



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

# Ηχομόνωση – Ηχοπροστασία

ΤΟΜΟΣ Β

Δημήτρης Σκαρλάτος  
Αν. Καθηγητής  
Πανεπιστημίου Πατρών

Εφαρμογές Ηχομόνωσης  
και Ηχοπροστασίας







Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην ποιότητα της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του υποέργου 2 με τίτλο «Ανάπτυξη έντυπου εκπαιδευτικού υλικού για τα νέα Προγράμματα Σπουδών» της Πράξης «Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο» η οποία έχει ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» (ΕΠΕΔΒΜ) του ΕΣΠΑ (2007-2013), Άξονας Προτεραιότητας 7: «Ενίσχυση της Διά Βίου Εκπαίδευσης Ενηλίκων στις 8 Περιφέρειες Σύγκλισης» με κωδικό MIS 296121 και η οποία συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους, μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων (ΠΔΕ) του Υ.ΠΑΙ.Θ.

## Εφαρμογές Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας

### Σημείωση

Το ΕΑΠ είναι υπεύθυνο για την επιμέλεια έκδοσης και την ανάπτυξη των κειμένων σύμφωνα με τη Μεθοδολογία της εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης. Για την επιστημονική αριότητα και πληρότητα των συγγραμμάτων την αποκλειστική ευθύνη φέρουν οι συγγραφείς, κριτικοί αναγνώστες και ακαδημαϊκοί υπεύθυνοι που ανέλαβαν το έργο αυτό.

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών

---

Πρόγραμμα Σπουδών  
ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΟΛΥΜΕΣΑ

Θεματική Ενότητα  
ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ – ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Τόμος Β'  
Εφαρμογές Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας

Συγγραφή  
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΚΑΡΛΑΤΟΣ  
Αναπληρωτής Καθηγητής Τμ. Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχ/κών Πανεπιστημίου Πατρών

Κριτική Ανάγνωση  
ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΟΥΡΤΖΟΠΟΥΛΟΣ  
Καθηγητής Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών

Ακαδημαϊκός Υπεύθυνος για την ανάπτυξη του έντυπου διδακτικού υλικού του ΠΣ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΖΕΥΓΩΛΗΣ  
Καθηγητής Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου

Συντονιστής για την ανάπτυξη του έντυπου διδακτικού υλικού της ΘΕ  
ΑΝΔΡΕΑΣ ΦΛΩΡΟΣ  
Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Τεχνών Ήχου και Εικόνας Ιονίου Πανεπιστημίου

Ειδικός στη Μεθοδολογία της Ανοικτής και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης  
ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ ΣΠΑΝΑΚΑ

Γλωσσική Επιμέλεια  
ΜΑΡΙΑ ΓΑΡΓΑΡΩΝΗ

Τεχνική Επιμέλεια – Καλλιτεχνική Επιμέλεια – Σελιδοποίηση  
ΒΙΒΛΙΟΤΕΧΝΙΑ  
ΠΑΠΠΑΣ ΦΩΤΙΟΣ – ΔΟΥΒΟΥ ΣΕΒΑΣΤΗ Ο.Ε.

---

ISBN: 978-960-538-925-3

Κωδικός Έκδοσης: ΑΣΠ 51/Β

---

Copyright © 2013 για την Ελλάδα και όλο τον κόσμο  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Περιβόλα Πατρών – Τηλ.: 2610 367300, Φαξ: 2610 367650

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού Νόμου (Ν. 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής αδείας του εκδότη, κατά οποιονδήποτε τρόπο ή μέσο, αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική κ.λπ.) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών**

*Πρόγραμμα Σπουδών*

ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΟΛΥΜΕΣΑ

*Θεματική Ενότητα*

ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ – ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

*Τόμος Β΄*

# **Εφαρμογές Ηχομόνωσης και Ηχοπροστασίας**

**ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΚΑΡΛΑΤΟΣ**

*Αναπληρωτής Καθηγητής Τμ. Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχ/κών Πανεπιστημίου Πατρών*

ΠΑΤΡΑ 2013

## **Βιογραφικό**

*Ο Δημήτρης Σκαρλάτος γεννήθηκε το 1949 στη Θεσσαλονίκη. Φοίτησε στο Φυσικό Τμήμα του ΑΠΘ και το 1973 έλαβε το πτυχίο του Φυσικού. Το 1975 γράφτηκε στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών, από όπου αποφοίτησε το 1980. Εκπόνησε τη διδακτορική διατριβή του στην Ακουστική στο Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών του Πανεπιστημίου Πατρών και ανακηρύχτηκε Διδάκτορας το 1987. Σήμερα είναι Αναπληρωτής Καθηγητής στο ίδιο τμήμα και διδάσκει τα μαθήματα Ηχομονώσεις, Ακουστική Μηχανών και Ηχορύπανση, για τα οποία έχει εκδώσει και σχετικά βιβλία. Έχει δημοσιεύσει εργασίες σε έγκριτα διεθνή περιοδικά και έχει συμμετάσχει με ανακοινώσεις του σε διεθνή και ελληνικά συνέδρια. Επίσης έχει συγγράψει κεφάλαια σε ξενόγλωσσα βιβλία. Είναι ιδρυτικό μέλος και μέλος του ΔΣ του Ελληνικού Ινστιτούτου Ακουστικής.*

# Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	11
---------------	----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### **Μέθοδοι ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες-Κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	13
1.1 Ηχομείωση για θόρυβο σε ανοικτούς χώρους .....	16
1.1.1 Ηχοπετάσματα .....	16
1.1.2 Υλοποίηση ηχομείωσης με χρήση ηχοπετασμάτων .....	19
1.1.3 Επιδράσεις στην ηχομείωση των ηχοφραγμάτων .....	23
1.1.4 Χάρτες θορύβου και διεθνείς κανονισμοί περιβαλλοντικού θορύβου .....	27
1.2 Ηχομείωση για θόρυβο σε κλειστούς χώρους.....	36
1.2.1 Υπολογισμός ηχομείωσης αερόφερτου θορύβου .....	36
1.2.2 Μέθοδοι και πρακτικές ηχομόνωσης αερόφερτου θορύβου .....	42
1.2.3 Ηχομόνωση με την πηγή στον ίδιο χώρο – Κλωβοί .....	45
1.2.4 Υπολογισμός ηχομείωσης κτυπογενούς θορύβου .....	47
1.2.5 Πλευρικές μεταδόσεις .....	51
1.2.6 Ηλεκτρονικά συστήματα ενεργητικής ακύρωσης θορύβου (ANC) .....	52
1.3 Μέθοδοι μείωσης του θορύβου στην πηγή.....	56
1.3.1 Μείωση θορύβου που οφείλεται στην κατασκευή .....	56
1.3.2 Σωστή τοποθέτηση των πηγών θορύβου .....	56
1.3.3 Ισχύς μηχανών .....	56
1.3.4 Ελάττωση κρουστικών δυνάμεων .....	57
1.3.5 Μεταβολή συχνότητας .....	58



1.3.6	Αύξηση της περιμέτρου των επιφανειών.....	58
1.3.7	Ελαχιστοποίηση επιφανειών εκπομπής .....	58
1.3.8	Αποφυγή στροβιλισμών του αέρα.....	59
1.3.9	Επιλογή μεθόδου εργασίας που παράγει λιγότερο θόρυβο.....	59
1.3.10	Μόνωση των ταλαντώσεων.....	59
1.3.11	Μεγιστοποίηση μάζας ανένδοτης επιφάνειας .....	60
1.3.12	Αλλαγή υλικού και διατομής – Γωνίες .....	60
1.4	Μείωση θορύβου από αγωγούς .....	62
1.4.1	Απορροφητικοί σιγαστήρες (Absorptive silencers).....	63
1.4.2	Σιγαστήρες τύπου αντίδρασης (Reactive silencers) .....	67
1.4.3	Σιγαστήρες τύπου συντονιστών .....	69
	<i>Σύνοψη</i> .....	70
	<i>Λίστα Ελέγχου Γνώσεων</i> .....	72
	<i>Γλωσσάρι</i> .....	73
	<i>Βιβλιογραφία</i> .....	75
	<i>Οδηγός για Περαιτέρω Μελέτη</i> .....	76
	<i>Απαντήσεις σε Ασκήσεις Αυτοαξιολόγησης</i> .....	77
	<i>Απαντήσεις Δραστηριοτήτων</i> .....	83
	<i>Κατάλογος εικόνων</i> .....	86
	<i>Κατάλογος συμβόλων</i> .....	88

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### **Κανονισμοί και εφαρμογές ηχοπροστασίας**

	<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες-Κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	89
2.1	Επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο .....	91

2.1.1 Φυσιολογία αυτιού .....	91
2.1.2 Βλάβες στο αισθητήριο της ακοής .....	93
2.1.3 Ψυχολογικές επιπτώσεις .....	103
2.1.4 Παθολογικές επιπτώσεις .....	106
2.2 Αξιολόγηση του περιβαλλοντικού θορύβου .....	109
2.2.1 Δείκτες θορύβου .....	109
2.2.2 Ηχοπροστασία .....	115
2.3 Εφαρμογές ηχοπροστασίας .....	128
2.3.1 Κτιριοδομικός κανονισμός .....	128
2.3.2 Μελέτη ηχομόνωσης κατοικιών .....	132
<i>Σύνοψη</i> .....	140
<i>Λίστα Ελέγχου Γνώσεων</i> .....	142
<i>Γλωσσάρι</i> .....	143
<i>Βιβλιογραφία</i> .....	144
<i>Οδηγός για Περαιτέρω Μελέτη</i> .....	146
<i>Απαντήσεις σε Ασκήσεις Αυτοαξιολόγησης</i> .....	147
<i>Απαντήσεις Δραστηριοτήτων</i> .....	150
<i>Κατάλογος εικόνων</i> .....	152
<i>Κατάλογος πινάκων</i> .....	154
<i>Κατάλογος συμβόλων</i> .....	155
<b><i>Παράρτημα έγχρωμων εικόνων/πινάκων</i></b> .....	156



## Πρόλογος

Ο τόμος αυτός είναι ο δεύτερος κατά σειρά της ΘΕ ΑΣΠ 51 «Ηχομόνωση – Ηχοπροστασία». Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι και τεχνικές βάσει των οποίων μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το θόρυβο, ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής και διάδοσής του. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι κανονισμοί που διέπουν την ακουστική άνεση και την ηχοπροστασία, καθώς και οι επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο. Επίσης, περιγράφονται μερικές τεχνικές με τις οποίες μπορούμε να βελτιώσουμε την απόδοση των μεθόδων ηχομόνωσης.

Στον τόμο αυτό, όπως και στον τόμο ΑΣΠ 51/Α, έγινε προσπάθεια να παρουσιαστούν οι έννοιες στην πιο απλή μορφή τους, αποφεύγοντας, όπου ήταν δυνατό, τη χρήση πολύπλοκων μαθηματικών σχέσεων, ώστε να γίνουν κατανοητές και από μη ειδικούς σε αυτά τα θέματα.

