

Δημοσιεύτηκε στα ψηφιακά πρακτικά του 6^{ου} συνεδρίου ΕΛΙΝΑ, Κέρκυρα 2012

**Συνδυαστική Διερεύνηση Παραμέτρων Αξιολόγησης
Οπτικών και Ακουστικών Ανέσεων
σε Σχολικά Κτίρια της Ξάνθης: Φυσικός Φωτισμός –
Σκίασμός, Ηχοπροστασία – Αντήχηση**

Ελ. Αθανασιάδου elinatha@hotmail.gr, Μ. Μπούση evelin_ni@hotmail.com,
Ξ. Πάστερνακ xeniapast@yahoo.gr, Ν. Μπάρκας nbarkas@arch.duth.gr
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΔΠΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανακοίνωση αποτελεί τμήμα μιας προπτυχιακής έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε Γυμνάσια της Ξάνθης, κατά το 2011. Αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης και μακρόχρονης πανεπιστημιακής έρευνας που πραγματοποιείται σε κτίρια της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε διάφορες περιφερειακές πόλεις, με στόχο τη συνδυαστική αξιολόγηση των οπτικών και ακουστικών ανέσεων, με παραμέτρους τον ηλιασμό, την ηλιοπροστασία, την ηχοπροστασία και την ακουστική ποιότητα των αιθουσών διδασκαλίας.

Η παρούσα έρευνα αφορά ένα δείγμα εννέα (9) κτιρίων Γυμνασίων της περιφέρειας Ξάνθης και περιλαμβάνει συλλογή στοιχείων, μετρήσεις, καταγραφές δεδομένων, υπολογισμούς και ανάλυση ευρημάτων σε πίνακες και διαγράμματα.

***Combined Investigation of Evaluation Parameters
Concerning Optical and Visual Comfort in School
Buildings of Xanthi: Natural Light – Sun Protection,
Sound Protection - Reverberance***

ABSTRACT

This study is a part of an undergraduate university research project conducted in secondary schools of Xanthi during 2011. It forms part of a wider and continuing university research project that is conducted in primary and secondary school buildings in various regional cities aiming to examine the combination of acoustic and visual comfort, with parameters such as natural lighting, sun protection, sound protection and acoustics of school classes.

This research is about a sample of nine (9) secondary school buildings of the region of Xanthi and contains data collection, measurements, data recording, computations and analysis of findings in tables and diagrams.

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να αξιολογήσει εννέα (9) κτίρια Γυμνασίων (από τα συνολικά δεκατρία) στην πόλη και στην περιφέρεια της Ξάνθης με παραμέτρους την οπτική και ακουστική άνεση των αιθουσών διδασκαλίας.

Η επιτόπια έρευνα περιελάμβανε συλλογή στοιχείων, παρατηρήσεις καθώς και φωτιστικές - ηχητικές μετρήσεις, που καταγράφηκαν σε πίνακες και παρουσιάζονται συνοπτικά σε διαγράμματα. Κατά τη διάρκεια της έρευνας εντοπίστηκαν σοβαρές ελλείψεις στην ηχοπροστασία των κτιρίων, υψηλή αντήχηση εντός των αιθουσών, ενώ παράλληλα διαπιστώθηκαν ακατάλληλες συνθήκες φωτισμού και σκιασμού.

Οι σύγχρονες παιδαγωγικές μέθοδοι ενθαρρύνουν την ομαδική συμμετοχή, το διάλογο και τις συνεργατικές δραστηριότητες, διαδικασίες που αυξάνουν τους λειτουργικούς θορύβους στο εσωτερικό των τάξεων. Στην ίδια κατεύθυνση, προτιμώνται οι κυκλικές ή ασύμμετρες διατάξεις, κατάσταση που μεταβάλλει την τυπική σχέση πηγής - δέκτη, όπως αυτή υλοποιείται στις κλασικές, μετωπικές και μονο-αξονικές διατάξεις θρανίων / έδρας και πίνακα. [1], [2]

Η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, σε πρώτο επίπεδο, συνδέεται με την ένταση της φωνής του διδάσκοντα με τη στάθμη εσωτερικής ησυχίας (δηλαδή την ανάδυση του ωφέλιμου σήματος). Ωστόσο, σε ένα δεύτερο επίπεδο προσέγγισης, η καταληπτότητα εξαρτάται από την ακουστική ποιότητα του χώρου, που σε αίθουσες μικρού μεγέθους, σχετίζεται άμεσα με την αντήχηση. [3]

Αντίθετα, η χαμηλή ηχομονωτική ικανότητα των κτιρίων υποβιβάζει καταλυτικά την ακουστική άνεση των μαθητών, ιδίως στις περιπτώσεις που το σχολείο γειτνιάζει με θορυβώδεις πηγές όχλησης. Επιπρόσθετα, οι ηχοανακλαστικές (αντί για ηχοαπορροφητικές) επενδύσεις στο εσωτερικό των αιθουσών (για λόγους ασφάλειας ή οικονομίας) αυξάνουν τους λειτουργικούς θορύβους και υποβαθμίζουν την καταληπτότητα. [4], [5]

1. Παράμετροι βιοκλιματικού και ακουστικού σχεδιασμού

Σχετικά με το σχεδιασμό και την κατασκευή των νέων σχολικών κτιρίων, το θεσμικό πλαίσιο προδιαγραφών, προσδιορίζεται από τις Οδηγίες του Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων [6] και τις προδιαγραφές του Κτιριοδομικού Κανονισμού (άρθρο 12) :

- χωροθέτηση των αιθουσών σε νότιο (ή κατά περίπτωση βόρειο) προσανατολισμό, μακριά από πηγές θορυβικής όχλησης,
- ηχοπροστασία του κελύφους και ηχομονωτική ικανότητα των εσωτερικών διαχωριστικών πετασμάτων για εξασφάλιση ενός διακεκριμένου ορίου εσωτερικής ησυχίας (30 ως 35 dB για υψηλή / κανονική ακουστική άνεση αντίστοιχα),
- ηχο-απορροφητικές εσωτερικές επενδύσεις για την ανάδειξη του λόγου (θεωρία Sabine),
- κατάλληλες στάθμες φωτισμού (300-400 lux) στο επίπεδο εργασίας (διαμετρής φωτισμός με φεγγίτες) και αποτροπή της θάμβωσης,
- διακριτοί τρόποι σκιασμού, ανάλογα με τον προσανατολισμό των αιθουσών (κατακόρυφα ή οριζόντια σκίαστρα / ράφια φωτισμού κλπ). [3], [4], [7], [8].

2. Η μεθοδολογία της έρευνας

Η επιλογή του δείγματος της έρευνας πραγματοποιήθηκε με κριτήρια:
 -τη διασπορά των σχολικών μονάδων στον αστικό ιστό,
 -τον προσανατολισμό και την τυπολογία των κτιρίων,
 -το έτος κατασκευής (σε σχέση με την εκπόνηση και εφαρμογή των κανονισμών).



Σε κάθε σχολικό κτίριο επιλέχθηκε μια αντιπροσωπευτική αίθουσα με νότιο, κυρίως, προσανατολισμό. Οι ηχητικές και φωτιστικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν το Μάιο του 2011, χωρίς την παρουσία μαθητών, κατά τη διάρκεια των πρωινών ή μεσημβρινών ωρών (ανάλογα με τον ακριβή προσανατολισμό κάθε αίθουσας).

Η διαδικασία της έρευνας περιελάμβανε:

- φωτογραφική και σχεδιαστική αποτύπωση των αιθουσών του δείγματος,
- καταγραφή και αξιολόγηση των εσωτερικών επενδύσεων και του εξοπλισμού κάθε αίθουσας,
- στάθμιση των εξωτερικών επιπέδων θορύβου και φυσικού φωτισμού στο προαύλιο κάθε σχολικής μονάδας του δείγματος,
- μετρήσεις της στάθμης θορύβου και φυσικού φωτισμού σε κάθε αίθουσα (με ή χωρίς τη χρήση εσωτερικών σκιάστρων),
- υπολογισμό των επιπέδων φυσικού φωτισμού (σε lux), θάμβωσης (σε DLF %, Daily Light Factor), εσωτερικής ησυχίας (Leq σε dB[A]) και χρόνου αντίληψης (συχνотική διακύμανση και σφαιρική τιμή σε sec),
- αξιολόγηση των κατά περίπτωση φωτιστικών και ακουστικών δεδομένων κάθε αίθουσας του δείγματος για αίθουσες διδασκαλίας σε λειτουργία λόγου.

3. Τα δεδομένα της έρευνας

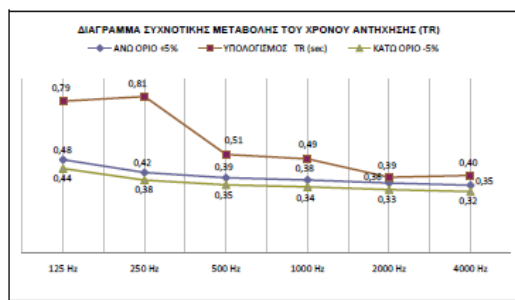
Ενδεικτικά παρατίθεται η καρτέλα καταγραφής των παρατηρήσεων και μετρήσεων με μία αίθουσα από τα σχολικά κτίρια του δείγματος :

ΣΧΟΛΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ		ΠΕΡΙΓΡΦΗ & ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	Άλιων* Ιδιωτ. Γυμνάσιο	Ιδιωτικό σχολικό συγκρότημα που περιλαμβάνει νηπιαγωγείο, δημοτικά, γυμνάσιο και λύκεια. Βρίσκεται εκτός πόλης, πάνω στην επαρχιακή οδό Σαϊνής - Αρδύρων. Τα κτίρια είναι οργανωμένα σε επιμέρους κτιριακές μονάδες, γύρω από μια κεντρική αυλή, με σημειακές συνδέσεις μεταξύ τους, νότιο προσανατολισμό αιθουσών και ζεχωριστές αυλές εκπαίδευσης. Ο κτιριακός όγκος του γυμνασίου περιλαμβάνει έξι αίθουσες νότια ενός γραμμικού διαδρόμου, ενώ βόρεια βρίσκονται οι βοηθητικοί χώροι.				
ΣΥΝΟΙΚΙΑ	Γενισάτα					
ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2007					
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ημερήσιο					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ						
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	νότιος	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	0°	ΤΥΠΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	συνεχόμενα	
ΜΕΤΡΗΤΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (AYLH) (lux)	6000	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	5,90 x 6,80	ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΣΥΜΠΛΩΓΩΝ	1 : 1	
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΣΚΙΑΣΜΟΣ	δεν υπάρχει	ΥΨΟΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ (m)	3,00	ΦΕΓΓΙΤΕΣ	δεν υπάρχουν	
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ	αρχιτεκτονικές προεξοχές (μάσκα από σπλισμένο σκυρόδεμα)					
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	A : 1400	B : 1800	Γ : 283	Δ : 200	E : 720	
ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ	κουρτίνες ρολά με χειροκίνητο μηχανισμό					
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ (lux)	A : 180	B : 320	Γ : 69	Δ : 42	E : 140	
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΟΜΑΤΙΣΜΟΙ				ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΩΣΗΣ
ΠΗΓΕΣ ΟΧΛΗΣΗΣ	επαρχιακή οδός Βαρβόλι φώσης	ΔΑΠΕΔΟ	βιομηχανικό δάπεδο μπλέ χρώματος			
		ΟΡΟΦΗ	ηχοαπορροφητική ψευδοροφή			
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΗΧΟΣΤΑΘΜΗ [dB(A)]	55	ΠΛΕΥΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	σπαρτά σε διάφορες αποχρώσεις (πορτοκαλί, άσπρο)			
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΗΧΟΣΤΑΘΜΗ [dB(A)]	48	ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	δίπλοι υαλοπινάκες, λευκά κουφώματα αλουμινίου			
ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΣΤΑ 250ΗΖ (σεo, κατά Sabine)	0,81	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	πίνακας με λευκή στήληνη επένδυση, θραύα ζύλινα ημιδιαφανές κουρτίνες ρολά σε καφέ-κόκκινη απόχρωση			
ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΣΤΑ 600ΗΖ (σεo, κατά Sabine)	0,51					

ΑΞΙΟΝ ΙΔ. ΓΥΜΝΑΣΙΟ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΣΧΟΛΙΚΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ			
ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				
διαστάσεις αίθουσας	5,90 * 6,80 * 3,00		όγκος αίθουσας (m ³)	120
διαστάσεις εδάφους	-		χωρίς τον όγκο εδάφους	
ΔΑΠΕΔΟ	περιγραφή	πλάτος	διαστάσεις m	m²
καθίσματα	πλαστικά καθίσματα (50%)	12	0,40 * 0,40	2
χρυσάκι	μαθητές σε ζύλινα καθίσματα (50%)	12	0,40 * 0,90	4
επιπλα	ζύλινα θρανία	12	1,20 * 0,40	6
εδρά του καθηγητή	ζύλινη	1	0,90 * 0,55	6
υπόλοιπο δάπεδο	linoleum	-	6,90 * 6,80 - άνωθεν	34
ΟΡΟΦΗ				
πλακίδια οροφής	πλακίδια ορυκτών ινών	-	6,90 * 6,80	47
ΜΠΡΟΣΤΑ ΤΟΙΧΟΣ				
πίνακας	plaster	2	2,50 * 1,20 - 1,20 * 1,20	4
πίνακας	ζύλο καλλήτσό	1	1,20 * 1,20	1
επιχρισμα	πλινθοδομή με σοβά	-	6,80 * 3,00 - άνωθεν	16
ΠΙΕΔ ΤΟΙΧΟΣ				
επιχρισμα	πλινθοδομή με σοβά	-	6,80 * 3,00	20
ΠΛΑΓΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ				
κουρτίνες	μεταξάιν βάρους, με πτυχές 1:1,5	4	1,60 * 0,60	4
παράθυρα	με διπλούς υαλοπίνακες	4	1,60 * 1,80 - κουρτίνες	8
φινιρίτης	με διπλούς υαλοπίνακες	1	1,10 * 0,60	1
πόρτα	ζύλινη	1	2,15 * 1,10	2
επιπλα	ζύλινη βιβλιοθήκη	1	3,35 * 1,70	6
επιχρισμα	πλινθοδομή με σοβά	2	6,90 * 3,00 - άνωθεν	21
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ				178

Ομοιοποίηση επιμέρους επιφανειών με ενιαία επένδυση	Υπολογισμός χρόνου αντήχησης με βάση τον συντελεστή ηχοαπορρόφησης υλικών (α)
περιγραφή	m ²
μαθητές σε ζύλινα καθίσματα	4
L.L.Doeite	1,60 1,90 2,89 3,02 3,46 3,11
ζύλινα θρανία, καθίσματα, βιβλιοθήκες	13
Αθωνασπούλας Νο 60	2,01 2,54 2,94 5,22 5,08 4,01
επιπλα - εδρα ζύλινη	6
L.L.Doeite	0,16 0,14 0,12 0,11 0,09 0,07
plaster	4
L.L.Doeite	0,08 0,07 0,06 0,05 0,04 0,03
	0,12 0,09 0,07 0,05 0,05 0,04
	0,59 0,40 0,31 0,22 0,22 0,18

πίνακας από ζύλο καλλήτσό	1	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Αθωνασπούλας Νο 36		0,40	0,32	0,24	0,13	0,14	0,16
δάπεδο από linoleum	34	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
Αθωνασπούλας Νο 26		0,69	1,03	1,03	1,03	1,03	0,69
πλακίδια ορυκτών ινών	47	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L.L.Doeite		9,38	9,38	23,45	23,45	32,84	32,84
επιχρισμα από σοβά	68	0,12	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04
Αθωνασπούλας Νο 13		6,73	5,05	3,83	2,80	2,80	2,24
παράθυρο με διπλούς υαλοπίνακες	8	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Αθωνασπούλας Νο 5		2,92	2,09	1,50	1,00	0,58	0,33
κουρτίνα μεταξάιν βάρους, με πτυχές 1:1,5	4	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60
Αθωνασπούλας Νο 20		0,27	1,15	1,88	2,88	2,69	2,30
πόρτα ζύλινη	2	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Αθωνασπούλας Νο 30		0,35	0,25	0,24	0,17	0,14	0,17
στυλόσφαιρα	1	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	2,40
		0,00	0,00	0,00	0,36	1,08	2,89
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ	178						
ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ Σ(α)		24,88	24,23	36,48	40,36	60,13	48,88
ΟΓΚΟΣ (m³)		120					
Ιδανή TR=0,076*V^{0,16}		0,87					
θνηύ οριο -5%		0,48	0,42	0,39	0,38	0,36	0,35
υπολογισμός κατά τον τύπο SABINE		0,79	0,81	0,61	0,48	0,38	0,40
TR (sec)= V*0,163/S(α)							
κάτω οριο -5%		0,44	0,38	0,35	0,34	0,33	0,32



Σχήμα 3.1 Ενδεικτική καρτέλα υπολογισμού αντήχησης σχολικής αίθουσας.

Για την οικονομία της ανακοίνωσης, η ανάλυση των δεδομένων επικεντρώνεται σε δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις σχολείων του δείγματος.

Το Ιδιωτικό Γυμνάσιο Αξιον, χάρη στη απομονωμένη θέση του, αλλά και την επιμελημένη επιλογή των εσωτερικών επενδύσεων, διαθέτει τις καλύτερες ακουστικές συνθήκες, συγκριτικά με τα υπόλοιπα σχολεία. Η παθητική ηχοπροστασία του κτιριακού συγκροτήματος εξασφαλίζει χαμηλές τιμές ηχητικής όχλησης στους υπαίθριους και κλειστούς χώρους. Ωστόσο, η μονάδα υστερεί σημαντικά στην ηχομόνωση των αιθουσών, εξαιτίας κακοτεχνιών στα κουφώματα.

Οι αίθουσες με νότιο προσανατολισμό προσφέρουν επαρκή σκιασμό, ενώ οι κατά περίπτωση υψηλές φωτιστικές στάθμες αντιμετωπίζονται με τη ρύθμιση των εσωτερικών σκιάστρων, τα οποία ωστόσο δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν πλήρως αποτελεσματικά το ενοχλητικό φαινόμενο της θάμβωσης.

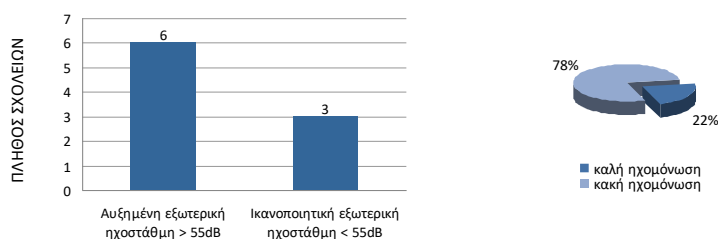
Το Μουσικό Γυμνάσιο – Λύκειο Ξάνθης στεγάζεται προσωρινά σε κτίριο εμφανώς ακατάλληλο για τη συγκεκριμένη λειτουργία. Χρηζει μιας ολοκληρωμένης ακουστικής μελέτης και αντίστοιχων ριζικών οικοδομικών βελτιώσεων. Χαρακτηρίζεται από ακατάλληλη χωροθέτηση (περιβάλλον με έντονη ηχητική όχληση), από μειωμένη ηχοπροστασία (παρά την εφαρμογή εξωτερικών κουφωμάτων με διπλούς υαλοπίνακες) εξαιτίας της έλλειψης αντικραδασμικών διατάξεων και από ανεπαρκή ηχομονωτική ικανότητα στα πρόσθετα διαχωριστικά μεταξύ των αιθουσών.

Επιπρόσθετα, ο συνδυασμός εκτεταμένων υαλοπινάκων και η έλλειψη ηχοαπορροφητικών επενδύσεων δεν μπορούν να εξασφαλίσουν ανεκτές ακουστικές συνθήκες στο εσωτερικό των αιθουσών. Σε συνθήκες θάμβωσης, λόγω του ανατολικού προσανατολισμού των αιθουσών και την αναποτελεσματική σκίασή τους, καθίσταται αναγκαστική η χρήση τεχνητού φωτισμού. Συνολικά, οι ακατάλληλες αναλογίες της αίθουσας του δείγματος και η μη λειτουργική εσωτερική διάταξη της δυσχεραίνουν τις συνθήκες οπτικής και ακουστικής άνεσης των μαθητών.

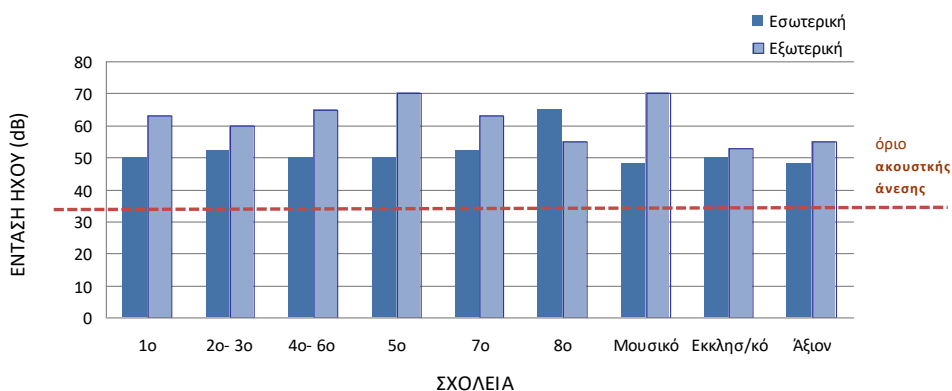
4. Συγκριτικά δεδομένα

4.1 Ηχοπροστασία

Όσον αφορά την ηχοπροστασία, ο θόρυβος του περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα αυξημένος στο 67% των σχολείων του δείγματος [Σχήμα 4.1], ενώ μόλις σε ποσοστό 22% εντοπίστηκε επαρκής ηχομόνωση, με αξιόλογες διαφορές εξωτερικής - εσωτερικής ηχοστάθμης (> 20 dB)



Σχήμα 4.1 (αριστερά) Θόρυβος περιβάλλοντος
Σχήμα 4.2 (δεξιά) Ηχομονωτική ικανότητα αιθουσών

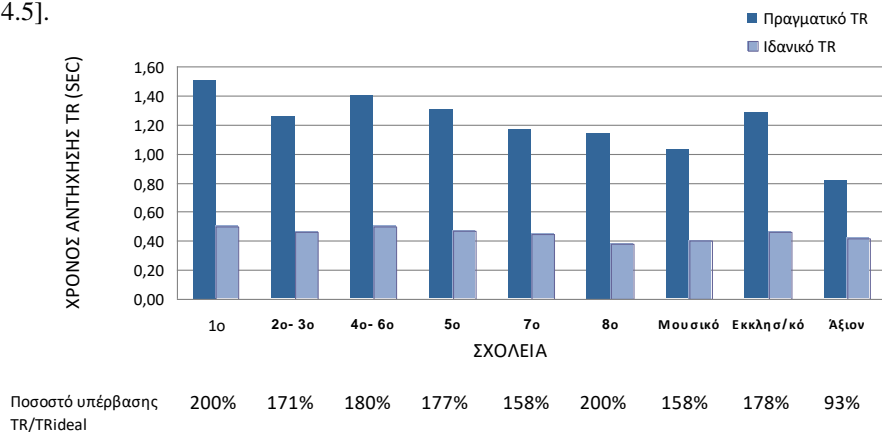


Σχήμα 4.3 Εσωτερικές και εξωτερικές ηχοστάθμες

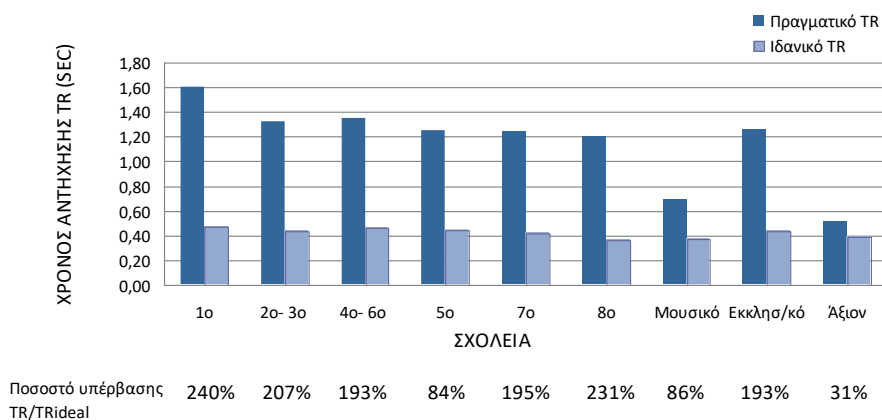
Συνοπτικά, στο σύνολο του δείγματος η εσωτερική ηχοστάθμη ξεπερνάει το όριο της ακουστικής άνεσης του Κτιριοδομικού Κανονισμού για τα εκπαιδευτήρια, ακόμη και στις περιπτώσεις που το κτίριο βρίσκεται σε ήσυχη περιοχή [Σχήμα 4.3].

4.2 Ακουστική διόρθωση

Η ακουστική των αιθουσών κρίνεται ως προβληματική στο σύνολο του δείγματος. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι υπολογισμένοι χρόνοι αντήχησης (κατά Sabine) εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις από την ιδανική καμπύλη στόχου, εξαιτίας των υλικών επένδυσης και του σχήματος των αιθουσών [Σχήματα 4.4 και 4.5].



Σχήμα 4.4 Χρόνος αντήχησης αίθουσας στα 250Hz



Σχήμα 4.5 Χρόνος αντήχησης αίθουσας στα 500Hz

Χαρακτηριστικό είναι πως οι καλύτερες συχνοτικές προσεγγίσεις εντοπίζονται σε επιλεγμένες αίθουσες του Μουσικού Σχολείου (ποσοστό υπέρβασης 158% στα 250 Hz και 86% στα 500 Hz) και του Ιδιωτικού Γυμνασίου (ποσοστό υπέρβασης 93% στα 250 Hz και 31% στα 500 Hz).

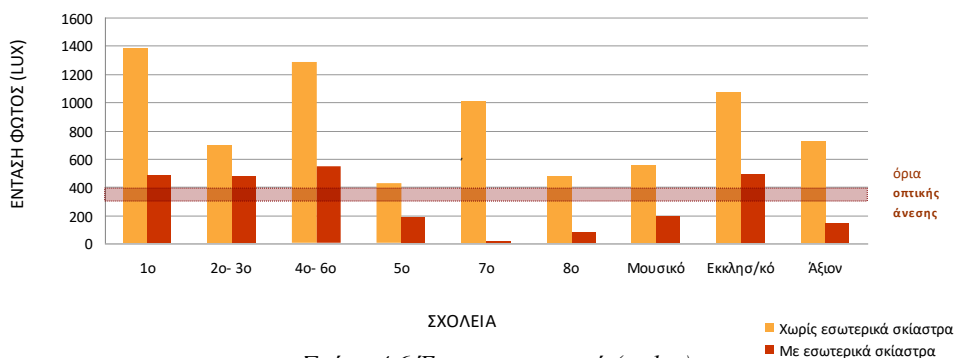
Συνοπτικά, όπως διαπιστώθηκε στο σύνολο του δείγματος, οι σφαιρικές τιμές του χρόνου αντήχησης είναι εξαιρετικά μεγάλες για χώρους ομιλίας (εξαιτίας κυρίως των αποκλίσεων στις χαμηλές / μέσες συχνότητες). Εντούτοις, όπως διαπιστώθηκε με τη βοήθεια κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού, σε όλες τις περιπτώσεις θα ήταν εφικτό να προσεγγιστούν τα επιβεβλημένα συχνοτικά όρια της

αντήχησης, αντικαθιστώντας με ηχοαπορροφητικά υλικά τις εσωτερικές επενδύσεις, κυρίως στην οροφή και στον πίσω τοίχο των αιθουσών.

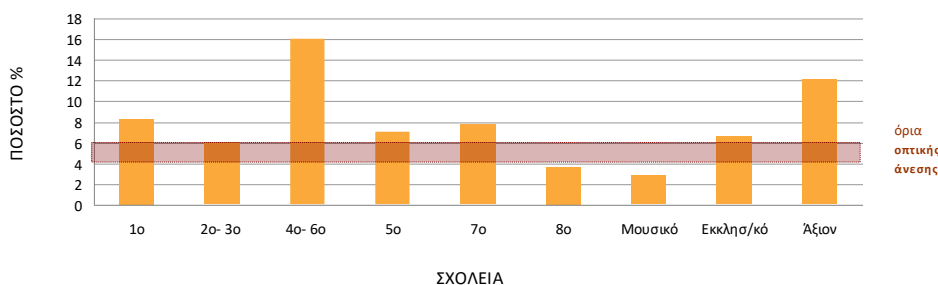
4.3 Φυσικός φωτισμός - σκιασμός

Η πλειοψηφία των κτιρίων του δείγματος (88%) ανήκει στην κατασκευαστική περίοδο μετά το 1970. Χαρακτηριστικό είναι πως μόνο τρεις (3) από τις εννέα (9) αίθουσες του δείγματος έχουν νότιο (κυρίως) προσανατολισμό (όσον αφορά τον τρόπο ηλιασμού) και μόνο δύο (2) διαθέτουν επαρκή σκιασμό, χάρη σε αρχιτεκτονικές προεξοχές.

Όσον αφορά την ένταση του φυσικού φωτισμού (τιμές μέτρησης σε lux στο κέντρο κάθε αίθουσας την ώρα των μετρήσεων) διαπιστώθηκε ότι ποσοστό 88% του δείγματος υπερβαίνει τα επιβεβλημένα όρια [Σχήμα 4.6]. Επιπρόσθετα, οι υπολογισμένες τιμές του συντελεστή DLF (λόγος εσωτερικής προς εξωτερική ένταση φωτός, %), ο οποίος χαρακτηρίζει την ποιότητα ενός φωτιζόμενου χώρου, εμφανίζουν σημαντικές υπερβάσεις των επιβεβλημένων ορίων (4 έως 6%), στην πλειονότητα των αιθουσών του δείγματος (Σχήμα 4.7)



Σχήμα 4.6 Ένταση φωτισμού (σε lux)



Σχήμα 4.7 Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού (DLF) χωρίς εσωτερικά σκίαστρα

5. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις και τα υπολογιστικά δεδομένα της έρευνας, σχεδόν στο σύνολο των σχολείων του δείγματος διαπιστώθηκαν:

- υψηλές τιμές θορύβου (υπερβάσεις κατά 13 ως 30dB, στο ελάχιστο όριο ησυχίας 35dB στο εσωτερικό των αιθουσών) και χαμηλοί δείκτες ηχομονωτικής ικανότητας (απομειώσεις 3 ως 22dB μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής ηχοστάθμης) στο κέλυφος και στα εσωτερικά διαχωριστικά (μεγάλη αναλογία ανοιγμάτων, έλλειψη αερο-στεγάνωσης των κουφωμάτων, ασθενείς οικοδομικές διατομές των συμπαγών στοιχείων),
- παντελής έλλειψη ακουστικής διόρθωσης στις αίθουσες διδασκαλίας (υψηλές σφαιρικές τιμές αντήχησης, υπερ-αντήχηση στις χαμηλές και μέσες συχνότητες),
- υψηλές τιμές φωτεινής έντασης (εξαιτίας κυρίως της μεγάλης αναλογίας των ανοιγμάτων και της απουσίας σταθερών συστημάτων σκιασμού στις προσόψεις),
- ανομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού (προβλήματα θάμβωσης εξαιτίας του μονόπλευρου προσανατολισμού των ανοιγμάτων).

Όπως αποδεικνύεται κατά την επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας, σοβαρά κενά εντοπίζονται στις οδηγίες σχεδιασμού των σχολικών μονάδων, αλλά και πλήρης έλλειψη ακουστικών προδιαγραφών διαπιστώνεται στην κατασκευή των σχολικών κτιρίων.

Τέλος, σημαντικότερο (αν και ευκολότερο στην αντιμετώπιση) αναδεικνύεται το πρόβλημα της ακουστικής διόρθωσης των αιθουσών, καθώς οι εσωτερικές επενδύσεις φαίνεται πως επιλέγονται με ποικίλα κριτήρια (αντοχή στη φθορά, οικονομία, αισθητική), τα οποία παραγνωρίζουν την κρισιμότητα των προβλημάτων της μαθησιακής συγκέντρωσης και της καταληπτότητας της ομιλίας κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

6. Αναφορές

- [1] Dudek, M, *Schools and Kindergartens: A Design Manual*, Birkhäuser Architecture, Boston (2007)
- [2] school-noise-control.com/reverberation.html
- [3] Μπάρκας, Ν. *Ειδικά Κεφάλαια Φυσικής*, Ε. Α. Δ. Π. ΔΠΘ, Ξάνθη (2005)
- [4] Αθανασόπουλος, Χρ. *Προστασία Κτιρίων: Θερμομόνωση, Ηχομόνωση, Ηχοπροστασία*, Αθήνα (1991)
- [5] Τσινίκας, Ν. *Ακουστικός Σχεδιασμός Χώρων* University Studio Press, Θεσσαλονίκη (2005).
- [6] Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων *Οδηγίες Βιοκλιματικού Σχεδιασμού Σχολικών Κτιρίων*, Αθήνα (2008)
- [7] Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, Ελένη *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη (2006)
- [8] Ευρωπαϊκή Επιτροπή *Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική* (μετάφραση, επιμέλεια : Ε. Τσίγκας), Μάλλιαρης Παιδεία, Θεσσαλονίκη (1996)