονωτικών

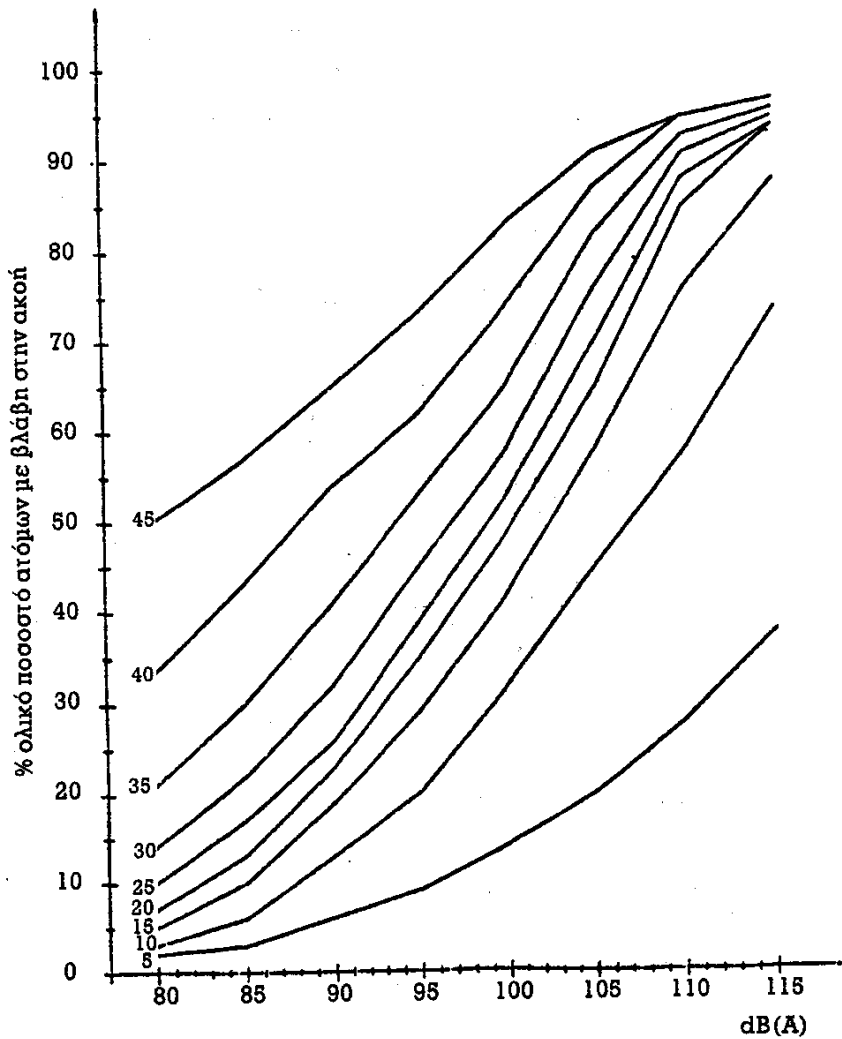


Μετάδοση κραδασμών εξαιτίας επαφής με το περίβλημα με συνέπεια τα ίδια φαινόμενα με την προηγούμενη περίπτωση

Σχίμα 7.5. Περιπτώσεις ηχομόνωσης με περίβλημα της πηγής θορύβου (πηγή Sax)



Σχάμα 7.6.



Σχάμα 7.7.

Μέσα στις υποχρεώσεις της πολιτείας είναι η σωστή χρήση της γης και η πρόβλεψη, για τις επεκτάσεις των πόλεων τις εγκαταστάσεις βιομηχανιών και τις διελεύσεις οδικών αρτηριών.

Σχετικά με τα επιτρεπόμενα όρια θορύβου υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάλογα με την χρήση της περιοχής (βιομηχανία, κατοικίες) και την ώρα στην διάρκεια του 24 ώρου. Επίσης για ειδικά ιδρύματα υπάρχουν πρόσθετες απαιτήσεις. Έτσι σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας προτείνονται στην βιομηχανία 75 dB(A) για 8ωρη εργασία καθημερινά, σε αστικές περιοχές 55 dB(A) την ημέρα και 45 dB(A) την νύχτα, ενώ για το εσωτερικό των σπιτιών 45 dB(A) την ημέρα και 35 dB(A) την νύχτα.

Σχετικά με τις βιομηχανίες, τα επιτρεπόμενα ανώτατα επίπεδα θορύβου, στα σύνορα των κτιρίων είναι σύμφωνα με το Π.Δ. 1180/81:

- Στις νομοθετημένες βιομηχανικές ζώνες 70 dB (A) - Στις περιοχές που επικρατεί ο βιομηχανικός χαρακτήρας 70 dB(A)
- Στις περιοχές με ίσο βιομηχανικό και αστικό χαρακτήρα 65 dB(A).
- Στις περιοχές που επικρατεί ο αστικός χαρακτήρας 55 dB(A)
- Στο εσωτερικό οικιών οποιουδήποτε είδους περιοχής που γειτνιάζει με βιομηχανία, με ανοικτά τα παράθυρα και τις πόρτες 45 dB(A).

Σχετικά με τα νοσοκομεία υπάρχουν, λόγω της ιδιαιτερότητας των, πρόσθετες απαιτήσεις που περιορίζουν την στάθμη του θορύβου περισσότερο από τις κατοικίες.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η συνεργασία και η διαφώτιση του κοινού είναι απαραίτητη για την επιτυχία προγραμμάτων περιορισμού των θορύβων, ενώ απλά οργανωτικά μέτρα που δεν κοστίζουν ιδιαίτερα είναι δυνατόν να συνεισφέρουν σημαντικά στην μείωση της ενόχλησης από θορύβους που για πολλούς είναι σημαντικότερη από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τέτοιο απλό μέτρο ήταν ο επανασχεδιασμός του αεροδρομίου στο αεροδρόμιο του Ελληνικού έτσι ώστε τα αεροπλάνα αμέσως μετά την απογείωση, που είναι η πλέον ενοχλητική φάση της πτήσης του αεροπλάνου από πλευράς θορύβου, να κερδίζουν ύψος και να πετούν πάνω από την θάλασσα, μειώνοντας επομένως την διάρκεια της πτήσης πάνω από κατοικίες και έτσι την ηχορύπανση.