

**“ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ”**

---

**ΘΟΥΒΟΣ**

**Αξιολόγηση και μέτρα αντιμετώπισης**

---

N. Μαραγκός  
Μηχανολόγος Μηχ. Msc

**ΚΙΛΚΙΣ 2005**

# **ΘΟΡΥΒΟΣ**

## **Αξιολόγηση και μέτρα αντιμετώπισης**

Νίκος Μαραγκός

### **Ιδιότητες του ήχου**

Σαν ήχος μπορεί να ορισθεί κάθε μεταβολή πίεσης (στον αέρα, το νερό ή οποιοδήποτε άλλο μέσο) που μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί.

Ο αριθμός μεταβολών πίεσης ανά δευτερόλεπτο καλείται συχνότητα του ήχου και μετρείται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (cps) ή Hertz (Hz).

**Εναλλακτικά** ο ήχος μπορεί να ορισθεί σαν ένα ερέθισμα που προκαλεί αισθητική απόκριση του εγκεφάλου με την αίσθηση της ακοής.

### **Ανεπιθύμητα αποτελέσματα του ήχου**

- Η κάλυψη επιθυμητών ήχων και κυρίως του λόγου
- Ενόχληση
- Ακουστική κόπωση
- Βλάβη της ακοής

## **Θόρυβος**

Θόρυβος συνήθως είναι ο ήχος που δεν φέρει καμμία πληροφορία και που η έντασή του συνήθως μεταβάλλεται τυχαία στο χρόνο.

Η λέξη θόρυβος συνήθως χρησιμοποιείται με την έννοια του ήχου που είναι ανεπιθύμητος από τον ακροατή. Παρεμβάλλεται με τους επιθυμητούς ήχους και είναι πιθανόν να είναι επιβλαβής ψυχολογικά.

Ο θόρυβος δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο φυσικό χαρακτηριστικό που να του δίνει την δυνατότητα να διαχωρισθεί από τον επιθυμητό ήχο.

Κανένα όργανο δεν μπορεί να κάνει διαχωρισμό μεταξύ θορύβου και ήχου. Μόνο η ανθρώπινη αντίδραση.

## **Ηχητικά κύματα**

Τα ηχητικά κύματα είναι μια ειδική μορφή κυμάτων που μπορούν να εμφανιστούν σ' ένα μέσο που έχει τις ιδιότητες της μάζας (αδράνεια) και της ελαστικότητας.

Επειδή ο αέρας έχει τις δύο αυτές ιδιότητες, μάζα και ελαστικότητα, για τον λόγο αυτό τα ηχητικά κύματα μπορούν να μεταδοθούν στον αέρα.

## **Συχνότητα**

Είναι το πόσες φορές ανά δευτερόλεπτο ένα δονούμενο σώμα ολοκληρώνει τον κύκλο κίνησής του.

Ο χρόνος που απαιτείται για κάθε κύκλο κίνησης καλείται περίοδος κύματος και είναι απλά το αντίστροφο της συχνότητας.

## **Μήκος κύματος**

Η απόσταση που ένα ηχητικό κύμα διανύει σε μια περίοδο ή κύκλο καλείται μήκος κύματος του ήχου.

Ισχύει:  $c = \lambda \times f$

όπου: c: ταχύτητα του ήχου

λ: μήκος κύματος

f: συχνότητα σε Hz

### **Ηχητική πίεση**

Η ηχητική πίεση είναι πολύ μικρές μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης εξ' αιτίας της δόνησης μιας ηχητικής πηγής. Μετράται στις ίδιες μονάδες με την ατμοσφαιρική πίεση.

### **Decibel**

Το Decibel χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ηχοστάθμη σχετικά με μετρήσεις θορύβου.

Ο ελαχιστότατος ήχος που μπορεί να γίνει αντιληπτός από ένα άτομο με πολύ καλή ακοή, σ' ένα πολύ ήσυχο περιβάλλον χαρακτηρίζει την τιμή 0dB. Τα 140dB είναι το ανώτατο όριο που φθάνει το κατώφλι του πόνου.

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην επιλογή μιας πρακτικής κλίμακας για την μέτρηση του ήχου είναι:

- Το πολύ μεγάλο εύρος ηχητικών πιέσεων που συναντώνται
- Η μη γραμμική απόκριση του ανθρώπινου αυτιού

Τα προβλήματα αυτά επιλύονται με την χρήση λογαριθμικής κλίμακας.

Εξ ορισμού το Decibel είναι μια αδιάστατη μονάδα που χρησιμοποιείται για να εκφράσει τον λογάριθμο του λόγου της μετρηθείσας ποσότητας προς μια ποσότητα αναφοράς

$$dB = 10 \log_{10} P_1/P_0$$

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούμε αυτή την πολύπλοκη κλίμακα είναι απλά ότι το ανθρώπινο αυτί συλλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο εύρος ακουστικής ενέργειας και μια απλή αριθμητική κλίμακα θα ήταν πολύ μεγάλη.

Σαν ποσότητα αναφοράς επιλέχθηκε το ελάχιστο όριο ακοής (κατώφλι ακουστότητας) ενός υγιούς ατόμου με ευαίσθητη ακοή. Αυτό το όριο είναι ίσο με 0,0002microbars.

Σημειώνουμε ότι αν διπλασιαστεί η ηχητική ενέργεια θα υπάρξει μια σχετική μόνο αύξηση της ηχοστάθμης της τάξης των 6dB.

### **Ένταση**

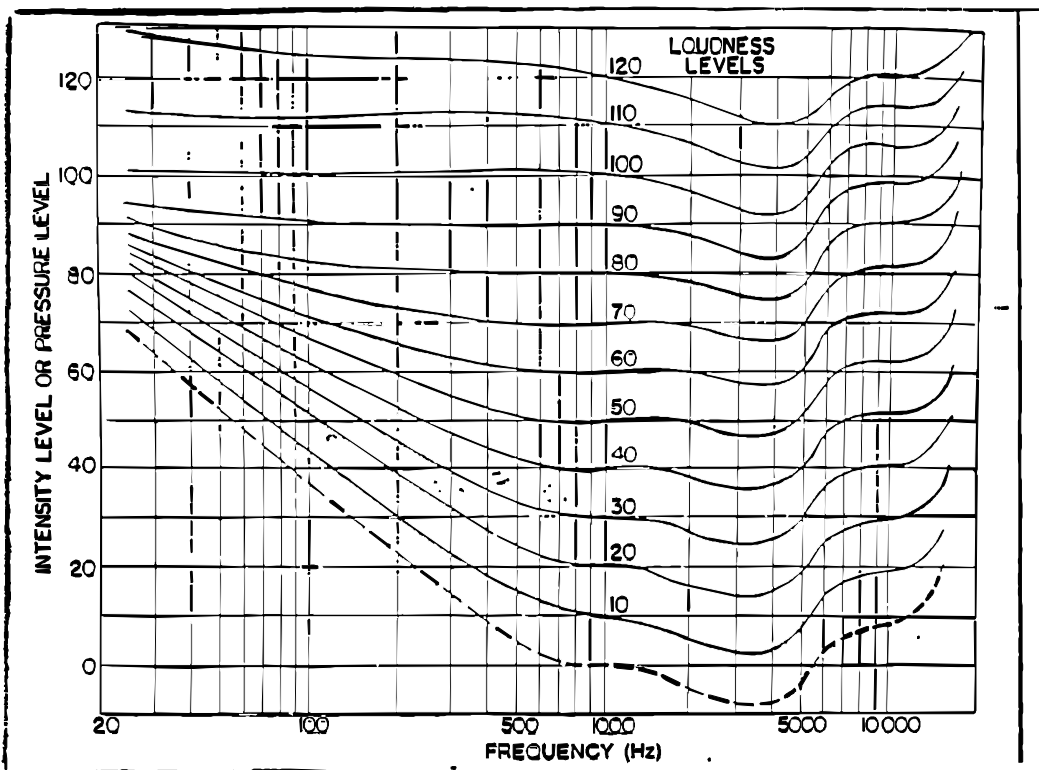
Ένταση είναι η ανθρώπινη υποκειμενική απόκριση σε δεδομένη ηχητική πίεση. Επηρεάζεται κυρίως από την ηχητική πίεση αλλά και από την συχνότητα του παραγόμενου ήχου (Σχεδιάγραμμα 1).

Η διαδικασία της ακοής αποτελείται από μια σειρά διαχωρισμένων διαδικασιών που από μόνες τους είναι αρκετά πολύπλοκες και για τον λόγο αυτό δεν υπάρχει απλή σχέση μεταξύ της φυσικής μέτρησης του επιπέδου ηχητικής πίεσης και της ανθρώπινης αντίληψης του ήχου. Ένας καθαρός τόνος μπορεί να γίνει αντιληπτός εντονότερος από άλλον ακόμη και αν έχουμε την ίδια ηχητική πίεση και στις δύο περιπτώσεις.

Το επίπεδο της ηχητικής πίεσης είναι μόνο ένα κομμάτι του παζλ και μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτίμηση. Το βασικό πρόβλημα είναι ότι οι προς μέτρηση ποσότητες θα πρέπει να συμπεριλάβουν και την ανθρώπινη αντίδραση. Αντίδραση που μπορεί να καθορισθεί από διάφορους παράγοντες όπως η κατάσταση της υγείας του ατόμου, τα χαρακτηριστικά του ήχου, κτλ.

Μια πλήρη περιγραφή του ήχου θα πρέπει να εμπεριέχει, το φάσμα των συχνοτήτων του, το επίπεδο ηχητικής πίεσης και τις μεταβολές τους ως προς το χρόνο.

**Σχεδιάγραμμα 1:** Σχέση έντασης, στάθμης θορύβου και συχνότητας



### Ισουψείς έντασης

Οι καμπύλες αυτές παρουσιάζουν το επίπεδο ηχητικής πίεσης που είναι απαραίτητη για κάθε συχνότητα για να προκύψει η ίδια απόκριση από έναν μέσο ακροατή.

Η μη γραμμική απόκριση του ανθρώπινου αυτιού φαίνεται από τις αλλαγές της μορφής των καμπυλών καθώς και το επίπεδο ηχητικής πίεσης αυξάνεται και είναι ιδιαίτερα αισθητή στις χαμηλές συχνότητες.

### Σταθμιστικά κυκλώματα

Είναι σχετικά εύκολο να κατασκευαστεί ηλεκτρονικό κύκλωμα που η ευαισθησία του να μεταβάλλεται με την συχνότητα του ήχου κατά τον ίδιο τρόπο με το ανθρώπινο αυτί. Αυτό έχει ήδη γίνει και το αποτέλεσμα είναι η κατασκευή τριών διαφορετικών σταθμιστικών κυκλωμάτων με χαρακτηριστικά διεθνών κανονισμών. Τα κυκλώματα αυτά χαρακτηρίζονται με A, B και C. Τα A κυκλώματα σχεδιάστηκαν για να ανταποκρίνονται καλύτερα σε υψηλές συνότητες, τα B σε μεσαίες και τα C σε υψηλές. Έτσι σε μία μέτρηση αν η τιμή είναι μεγαλύτερη με το σταθμιστικό C απ' ότι με το A, η ηχητική πηγή εκπέμπει θόρυβο χαμηλής συχνότητας. Η μέτρηση πάντως που έχει

καθιερωθεί για την εκτίμηση του θορύβου είναι αυτή με το σταθμιστικό κύκλωμα A, γιατί είναι πλέον γενικά αποδεκτό ότι περιέχει δυνατότητα διαβάθμισης σε βιομηχανικούς θορύβους ευρέως φάσματος που πλησιάζει πολύ τα βλαπτικά αποτελέσματα των στο ανθρώπινο αυτί.

### **Ανάλυση Έκθεσης σε θόρυβο**

Οι κρίσιμοι παράγοντες στην ανάλυση έκθεσης σε θόρυβο είναι:

α) το επίπεδο του A-σταθμισμένου θορύβου

β) το φάσμα συχνότητας του θορύβου

γ) διάρκεια και κατανομή της έκθεσης στο θόρυβο κατά την διάρκεια μιας τυπικής εργάσιμης ημέρας.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι κάθε θέση εργασίας, χωρίς μέσα ατομικής προστασίας, σε επίπεδο θορύβου μεγαλύτερο από 115 dBA είναι επιβλαβής και πρέπει να αποφεύγεται. Έκθεση σε επίπεδο θορύβου κάτω από 70 dBA μπορούν να θεωρηθούν ασφαλή και δεν προκαλούν μόνιμη απώλεια ακοής.

Όσον αφορά το φάσμα συχνοτήτων πιστεύεται ότι ηχητική ενέργεια που έχει κυρίαρχες συχνότητες πάνω από 500Hz, έχει περισσότερες δυνατότητες να προκαλέσει απώλειες ακοής.

Ακόμη θόρυβοι που έχουν αιχμηρές κορυφές σε στενό εύρος συχνοτήτων παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο απ' ό,τι θόρυβοι ίσου ενεργειακού επιπέδου που έχουν συνεχή κατανομή της ενέργειάς τους σε μεγάλο εύρος συχνοτήτων.

Η πιθανότητα να παρουσιασθεί ποσοστό απώλειας της ακοής εξ' αιτίας έκθεσης σε θόρυβο είναι ευθέως ανάλογη προς τον συνολικό χρόνο έκθεσης. Επιπρόσθετα πιστεύεται ότι διακοπτόμενη έκθεση είναι πολύ λιγότερο επιβλαβής απ' ό,τι συνεχόμενη έκθεση, ακόμη και αν το επίπεδο ηχητικής πίεσης στην διακοπτόμενη έκθεση είναι υψηλότερη και γι' αυτό κατά την διάρκεια διακοπής της έκθεσης το αυτί καταφέρνει να αναλαμβάνει.

Προς το παρόν τα καταστροφικά αποτελέσματα της έκθεσης σε θόρυβο και της περιεχόμενης ενέργειας του θορύβου δεν μπορούν να συσχετισθούν ευθέως. Έτσι ο

διπλασιασμός της περιεχομένης ενέργειας ενός θορύβου δεν θα επιφέρει διπλασιασμό του ποσοστού απώλειας ακοής.

Γενικά πάντως όσο μεγαλύτερο το ενεργειακό περιεχόμενο ενός θορύβου τόσο πιο σύντομος χρόνος έκθεσης απαιτείται για να επιφέρει το ίδιο ποσοστό απώλειας ακοής. Ένας ακόμη συντελεστής που πρέπει να ληφθεί υπ' όψη κατά την ανάλυση της έκθεσης σε θόρυβο είναι και ο τύπος του θορύβου. Για παράδειγμα ο θόρυβος κρούσης με σφύρα ή μιας έκκεντρης κρουστικής πρέσας είναι διαφορετικός από τον σταθερό θόρυβο (steady state) μιας τουρμπίνας ή ενός ανεμιστήρα.

### **Διαδικασία Εκτίμησης θορύβου**

#### *Βήμα 1: Μετρήσεις περιοχής*

Χρησιμοποιώντας ένα ηχόμετρο που έχει τεθεί σε αργή απόκριση και A-στάθμιση καταγράφουμε τις ανώτατες και τις κατώτατες τιμές στο κέντρο κάθε περιοχής εργασίας (100m<sup>2</sup>). Αν το μέγιστο επίπεδο θορύβου δεν ξεπερνά τα 84 dBA μπορούμε να πούμε ότι όλοι οι εργαζόμενοι στην συγκεκριμένη περιοχή εργάζονται σε ικανοποιητικό επίπεδο θορύβου. Αν το μέγιστο επίπεδο θορύβου είναι μεταξύ 84 και 92 dBA τότε απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

#### *Βήμα 2: Μέτρηση Θέσης Εργασίας*

Για να εκτιμηθεί η έκθεση σε θόρυβο ατόμων που εργάζονται σε περιβάλλον που η μέτρηση στο κέντρο του χώρου εργασίας έδειξε 84 έως 92 dBA, πρέπει να γίνει ατομική μέτρηση. Αν το επίπεδο θορύβου μεταβάλλεται συνεχώς τότε καταγράφουμε το μέγιστο και το ελάχιστο επίπεδο θορύβου. Αν το επίπεδο θορύβου δεν πέφτει κάτω από τα 90 dBA η αθροιστική δόση σ' αυτή την θέση εργασίας θα είναι μεγαλύτερη από την μονάδα που σημαίνει ότι έχουμε μη ικανοποιητική έκθεση του εργαζομένου.

#### *Βήμα 3: Διάρκεια Έκθεσης*



Σε θέσεις εργασίας όπου το σύνηθες επίπεδο θορύβου μεταβάλλεται από μικρότερο των 90 σε μεγαλύτερο των 90 dBA πρέπει να γίνει ανάλυση λαμβάνοντας υπ' όψη τον χρόνο έκθεσης.

Η διαδικασία για τον καθορισμό της ημερήσιας ηχοέκθεσης ενός εργαζομένου είναι η εξής:

1)Αναγνώριση του επιπέδου θορύβου σε κάθε περιοχή εργασίας που επισκέπτονται οι εργαζόμενοι

2)Καταγραφή του χρόνου σε λεπτά που ο εργαζόμενος καταναλώνει κάθε εργάσιμη ημέρα σετις αντίστοιχες περιοχές.

3)Διαίρεση του πραγματικού χρόνου που αναλίσκxεται σε κάθε περιοχή προς τον επιτρεπόμενο χρόνο έκθεσης για το επίπεδο θορύβου της περιοχής.

4)Προσθέτουμε τους λόγους που προκύπτουν και έχουμε την σταθμισμένη ηχοέκθεση. Αν το άθροισμα ξεπερνά την μονάδα τότε η έκθεση είναι πάνω από το επιτρεπόμενο όριο.

#### **Πίνακας 1: Επιτρεπτή έκθεση σε θόρυβο**

Διάρκεια έκθεσης σε ώρες	Επίπεδο θορύβου
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25	115

#### **Κατηγορίες έκθεσης**

Υπάρχουν δύο διαφορετικές κατηγορίες έκθεσης σε θόρυβο:

-συνεχόμενη έκθεση σε θόρυβο

-διακεκομμένη έκθεση σε θόρυβο

### *Συνεχόμενη έκθεση σε θόρυβο*

Η έκθεση αυτή είναι η έκθεση σε θόρυβο ευρέως φάσματος με σταθερό επίπεδο ηχητικής πίεσης, στον οποίον εκτίθεται ο εργαζόμενος 8 ώρες την ημέρα, 40 ώρες την εβδομάδα. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι περισσότεροι βιομηχανικοί θόρυβοι. Τα αποδεκτά επίπεδα φαίνονται στον σχετικό πίνακα 1. Όταν ένας εργαζόμενος εκτίθεται σε διαφορετικά επίπεδα θορύβου κατά την διάρκεια της ημέρας τότε χρησιμοποιείται η σχέση:

$$C_1/T_1 + C_2/T_2 + C_3/T_3 + \dots = D$$

Όπου  $C_i$  χρόνος έκθεσης και  $T_i$  ο επιτρεπόμενος χρόνος έκθεσης για το συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου.

ΠΧ : Εργαζόμενος εκτίθεται :

3.75 ώρες σε 85 dBA

2 ώρες σε 90 dBA

2 ώρες σε 95 dBA

0.25 ώρες σε 110 dBA

Η ημερήσια ηχοέκθεσή του είναι:

$3.75/0 + 2/8 + 2/4 + 0.25/0.5 = 1.25 > 1$ , άρα ο εργαζόμενος εκτίθεται περισσότερο απ' ότι κανονικά πρέπει.

### *Διακεκομμένη έκθεση σε θόρυβο*

Είναι η έκθεση σε δεδομένο επίπεδο ηχητικής πίεσης αρκετές φορές κατά την διάρκεια μιας εργάσιμης ημέρας. Τέτοια είναι η έκθεση των επιθεωρητών που αφήνουν το γραφείο τους, επιθεωρούν κάποιο τμήμα της εγκατάστασης και επιστρέφουν πάλι στο γραφείο τους. Ο κατωτέρω πίνακας δείχνει τα κριτήρια γ' αυτήν την κατηγορία έκθεσης. Σε περίπτωση θορύβου σταθερού επιπέδου είναι αρκετή η μέτρηση του επιπέδου του θορύβου με κύκλωμα ισοστάθμισης A. Σε περίπτωση όμως μη σταθερού θορύβου θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί δοσίμετρο.

<i>Daily Duration</i>		<i>Number of Times the Noise Occurs Per day</i>						
<i>Hours</i>	<i>Min</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>7</i>	<i>15</i>	<i>35</i>	<i>75</i>	<i>160.μρ</i>
8		90	90	90	90	90	90	90
6		91	93	96	98	97	95	94
4		92	95	99	102	104	102	100
2		95	99	102	105	109	114	
1		98	103	107	110	115		
	8	109	115					
	4	113						

**Πίνακας 2:** Επιτρεπτή έκθεση σαν συνάρτηση των αριθμών επαναλήψεων της έκθεσης

### **Πρόγραμμα ελέγχου θορύβου**

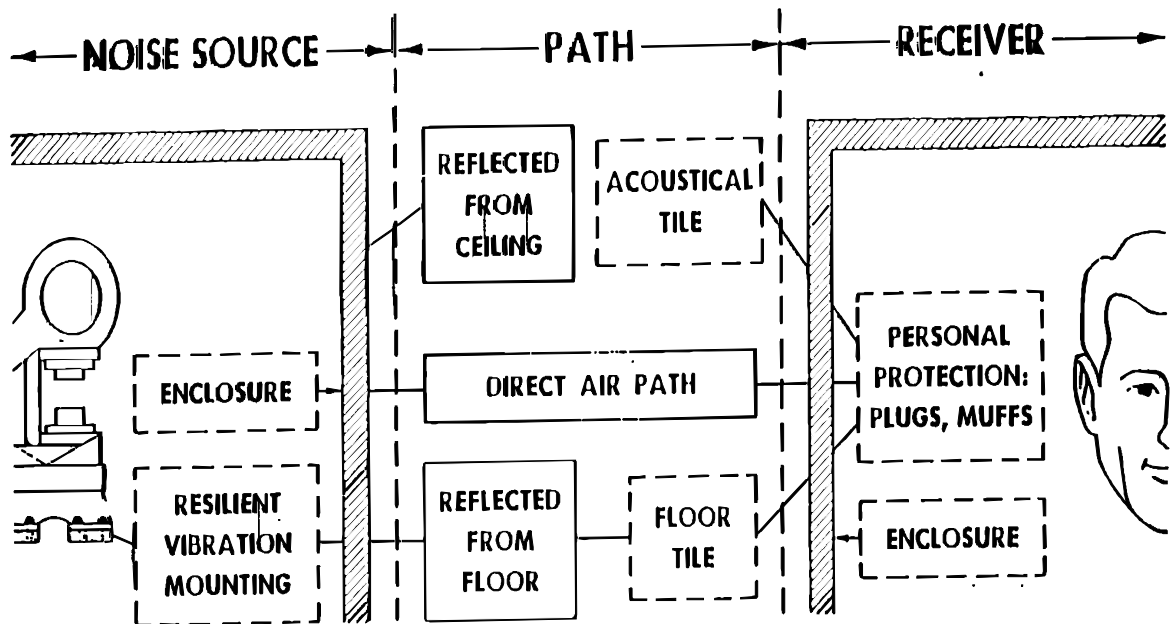
Ο βαθμός απαιτούμενης μείωσης του επιπέδου θορύβου προκύπτει από την σύγκριση των μετρούμενων επιπέδων με τα αποδεκτά. Το επόμενο στάδιο είναι η λήψη μέτρων ελέγχου όπως ο σχεδιασμός, ο περιορισμός του χρόνου έκθεσης ή η χρήση μέσων ατομικής προστασίας ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη αποδεκτή έκθεση.

Κάθε πρόβλημα έκθεσης σε θόρυβο διασπάται σε τρία επί μέρους θέματα:

- την πηγή έκθεσης
- την διαδρομή που ακολουθεί η ηχητική ενέργεια
- τον δέκτη δηλ. το ανθρώπινο αυτί.

Αν κάθε ένα από τα τρία αυτά μέρη του συστήματος μελετηθεί σε λεπτομέρεια το συνολικό πρόβλημα θα απλοποιηθεί σημαντικά (Σχεδιάγραμμα 1).

### **Σχεδιάγραμμα 2: Λήψη Μέτρων**



#### REDUCTION OF NOISE AT SOURCE BY:

1. Acoustical design
  - a. Decrease energy for driving vibrating system.
  - b. Change coupling between this energy and acoustical radiating system.
  - c. Change structure so less sound is radiated.
2. Substitution with less noisy equipment.
3. Change in method of processing.

#### REDUCTION OF NOISE BY CHANGES IN PATH:

1. Increase distance between source and receiver.
2. Acoustical treatment of ceiling, walls and floor to absorb sound and reduce reverberation.
3. Enclosure of noise source.

#### REDUCTION OF NOISE AT RECEIVER BY:

1. Personal protection.
2. Enclosures — isolating the worker.
3. Rotation of personnel to reduce exposure time.
4. Changing job schedules.