

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μέτρηση Στάθμης Θορύβου σε Νηπιαγωγεία»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΣΕΛΛΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΡΙΜΜΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, CCC A/SLP

ΠΑΤΡΑ 2010

Πρόλογος

Σ' αυτό το σημείο οφείλω να ευχαριστήσω τα άτομα που βοήθησαν στην υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κο Τρίμμη CCC A/SLP για την καθοδήγησή του σχετικά με το θέμα και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνά μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας και ιδιαίτερα το τμήμα Λογοθεραπείας με όλους τους καθηγητές και το προσωπικό που συνέβαλαν στην απόκτηση των γνώσεών μου στην επιστήμη της Λογοθεραπείας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στα Νηπιαγωγεία για τη συνεργασία και στις νηπιαγωγούς που μου επέτρεψαν την είσοδο στο χώρο για την πραγματοποίηση των ακουστικών μετρήσεων. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τις νηπιαγωγούς για την άψογη συνεργασία στην παροχή απαραίτητων πληροφοριών μέσω συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησής μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας τόσο ηθικά όσο και υλικά.

Σελλά Κατερίνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προηγούμενες έρευνες υποδεικνύουν ότι το ακουστικό περιβάλλον μιας αίθουσας διδασκαλίας είναι κρίσιμος παράγοντας για τα ακαδημαϊκά, ψυχοπαιδαγωγικά και ψυχοκοινωνικά κατορθώματα των παιδιών. Η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει στη διερεύνηση, τον καθορισμό και τη σύγκριση των επιπέδων του θορύβου βάθους είκοσι (20) νηπιαγωγείων της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας και είκοσι (20) νηπιαγωγείων της περιοχής της Πάτρας. Επιπλέον, μέσα από τη συμπλήρωση ερωτηματολογίου από τις νηπιαγωγούς των αιθουσών που αξιολογήθηκαν, εξήχθησαν πληροφορίες σχετικά με το ακουστικό περιβάλλον των αιθουσών, οι οποίες συσχετίστηκαν με τα αποτελέσματα των ακουστικών μετρήσεων. Η συζήτηση των αποτελεσμάτων εστιάζει στο αν οι τιμές των ακουστικών ευρημάτων των νηπιαγωγείων της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας και της Πάτρας συμμορφώνονται με τις κατευθυντήριες οδηγίες των διεθνών προτύπων ANSI S12.60-2002, ΠΟΥ (WHO) και UK Building Bulletin 93.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

ΕΝΟΤΗΤΑ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... 9

Κεφάλαιο 1

Η Κυματική Φύση του Ήχου 9

1. 1 Ο Ήχος 9

1. 2 Παραγωγή του Ήχου 10

1. 3 Η Συχνότητα του Ήχου..... 11

1. 4 Η Ένταση του Ήχου..... 12

1. 4. 1 Στάθμη Έντασης – ΣΕν (Intensity Level – IL) 14

1. 4. 2 Στάθμη Ηχητικής Πίεσης – ΣΗΠ (Sound Pressure Level – SPL) 14

1. 4. 3 Ισοδύναμη Στάθμη Θορύβου (Leq) 15

1. 4. 4 Ηχόμετρο (Sound Level Meter)..... 15

1. 4. 4 1. Πως λειτουργεί το ηχόμετρο 15

1. 4. 4 2. Ηχόμετρο παλμικού Θορύβου..... 16

1. 5 Κυματομορφή..... 17

Κεφάλαιο 2

Ανάλυση του ήχου 18

2. 1 Ανάλυση του ήχου – Φάσματα – Φίλτρα..... 18

2. 1. 1 Ανάλυση του ήχου..... 18

2. 1. 2 Φίλτρα A, B, C, D..... 19

Κεφάλαιο 3

Υποκειμενική Αντίληψη του Ήχου..... 22

3. 1 Επίδραση του θορύβου στον άνθρωπο..... 22

3. 2. Η Φυσιολογία του αυτιού..... 22

3. 3 Η απόκριση του αυτιού..... 23

Κεφάλαιο 4

Ψυχοακουστική.....	25
4. 1 Ύψος.....	25
4. 2 Ακουστότητα.....	25
4. 3 Εντοπισμός.....	26
4. 4 Επικάλυψη του Θορύβου (Masking).....	27

Κεφάλαιο 5

Ακουστική.....	28
5. 1 Αρχιτεκτονική Ακουστική.....	28
5. 2 Παράμετροι Καλής Ακουστικής.....	29
5. 2. 1 Ηχώ.....	29
5. 2. 2 Χρωματισμός.....	29
5. 2. 3 Οικειότητα.....	30
5. 2. 4 Αντιληπτικότητα των Συλλαβών (Syllable Intelligibility).....	30
5. 2. 5 Απώλεια Συμφώνων (Articulation Loss – AL).....	30
5. 2. 6 Δείκτης RASTI.....	30
5. 3 Ακουστική Αιθουσών διδασκαλίας.....	31
5. 3. 1 Θόρυβος Βάθους (Background noise).....	31
5. 3. 2 Αναλογία Σήματος προς το Θόρυβο (Signal to Noise Ratio - SNR).....	32
5. 3. 3 Αντήχηση.....	33

Κεφάλαιο 6

Διεθνή Πρότυπα Θορύβου.....	34
-----------------------------	----

Κεφάλαιο 7

Χρόνια έκθεση Θορύβου & Αναγνωστικές Ικανότητες.....	34
Σκοπός της Έρευνας.....	36

ΕΝΟΤΗΤΑ II

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ..... 41

Κεφάλαιο 1

Ακουστικές Μετρήσεις..... 41

1. 1 Δείγμα..... 41

1. 2 Υλικό..... 41

1. 3 Διαδικασία συλλογής δείγματος..... 42

1. 4 Στατιστική ανάλυση..... 42

Κεφάλαιο 2

Ερωτηματολόγιο..... 43

2. 1 Συμμετέχοντες..... 43

2. 2 Υλικό ερωτηματολογίου..... 43

2. 3 Στατιστική ανάλυση..... 44

ΕΝΟΤΗΤΑ III

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... 45

Κεφάλαιο 1

Αποτελέσματα Ακουστικών Μετρήσεων..... 45

1. 1. Καταμέτρηση αποτελεσμάτων..... 45

1. 2. Στατιστικός έλεγχος αποτελεσμάτων..... 48

Κεφάλαιο 2

Αποτελέσματα ερωτηματολογίου..... 50

ΕΝΟΤΗΤΑ IV

ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... 76

Κεφάλαιο 1

Σύγκριση Ευρημάτων Ακουστικών Μετρήσεων με Διεθνή Πρότυπα
..... 77

Κεφάλαιο 2

Σύγκριση Ευρημάτων Ακουστικών Μετρήσεων με αντίστοιχα Άλλων
Ερευνών. 80

Κεφάλαιο 3

Σύγκριση Ευρημάτων Ακουστικών Μετρήσεων με τις Απαντήσεις του
Ερωτηματολογίου. 82

ΕΝΟΤΗΤΑ V

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 89

ΕΝΟΤΗΤΑ VI

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 90

ΕΝΟΤΗΤΑ VII

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ..... 93

ΕΝΟΤΗΤΑ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 1

Η Κυματική Φύση του Ήχου

1.1 Ο Ήχος

Ο ήχος μπορεί να οριστεί βάσει ψυχολογικών ή φυσικών φαινομένων. Σύμφωνα με την ψυχολογική έννοια, ο ήχος είναι μία αίσθηση, ένα ακουστικό βίωμα. Υπό τη φυσική έννοια όμως, ο ήχος είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς συγκρούσεων των μορίων, που βρίσκονται μέσα σε ένα ελαστικό μέσο¹, όπως ο αέρας, και μεταδίδονται μέσω αυτού. Από φυσική άποψη ένας ήχος παράγεται από μεταβολές της πίεσης που μεταδίδονται σε ένα μέσο που μπορεί να συμπιεστεί. Παρόλο που ο ακριβής μηχανισμός διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση οι βασικές αρχές της μετάδοσης και παραγωγής ήχων παραμένουν οι ίδιες. Πιο συγκεκριμένα, τα μόρια όλων των φυσικών σωμάτων προτιμούν να κρατούν σταθερές αποστάσεις από όλα τα γειτονικά τους μόρια. Κατά συνέπεια όταν για οποιονδήποτε λόγο τα μόρια σε μία περιοχή συμπιεστούν και επομένως οι αποστάσεις μεταξύ τους μικρύνουν, τα μόρια της περιοχής επιδιώκουν να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση συμπιέζοντας με τη σειρά τους τα μόρια των γειτονικών τους περιοχών κ.ο.κ. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται σε ένα μέσο μεταβολές πίεσης που μεταδίδονται με μία ορισμένη ταχύτητα.

Το πιο γνωστό όργανο για τη μέτρηση των μεταβολών της πίεσης στον αέρα είναι το βαρόμετρο. Ωστόσο οι μεταβολές της πίεσης του αέρα που σημειώνονται με κάθε αλλαγή των βαρομετρικών συστημάτων είναι πάρα πολύ βραδείες για να τις ανιχνεύσει το ανθρώπινο αυτί και ως εκ τούτου δεν ανταποκρίνονται στον προηγούμενο ορισμό. Αν όμως αυτές οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης συμβαίνουν ταχύτερα - τουλάχιστον 20 φορές το δευτερόλεπτο - μπορούν να γίνουν ακουστές και, ως εκ τούτου, αποκαλούνται ήχος. Πάντως, ένα βαρόμετρο δεν μπορεί να ανταποκριθεί πολύ γρήγορα και, κατά συνέπεια, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του ήχου.

Ο αριθμός των μεταβολών της πίεσης ανά δευτερόλεπτο καλείται συχνότητα του ήχου και μετράται σε χερτζ (Hz). Οι μεταβολές της πίεσης διαδίδονται μέσα σε κάθε ελαστικό μέσο, π.χ. στον αέρα, από την πηγή παραγωγής του ήχου έως τα αυτιά του ακροατή. Είναι γνωστό από τους νόμους της φυσικής ότι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα είναι 344 m/sec.

Γνωρίζοντας έτσι, την ταχύτητα και τη συχνότητα ενός ήχου υπολογίζουμε το μήκος κύματος (λ) αυτού, δηλαδή, την απόσταση από μια κορυφή του κύματος ως την επόμενη ή από μια κορυφοτιμή της πίεσης ως την επόμενη, εφαρμόζοντας τη σχέση:

$$\text{μήκος κύματος } (\lambda) = \frac{\text{ταχύτητα ήχου}}{\text{συχνότητα}}$$

Από αυτή την εξίσωση υπολογίζουμε το μήκος κύματος σε διάφορες συχνότητες. Υψηλής συχνότητας ήχοι έχουν μικρό μήκος κύματος και χαμηλής συχνότητας ήχοι έχουν μεγάλο μήκος κύματος. Για παράδειγμα στα 20 Hz προκύπτει ότι το μήκος κύματος είναι πάνω από 17 μέτρα, ενώ στα 20 kHz το μήκος κύματος είναι μόνον 1,7 εκ.

Ήχος που περιλαμβάνει μία μόνο συχνότητα καλείται απλός ήχος ή απλός (καθαρός) τόνος. Στην πράξη σπανίως απαντώνται απλοί τόνοι. Οι περισσότεροι ήχοι είναι σύνθετοι και μπορούν να αναλυθούν σε πολλαπλές συχνότητες. Ακόμα και μια απλή νότα στο πιάνο έχει μια σύνθετη κυματομορφή.

1.2 Παραγωγή του Ήχου

Κάθε κυβικό εκατοστό του αέρα που μας περιβάλλει είναι γεμάτο με δισεκατομμύρια και δισεκατομμύρια μικροσκοπικών μορίων. Όταν αυτά τα μόρια του αέρα διαταράσσονται από ένα σώμα που τίθεται σε ταλάντωση² μετακινούνται από το σημείο της διαταραχής, χτυπώντας και αναπηδώντας σε παρακείμενα μόρια. Εξαιτίας της ελαστικότητάς³ τους, τα αρχικά μόρια αναπηδούν πίσω, αφού έχουν μετατοπίσει τα γειτονικά τους μόρια από τις προηγούμενες θέσεις τους. Με αυτό τον τρόπο η διατάραξη ταξιδεύει στο μέσο - το φαινόμενο ονομάζεται διάδοση.

Η εναλλαγή των μορίων που πιέζονται μεταξύ τους και μετά απομακρύνονται, προκαλούν μία κίνηση που λέγεται *ηχητικό κύμα*. Τα ηχητικά κύματα στη

¹**Ελαστικό μέσο:** Ένα σύνολο υλικών σημείων που το καθένα συνδέεται με τα γειτονικά του έτσι ώστε αν οποιοδήποτε υλικό σημείο απομακρυνθεί, από τη θέση ισορροπίας του, οι δυνάμεις, που του ασκούνται από τα γειτονικά του σημεία, τείνουν να το επαναφέρουν στη θέση ισορροπίας του.

²**ταλάντωση:** Η κίνηση μπροστά πίσω ενός ταλαντευόμενου σώματος ή μάζας.

³**ελαστικότητα:** Η ικανότητα μίας μάζας να επανέρχεται στο φυσικό της σχήμα

συνέχεια διαδίδονται σε ελαστικά στερεά, υγρά και αέρια υλικά μέσα. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή και τη μετάδοση των ηχητικών κυμάτων μέσω του αέρα, και οι περισσότεροι ορίζονται, φυσικά, αναφορικά με τη συχνότητα και την ένταση των ταλαντώσεων.

Οι ανθρώπινες αντιδράσεις όμως στον ήχο είναι ψυχολογικές και αντανακλούν υποκειμενικά βιώματα όπως ο τόνος, η ακουστότητα, η ποιότητα του ήχου και η ικανότητα εντοπισμού της πηγής του ήχου.

1.3 Η Συχνότητα του Ήχου

Τίποτα δε μπορεί να διαδραματιστεί χωρίς την πάροδο του χρόνου, ενώ μπορεί να αμφισβητηθεί το πόσο συχνά συμβαίνει ένα γεγονός κατά τη διάρκεια κάποιας χρονικής περιόδου. Τα συμβάντα μπορούν να εκτιμηθούν, χρησιμοποιώντας μονάδες, όπως η ημέρα ή το λεπτό. Ωστόσο, στην ακουστική όταν αναφερόμαστε στα γεγονότα ανά μονάδα χρόνου, η διάρκεια που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το δευτερόλεπτο. Ας σκεφτούμε ένα συνηθισμένο μετρονόμο, του οποίου το εκκρεμές ταλαντεύεται εμπρός-πίσω. Οποιαδήποτε στιγμή το εκκρεμές μετακινείται από μία σταθερή θέση προς το πιο δεξιό άκρο, κατόπιν περνάει από την αρχική θέση προς το πιο αριστερό άκρο, και επιστέφει πίσω στο σημείο έναρξης, ένας ολόκληρος κύκλος έχει ολοκληρωθεί. Άλλες κινήσεις, όπως από το πιο αριστερό άκρο προς το πιο δεξιό, και πάλι πίσω στην αρχική θέση, επίσης θα αποτελούσαν κύκλο. Εάν ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος είναι ένα δευτερόλεπτο, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η **συχνότητα** είναι ένας κύκλος ανά δευτερόλεπτο. Για ένα διάστημα, ο όρος Herz (Hz), αντί για κύκλοι ανά δευτερόλεπτο, υιοθετήθηκε ως η μονάδα μέτρησης της συχνότητας. Ο μετρονόμος μπορεί να προσαρμοστεί, ώστε οι αιωρήσεις του εκκρεμούς να πραγματοποιούνται δύο φορές πιο συχνά. Με αυτό τον τρόπο, κάθε διαδρομή του εκκρεμούς πρέπει να γίνεται στο μισό χρόνο. Αυτό θα σήμαινε ότι, ο χρόνος που απαιτείται για κάθε κύκλο (περίοδος), περιορίζεται στο μισό του δευτερολέπτου. Συνεπώς, η συχνότητα διπλασιάζεται στα 2 Hz. Αυτή η αντίστροφη σχέση μεταξύ συχνότητας και περιόδου πάντα υπάρχει και εκφράζεται ως εξής:

$$\text{Περίοδος} = 1 / \text{συχνότητα}$$

⁴Pascal είναι μονάδα μέτρησης πίεσης και είναι ίσο με 1 N/m^2 . Η μέση ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 1.013,25 mbar, όπου $1 \text{ mbar}=100 \text{ Pa}$

1.4 Η Ένταση του Ήχου

Το δεύτερο κύριο μέγεθος, που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον ήχο, είναι το εύρος των μεταβολών της πίεσης. Ο ασθενέστερος (ελάχιστα ακουστός) ήχος που μπορεί να αντιληφθεί ένα υγιές ανθρώπινο αυτί έχει εύρος $20 \mu\text{Pa}$ ⁴ το οποίο ισοδυναμεί με 5δς φορές λιγότερο από την κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Αυτή η μεταβολή της πίεσης των $20 \mu\text{Pa}$ είναι τόσο μικρή που προκαλεί μια απόκλιση του τυμπάνου του ανθρώπινου αυτιού μικρότερη από τη διάμετρο ενός μορίου υδρογόνου. Κατά θαυμαστό τρόπο, το αυτί αντέχει ηχητικές πιέσεις πάνω από ένα εκατομμύριο φορές υψηλότερες των $20 \mu\text{Pa}$. Εάν, λοιπόν, η μέτρηση του ήχου γινόταν σε Pa θα προέκυπταν πολύ μεγάλα και δύσχρηστα αριθμητικά ποσά. Γι' αυτό χρησιμοποιείται η κλίμακα των ντεσιμπέλ ή κλίμακα dB.

Ως *ένταση* ορίζεται η ισχύς του ηχητικού κύματος ανά μονάδα επιφανείας ή αλλιώς η ενέργεια που μεταφέρει το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφανείας και ανά μονάδα χρόνου. Η ένταση του ήχου συνδέεται με την ακουστότητα, υποκειμενικό μέγεθος που μας επιτρέπει να χαρακτηρίζουμε τους ήχους ως δυνατούς ή ασθενείς. Επειδή η κλίμακα της ανθρώπινης ακοής είναι πολύ μεγάλη, η ένταση εξετάζεται σε σχέση με τις φορές που πολλαπλασιάζεται με μία άλλη ένταση-δηλαδή με βάση την αναλογία δύο εντάσεων. Το ντεσιμπέλ (decibel-dB) χρησιμοποιείται συνήθως για αυτό τον σκοπό.

Μία μονάδα μέτρησης που καθιερώθηκε για τη σύγκριση μεγάλων αριθμών με τη χρήση λογαρίθμων⁵ είναι το **Bel**, το οποίο έλαβε το όνομά του από τον Alexander Graham Bell. Επειδή όμως ένα Bel έχει αρκετά μεγάλη, το ντεσιμπέλ, το οποίο είναι το $1/10$ του ενός Bel, είναι η μονάδα μέτρησης της έντασης που χρησιμοποιείται στην ακουστική και την ακουομετρία.

Η μονάδα ντεσιμπέλ εκφράζει την διαφορά στάθμης ενός ήχου έντασης I προς την ένταση του κατωφλίου ακουστότητας (10^{-12} W/m^2). Ως στάθμη έντασης σε dB ορίζεται το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογάριθμου της έντασης του ήχου προς την ένταση του κατωφλίου ακουστότητας, και περιγράφεται μαθηματικά από την σχέση:

$$I_{dB} = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0}$$

Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι για τους οποίους η μέτρηση σε dB αντιστοιχεί στην ανθρώπινη αντίληψη της έντασης ενός ήχου (δηλ. την υποκειμενική ένταση

⁵**λογάριθμος:** Είναι ένας αριθμός που εκφράζεται ως εκθέτης και αναφέρει πόσο συχνά ένας αριθμός (η βάση) πολλαπλασιάζεται με τον εαυτό του. Χρησιμοποιείται για την έκφραση της αναλογίας μεταξύ δύο αριθμών

λογαριθμική δηλ. η διαφορά μεταξύ των υποκειμενικών εντάσεων δύο ήχων δεν -loudness). Ο πρώτος λόγος είναι ότι η ανθρώπινη ακοή είναι κατά προσέγγιση εξαρτάται από τη απόλυτη τιμή της διαφοράς αυτής αλλά από το λόγο των ισχύων τους. Παρόλο που δεν είναι απόλυτα σωστό μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το 1 dB αντιστοιχεί στην ελάχιστη διαφορά έντασης που μπορεί να γίνει αντιληπτή μεταξύ δύο ήχων. Ο δεύτερος λόγος προέρχεται από το γεγονός ότι η υποκειμενική ένταση ενός σύνθετου ήχου εξαρτάται από τη σχετική τιμή των συνιστωσών του. Πιο συγκεκριμένα, η ανθρώπινη ακοή εμφανίζει μια συγκεκριμένη μορφή ψευδαίσθησης που είναι γνωστή ως επικάλυψη (masking). Αν ένας ήχος αποτελείται από δύο συνιστώσες και ισχύει ότι η ένταση της μίας από αυτές είναι αρκετά μεγαλύτερη από την άλλη, τότε σε αρκετές περιπτώσεις η ασθενέστερη συνιστώσα δε γίνεται αντιληπτή. Ουσιαστικά, η ανθρώπινη ακοή προσαρμόζεται στο δυνατότερο ήχο ενώ ο ασθενέστερος ήχος γίνεται αντιληπτός σαν περισσότερο ασθενής από ότι πραγματικά είναι. Το φαινόμενο γίνεται αρκετά πιο έντονο όταν οι δύο συνιστώσες έχουν κοντινά ύψη. Η συγκάλυψη βρίσκει αρκετές εφαρμογές στη συμπίεση ηχητικών σημάτων. Πιο συγκεκριμένα, αρκετοί μηχανισμοί συμπίεσης ανιχνεύουν και εξαλείφουν στο συμπιεσμένο σήμα τις συνιστώσες εκείνες που θα συγκαλυφθούν κατά την ακρόαση του ήχου. Το σήμα που προκύπτει είναι απλούστερο και περισσότερο εύκολο να συμπιεστεί.

Το ντεσιμπέλ δεν είναι μια απόλυτη μονάδα μέτρησης. Είναι μια αναλογία μεταξύ ενός μετρούμενου μεγέθους και ενός συμφωνημένου επιπέδου αναφοράς. Η κλίμακα dB είναι λογαριθμική και χρησιμοποιεί τα 20 μPa ως ηχητική πίεση αναφοράς. Το κατώφλι ακοής ορίζεται ως 0 dB. Κάθε φορά που πολλαπλασιάζεται, επομένως, η ηχητική πίεση εκφρασμένη σε μPa επί 10, προστίθενται 20 dB στη στάθμη των dB. Έτσι τα 200 μPa αντιστοιχούν σε 20 dB (ως προς 20 μPa), τα 2.000 μPa σε 40 dB κ.ό.κ. Κατ' αυτόν τον τρόπο η κλίμακα dB συμπιέζει την ευρύτατη κλίμακα τιμών μέχρι πάνω από 1.000.000 x 20 μPa (=20.000.000 μPa), σε δεδομένο μήκος άξονα, όπου οι διαδοχικές δυνάμεις του 10 ευρίσκονται σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις. Με χρήση λοιπόν της λογαριθμικής αυτής κλίμακας καθίσταται δυνατό να περιληφθεί επί του άξονα των σταθμών ηχητικής πίεσης η ευρύτατη περιοχή των εντάσεων μεταξύ των μόλις ακουστών ήχων και των ισχυρότατων ήχων. Το φάσμα των εντάσεων του ήχου, από τον ουδό ακοής έως τον πόνο στο αυτί, είναι εξαιρετικά ευρύ. Όλοι η ήχοι που μπορούν να ακούσουν τα άτομα με φυσιολογική ακοή χωρίς δυσφορία, μπορούν να εντοπισθούν σε αυτό το φάσμα. Ο πίνακας που ακολουθεί αναφέρει παραδείγματα ορισμένων περιβαλλοντικών ήχων και των, κατά προσέγγιση, εντάσεών τους.

Decibels*	Ήχος
0	Ήχος που μόλις ακούγεται
10	Απαλό θρόισμα φύλλων
20	Ένας ψίθυρος στα 1,2 μέτρα
30	Ένας ήσυχος δρόμος το απόγευμα χωρίς κίνηση
40	Θόρυβος τη νύχτα στην πόλη
50	Ένα αυτοκίνητο στα 3 μέτρα
60	Πολυκατάστημα
70	Πολλή κίνηση στους δρόμους
60-70	Φυσιολογική συζήτηση στο 1 μέτρο
80	Υπερβολική κίνηση στους δρόμους
90	Ένα κομπρεσέρ σε απόσταση 3 μέτρων
100	Ένας πυροβολισμός σε απόσταση 1 μέτρο
110	Υψηλής ακρίβειας φωνόγραφος με ενισχυτή 10-watt, σε απόσταση 3 μέτρων
115	Σφυροκόπημα σε μία ατσάλινη πλάκα, 0,5 μέτρο μακριά
* Η αναφορά είναι 10^{-16} watt/cm ² (Van Bergeijk, Pierce, & David, 1960)	

1.4.1 Στάθμη Έντασης – ΣΕν (Intensity Level – IL)

Υπό ορισμένες συνθήκες, είναι χρήσιμο το decibel να εκφράζεται με μία αναφορά έντασης. Μία πρακτική μονάδα σε τέτοιες περιπτώσεις είναι το watt ανά τετραγωνικό μέτρο (watt/m^2). Η αναφορά έντασης σε ένα δεδομένο σλυχημα μπορεί να εκφραστεί ως I_R (ο αριθμός των watts της αναφοράς έντασης). Η έξοδος του συστήματος μπορεί να εκφραστεί ως I_O , ούτως ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί μία αναλογία ανάμεσα στην αναφορά έντασης και στην ένταση εξόδου. Για τον υπολογισμό του αριθμού των decibel χρησιμοποιώντας μία αναφορά έντασης, ο τύπος είναι :

$$\text{dB} = 10 \times \log (I_O / I_R)$$

1.4.2 Στάθμη Ηχητικής Πίεσης – ΣΗΠ (Sound Pressure Level – SPL)

Οι ακοολόγοι και τα άτομα που ασχολούνται με την ακουστική είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τη μέτρηση του ήχου, με όρους της πίεσης παρά της έντασης. Αυτές οι μετρήσεις συνήθως αναφέρονται ως στάθμη ηχητικής πίεσης – ΣΗΠ (Sound Pressure Level – SPL). Επειδή οι αναλογίες πίεσης είναι γνωστό πως είναι ανάλογες με την τετραγωνική ρίζα των αναλογιών της

έντασης (ένταση = πίεση²), η μετατροπή της έντασης σε πίεση μπορεί να γίνει ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Αναφορά έντασης : dB (IL)} &= 10 \times \log (I_O / I_R) \\ \text{Αναφορά πίεσης : dB (SPL)} &= 10 \times \log (P_O^2 / P_R^2) \end{aligned}$$

1.4.3 Ισοδύναμη Στάθμη Θορύβου (Leq)

Λόγω του ότι οι ήχοι που μετριοούνται δεν είναι σταθεροί χρησιμοποιούνται στάθμες που ονομάζονται και δείκτες. Η ισοδύναμη στάθμη είναι μία από αυτές. Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου είναι από τους πιο εύχρηστους δείκτες θορύβου και πολλές φορές χρησιμοποιείται για τον ορισμό άλλων δεικτών. Η ισοδύναμη στάθμη εκφράζει τη στάθμη που θα πρέπει να έχει ένας σταθερής στάθμης ήχος που περικλείει την ίδια ακουστική ενέργεια με τον κυμαινόμενο ήχο.

1.4.4 Ηχώμετρο (Sound Level Meter)

Το ηχώμετρο είναι όργανο σχεδιασμένο για να ανταποκρίνεται στον ήχο κατά τον ίδιο, κατά προσέγγιση, τρόπο όπως το ανθρώπινο αυτί και να παρέχει αντικειμενικά και επαναλαμβανόμενα αποτελέσματα μετρήσεων της στάθμης ηχητικής πίεσης L_p , η οποία αποτελεί το αποτέλεσμα της μέτρησης των μεταβολών της πίεσης του αέρα.

1.4.4.1 Πως λειτουργεί το ηχώμετρο

Κάθε ηχώμετρο αποτελείται, κατά βάση, από τα ίδια επί μέρους τμήματα:

- μικρόφωνο
- μονάδα επεξεργασίας
- μονάδα απεικόνισης αποτελεσμάτων μετρήσεων.

Το μικρόφωνο μετατρέπει το ηχητικό σήμα σε ισοδύναμο ηλεκτρικό. Ο καταλληλότερος τύπος μικροφώνου είναι το μικρόφωνο πυκνωτικού τύπου, το οποίο συνδυάζει την ακρίβεια με τη σταθερότητα και την αξιοπιστία. Πριν αρχίσει η επεξεργασία του, το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από το μικρόφωνο ενισχύεται από ένα προ-ενισχυτή.

Το σήμα είναι δυνατόν να υποστεί διαφόρων τύπων επεξεργασία. Συνήθως διέρχεται από κατάλληλο σταθμιστικό κύκλωμα, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η ιδιαίτερα περίπλοκη απόκριση του ανθρώπινου αυτιού κατά συχνότητα του ακουστού ηχητικού φάσματος.

Σταθμιστικό κύκλωμα είναι το κύκλωμα που παρεμβάλλεται στα όργανα μέτρησης του ήχου και έχει την ιδιότητα να περιορίζει ή και να ενισχύει, κατά πλάτος και σε διαφορετικό βαθμό, τις διάφορες συνιστώσες του ηχητικού φάσματος. Είναι, δηλαδή, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα του οποίου η ευαισθησία μεταβάλλεται με τη συχνότητα κατά τον ίδιο τρόπο όπως συμβαίνει με το ανθρώπινο αυτί, προσομοιάζοντας δηλαδή τις ισοακουστικές καμπύλες. Έτσι προέκυψαν τα διεθνώς τυποποιημένα κυκλώματα A, B, C, D, προοριζόμενα για χρήση σε διάφορες περιπτώσεις.

1.4.4.2 Ηχώμετρο παλμικού Θορύβου

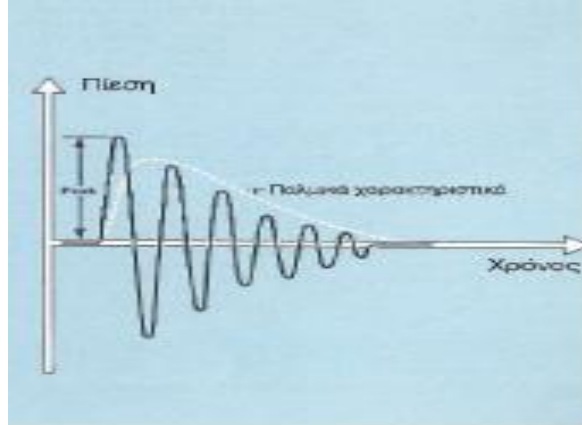
Οι περισσότεροι προς μέτρηση ήχοι είναι κυμαινόμενης στάθμης. Για την ορθή μέτρηση του ήχου πρέπει οι διακυμάνσεις της στάθμης του να μετρηθούν όσο το δυνατόν ακριβέστερα. Για το σκοπό αυτό έχουν τυποποιηθεί δυο χαρακτηριστικά απόκρισης του φωρατή, τα οποία είναι γνωστά ως «F» (Fast) και «S» (Slow) χαρακτηριστικά χρονικής στάθμισης.

Τα σύγχρονα ηχώμετρα διαθέτουν ψηφιακή οθόνη, στην οποία απεικονίζεται η μέγιστη RMS τιμή που μετρήθηκε το προηγούμενο δευτερόλεπτο. Η επιλογή του κατάλληλου για την περίπτωση χαρακτηριστικού χρονικής στάθμισης υπαγορεύεται από το Πρότυπο, βάσει του οποίου διενεργούνται οι μετρήσεις. Εάν ο προς μέτρηση ήχος είναι παλμικός, τότε τα συνήθη «F» και «S» χαρακτηριστικά των απλών ηχομέτρων δεν έχουν τόσο γρήγορη χρονική απόκριση, ώστε να δώσουν ένα αποτέλεσμα μέτρησης αντιπροσωπευτικό της υποκειμενικής ανθρώπινης απόκρισης.

Για μετρήσεις αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται ηχώμετρα που διαθέτουν ένα τυποποιημένο «I» (Impulse) χαρακτηριστικό. Αυτό το παλμικό χαρακτηριστικό έχει σταθερά χρόνου 35msec, η οποία είναι αρκετά βραχεία για να επιτρέψει την ανίχνευση και απεικόνιση γρήγορα μεταβαλλόμενου θορύβου κατά τρόπο που λαμβάνει υπόψη την ανθρώπινη αντίληψη παλμικών ήχων.

Παρόλο που η υποκειμενικά αντιληπτή ακουστότητα βραχείας διάρκειας ήχου είναι μικρότερη της παραγόμενης από σταθερό, συνεχή ήχο, ο κίνδυνος βλάβης της ακοής δεν είναι κατ' ανάγκη μειωμένος. Γι' αυτό ορισμένα ηχώμετρα περιλαμβάνουν κύκλωμα για τη μέτρηση της μέγιστης τιμής της ηχητικής πίεσης (κορυφοτιμής, peak) ανεξαρτήτως της διάρκειας του ήχου. Ορισμένα

πρότυπα απαιτούν τη μέτρηση της κορυφοτιμής (peak), ενώ άλλα θεωρούν αναγκαίο να γίνονται μετρήσεις μέσω παλμικού χαρακτηριστικού «I». Και στις δύο περιπτώσεις το ενσωματωμένο κύκλωμα «Hold» («πάγωμα») καθιστά ευκολότερη την ανάγνωση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, είτε πρόκειται για την κορυφοτιμή είτε τη μέγιστη RMS τιμή.



1.5 Κυματομορφή

Η *κυματομορφή* εννοεί τη μορφή της ταλάντωσης. Καθώς το ηχητικό κύμα δεν είναι ορατό με γυμνό μάτι παρά μόνο στην επιφάνεια του νερού, για την μελέτη κυματομορφών γίνεται χρήση ηλεκτρικών παλμοσκοπίων (oscilloscope). Με βάση τη μορφή των κυμάτων, οι ήχοι ταξινομούνται σε απλούς ή σύνθετους, και σε περιοδικούς ή μή περιοδικούς. Δύο ήχοι μπορεί να έχουν ίδιο ύψος, διάρκεια και ένταση και να διαφέρουν μεταξύ τους

2.1 Ανάλυση του ήχου – Φάσματα – Φίλτρα

2.1.1 Ανάλυση του ήχου

Όταν έχουμε μία απλή πηγή, η εκπεμπόμενη ηχητική ενέργεια «μεταφέρεται» από μία μόνο συχνότητα. Το ηχητικό κύμα είναι τότε μία αρμονική κυματομορφή. Στην περίπτωση που η ίδια ή άλλη πηγή εκπέμπει και άλλο κύμα διαφορετικής συχνότητας η τελική κυματομορφή θα είναι η σύνθεση των δύο πρώτων. Οι συνήθεις ηχητικές πηγές εκπέμπουν ήχους που η ενέργειά τους κατανέμεται σε περισσότερες από μία συχνότητες και τελικός ήχος που προκύπτει είναι σύνθετος (περιοδικός ή όχι). Τον σύνθετο ήχο μπορούμε να τον αναλύσουμε σε απλούς ήχους. Αν κατασκευάσουμε ένα ραβδόγραμμα της στάθμης του κάθε απλού ήχου συναρτήσει της συχνότητας, τοποθετώντας μία ράβδο με ύψος ανάλογο με την ενέργεια που μεταφέρει στην αντίστοιχη συχνότητα, προκύπτει μία γραφική παράσταση που ονομάζεται *φάσμα*.

Όταν το ηχητικό κύμα είναι ένας απλός τόνος, το φάσμα του θα περιλαμβάνει μία μόνο ράβδο. Αν το κύμα είναι περιοδικό τότε το φάσμα του θα αποτελείται από απλές γραμμές τοποθετημένες στις συχνότητες που αντιστοιχούν στους απλούς ήχους που αναλύεται. Θα περιέχει δηλαδή μία αρμονική κυματομορφή με συχνότητα ίση με αυτή του περιοδικού σύνθετου ήχου που ονομάζεται *θεμελιώδης*, και μία άπειρη (θεωρητικά) σειρά άλλων απλών ήχων διαφορετικού πλάτους με συχνότητες που η κάθε μία θα είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της συχνότητας της θεμελιώδους (αρμονικές).

Στο φάσμα όπως αυτό προκύπτει από την ανάλυση ενός ακουστικού σήματος, δεν υπάρχει άμεση σχέση των συχνοτήτων στις οποίες κατανέμεται η ηχητική ενέργεια με το χρόνο. Για το λόγο αυτό όταν θέλουμε να συσχετίσουμε τον χρόνο εκπομπής με τις συχνότητες στις οποίες κατανέμεται η ηχητική ενέργεια χρησιμοποιούμε το *φασματογράφημα* (spectrogram).

Στην ανάλυση της φωνής η κυματομορφή που προκύπτει από την καταγραφή της ομιλίας χωρίζεται σε μικρά τμήματα χρόνου τις φωνητικές μονάδες (phonetic units) και για κάθε μία υπολογίζεται το φάσμα.

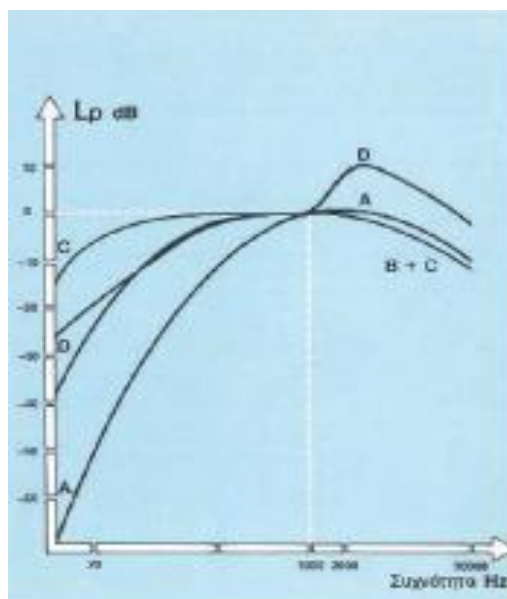
2.1.2 Φίλτρα A, B, C, D

Επειδή το ανθρώπινο αισθητήριο όργανο δεν είναι το ίδιο ευαίσθητο σ' όλες τις συχνότητες αλλά έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στις μέσες συχνότητες, υπάρχουν ορισμένα τυποποιημένα φίλτρα που εξασθενούν τον θόρυβο στις διάφορες συχνότητες ανάλογα με την ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού. Τα φίλτρα αυτά λέγονται φίλτρα βάρους A, ή συναρτήσεις βάρους A, ή απλά φίλτρα A.

Αν χρησιμοποιηθούν οι συναρτήσεις αυτές η μετρούμενη στάθμη του θορύβου θα είναι μικρότερη από την πραγματική και για να ξεχωρίζεται η μετρούμενη στάθμη συμβολίζεται με dB(A). Εκτός από τη συνάρτηση A υπάρχουν και οι συναρτήσεις B, C, D που χρησιμοποιούνται σήμερα σπάνια και μόνο για ειδικές περιπτώσεις.

Το σταθμιστικό κύκλωμα A παρέχει τη δυνατότητα ταχείας εκτίμησης των κινδύνων για την ακοή και των επιπέδων ενόχλησης. Δρα ως φίλτρο επιλογής συχνοτήτων και καθιστά το ηχόμετρο λιγότερο ευαίσθητο στις υψηλές και τις χαμηλές συχνότητες σε σχέση με τη μεσαία περιοχή του ακουστού ηχητικού φάσματος. Έτσι το όργανο μετρά το θόρυβο με τρόπο ώστε το αποτέλεσμα της μέτρησης να είναι πιο αντιπροσωπευτικό των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή. Η D-στάθμιση έχει ειδικά χαρακτηριστικά και προορίζεται για μέτρηση θορύβου αεροπλάνων.

Το σταθμιστικό κύκλωμα A είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο για όλες τις στάθμες ηχητικής πίεσης. Η B-στάθμιση σπανίως χρησιμοποιείται, ενώ η C-στάθμιση ενίοτε χρησιμοποιείται, δεδομένου ότι παρέχει μια σχεδόν σταθερή απόκριση συναρτήσει της συχνότητας. Έτσι η αντίστοιχη μονάδα μέτρησης dB(C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της συνολικής ηχητικής πίεσης.



Είναι δυνατόν να γίνει μία και μόνον μέτρηση της συνολικής ηχητικής πίεσης σε όλη την ακουστή περιοχή του ηχητικού φάσματος, αλλά η μέτρηση αυτού του τύπου, έχει περιορισμένη χρήση, δεδομένου ότι, όπως ήδη έχει αναφερθεί, το αντί είναι περισσότερο ευαίσθητο σε ορισμένες συχνότητες συγκριτικά με άλλες. Κατά συνέπεια, είναι επιθυμητό να γνωρίζουμε τον τρόπο κατανομής της ηχητικής ενέργειας σε όλο το ακουστό ηχητικό φάσμα. Αυτό επιτυγχάνεται υποδιαιρώντας το θόρυβο σε οκτάβες και μετρώντας τη στάθμη ηχητικής πίεσης κάθε οκταβικής ζώνης συχνοτήτων. Ευνόητο είναι ότι για να επιτευχθεί αυτή η υποδιαίρεση του θορύβου, το ηχόμετρο πρέπει να διαθέτει ειδικά ηλεκτρονικά φίλτρα, τα οποία απομονώνουν κάθε σύνθετο ήχο με συχνότητες εκτός της επιλεγείσας ζώνης.

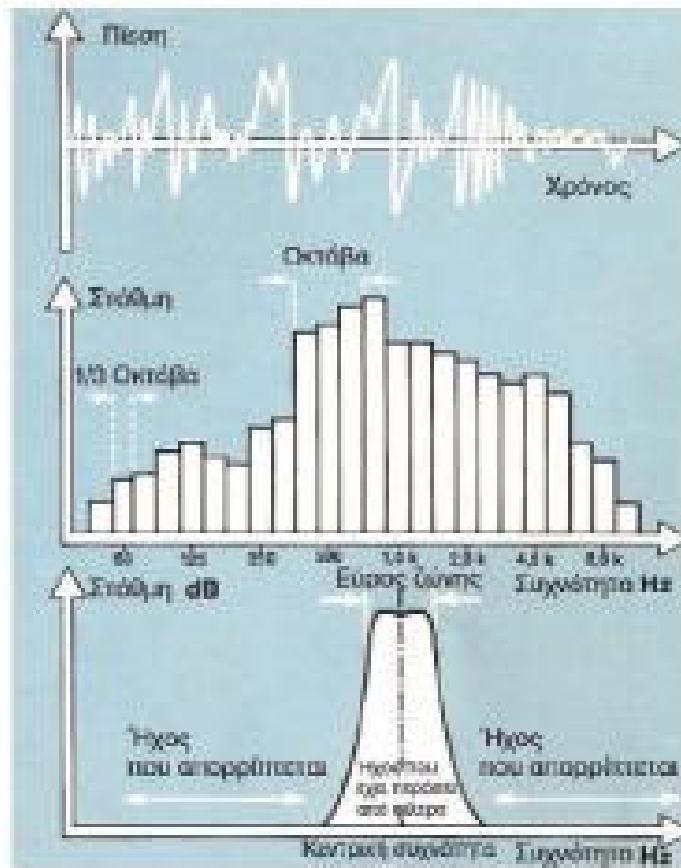
Οκτάβα είναι κάθε ζώνη συχνοτήτων της οποίας η τελική συχνότητα είναι διπλάσια της αρχικής. Έτσι η ζώνη 90 - 180 Hz είναι μια οκτάβα και το αυτό ισχύει και για τη ζώνη 1.400 Hz - 2.800 Hz.

Κάθε οκτάβα προσδιορίζεται από την κεντρική της συχνότητα f_0 , που είναι η γεωμετρική μέση τιμή των άκρων της f_1 και f_2 και παρέχεται από τη σχέση:

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2}$$

Οι κεντρικές συχνότητες των οκταβικών ζωνών κατ' αύξουσα σειρά έχουν ως εξής:

63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz, 4.000 Hz, 8.000 Hz.



Μερικές φορές, απαιτείται λεπτομερέστερη πληροφόρηση για το ηχητικό φάσμα που εκπέμπει κάθε πηγή θορύβου. Σ' αυτήν ειδικά την περίπτωση στον εργασιακό χώρο ο θόρυβος αναλύεται σε στενότερες ζώνες συχνοτήτων, δηλαδή σε κλασματοοκτάβες. Στην πράξη χρησιμοποιείται περισσότερο η τριτοοκταβική ανάλυση του θορύβου. Τριτοοκτάβα είναι κάθε ζώνη συχνοτήτων με αρχική συχνότητα f_1 και τελική f_2 που ικανοποιούν τη σχέση:

$$f_1/f_2 = 2^{1/3}$$

Δηλαδή η τελική συχνότητα είναι 1,26 φορές μεγαλύτερη της αρχικής. Η παραπάνω διαδικασία της υποδιαίρεσης ενός σύνθετου ήχου καλείται φασματική ανάλυση (ανάλυση σε συχνότητες). Η ανάλυση του θορύβου σε συχνότητες χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των κινδύνων για την ακοή και τον καθορισμό των κατά περίπτωση ενδεδειγμένων ατομικών μέσων προστασίας της ακοής. Επίσης παρέχει σημαντική πληροφόρηση στους μηχανικούς που ασχολούνται με τη λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου. Το σήμα αφού έχει υποστεί στάθμιση και έχει πιθανώς υποδιαιρεθεί σε ζώνες συχνοτήτων, ενισχύεται και προσδιορίζεται η ενεργός τιμή (Root Mean Square, RMS) της ηχητικής πίεσης από φωρατή RMS.

3.1 Επίδραση του θορύβου στον άνθρωπο

Λόγω του ότι η επίδραση του θορύβου στον άνθρωπο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και κυρίως από την ιδιαιτερότητα του κάθε ατόμου, οι ορισμοί και τα υποκειμενικά μεγέθη που θα αναφερθούν είναι εμπειρικά και έχουν προκύψει από στατιστική επεξεργασία μεγάλου αριθμού μετρήσεων σε στατιστικώς αντιπροσωπευτικά δείγματα διαφόρων ατόμων.

Οι επιδράσεις του θορύβου στον άνθρωπο, που ξεκινούν από μία απλή ενόχληση και φθάνουν σε σοβαρές παθολογικές βλάβες, συνοψίζονται στα εξής κυρίως φαινόμενα:

- § Ενόχληση
- § Επικάλυψη θορύβου
- § Απώλεια ακοής
- § Παθολογικές βλάβες, κόπωση
- § Μείωση στην απόδοση του ατόμου

Επίσης, σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ομάδες παιδιών σχολικής ηλικίας που εκτίθονταν χρόνια σε θόρυβο οι ερευνητές κατέληξαν ότι ο θόρυβος επιδρά αρνητικά:

- § Στην καταληπτότητα της ομιλίας
- § Τη διάθεση
- § Τη συγκέντρωση
- § Τις αναγνωστικές ικανότητες των παιδιών

3.2 Η Φυσιολογία του Αυτιού

Για να γίνει πιο κατανοητή η απόκριση κάθε ατόμου στην επίδραση του θορύβου πρέπει να αναφερθεί η λειτουργία του αισθητηρίου της ακοής.

Το αισθητήριο της ακοής για τον άνθρωπο είναι το αυτί και είναι πιο ευαίσθητο σε συχνότητες κοντά στις συχνότητες της ανθρώπινης ομιλίας και λιγότερο σε άλλες. Το αυτί αποτελείται από τρία μέρη: το εξωτερικό, το μέσο και το εσωτερικό αυτί.

Το εξωτερικό αυτί αποτελείται από το πτερύγιο και τον ακουστικό πόρο, το πτερύγιο συγκεντρώνει το ηχητικό κύμα και το μεταφέρει στον ακουστικό πόρο. Η σημασία του μηχανισμού του εξωτερικού αυτιού είναι να προσαρμόζει τη μηχανική σύνθετη αντίσταση της τυμπανικής μεμβράνης στην ειδική σύνθετη αντίσταση του αέρα. Η προσαρμογή αυτή είναι πολύ καλή στη συχνότητα των 800 Hz, παραμένει καλή σε μεγαλύτερες συχνότητες αλλά είναι μικρή σε συχνότητες κάτω από 400 Hz. Ο ακουστικός πόρος συμπεριφέρεται σαν ένας ηχητικός σωλήνας με συχνότητα συντονισμού 3000 Hz.

Το μέσο αυτί χωρίζεται με το εξωτερικό αυτί από την τυμπανική μεμβράνη. Ο ήχος διεγείρει την τυμπανική μεμβράνη και την ωθεί σε ταλάντωση (στα 1000 Hz το χαμηλότερο πλάτος ταλάντωσης που μπορεί να ανιχνευθεί είναι μόλις το ένα δέκατο της διαμέτρου του μορίου του υδρογόνου) και το ερέθισμα μεταφέρεται μηχανικά στο εσωτερικό αυτί.

Το εσωτερικό αυτί αποτελείται από τον κοχλία και τα τρία οστάρια, τη σφύρα, τον άκμονα και τον αναβολέα. Το ακουστικό ερέθισμα μεταφέρεται στα τρία οστάρια και εν συνεχεία στον κοχλία, όπου και γίνεται η ανάλυση του ήχου. Τα οστάρια αυτά συνδέονται με μυικούς ιστούς οι οποίοι σε ισχυρά ερεθίσματα περιορίζουν το πλάτος της κίνησης προστατεύοντας έτσι το αυτί.

Κατά μήκος του κοχλία υπάρχει μία μεμβράνη, η βασική μεμβράνη που φέρει 23000 – 24000 νευρικές απολήξεις με την μορφή τριχωτών κυττάρων (όργανο του Corti). Το κάθε τριχωτό κύτταρο της μεμβράνης του κοχλία συντονίζεται με μία συγκεκριμένη συχνότητα ενώ όλη η μεμβράνη ταλλαντώνεται και το ερέθισμα μεταφέρεται μέσω νEURων στον εγκέφαλο, όπου προκαλείται το ανάλογο αίσθημα. Αν κάποιο όργανο που μεταφέρει το ηχητικό ερέθισμα πάθει κάποια βλάβη, τότε αυτό θα έχει σαν συνέπεια την αλλοίωση του ερεθίσματος που φτάνει στον εγκέφαλο.

Είναι γενικώς αποδεκτό το ότι η αναγνώριση της συχνότητας γίνεται από το συντονισμό των τριχωτών κυττάρων, ενώ η αναγνώριση της έντασης από το πλάτος ταλάντωσης της τυμπανικής μεμβράνης.

3.3 Η απόκριση του αυτιού

Η απόκριση του ανθρώπινου οργάνου στα δύο χαρακτηριστικά του ήχου δεν είναι γραμμική. Μετρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι το αυτί μπορεί να διακρίνει 280 διαφορετικές στάθμες και 1400 διαφορετικές συχνότητες. Πιο ρεαλιστικές έρευνες έδειξαν ότι το ανθρώπινο αυτί μπορεί να διακρίνει μόνο επτά διακεκριμένες ακουστότητες και μόνο 7 διακεκριμένα ύψη. Συνεπώς μπορεί να

διακρίνει 49 (δηλ. 7×7) διαφορετικούς συνδυασμούς. Η ποσότητα αυτή δεν είναι μακριά από τον αριθμό των φωνητικών μονάδων (phonemes) που περιλαμβάνει κάθε γλώσσα.

Εκτός από τη φυσική ακουστική είναι σημαντικό να δοθεί προσοχή στην Ψυχοακουστική, τη μελέτη της σχέσης ανάμεσα στα φυσικά ερεθίσματα και τις ψυχολογικές αποκρίσεις, τις οποίες εγείρουν.

4.1 Ύψος

Το ύψος είναι ένας όρος που περιγράφει τις υποκειμενικές αισθήσεις του «υψηλού ή χαμηλού επιπέδου» ήχου. Το ύψος σχετίζεται με τη συχνότητα, πιο γενικά, το ύψος αυξάνεται, καθώς αυξάνεται η συχνότητα της ταλάντωσης, τουλάχιστον εντός του φάσματος της ανθρώπινης ακοής (20-20.000Hz). Ας σημειωθεί ότι το φάσμα συχνοτήτων από τη χαμηλότερη ως την υψηλότερη νότα του πιάνου εκτείνεται από 27,5 έως 4.186Hz. Ο δυτικός κόσμος χρησιμοποιεί την κλιμακα της οκτάβας στη μουσική του. Όταν η συχνότητα διπλασιάζεται, αυξάνεται κατά μία οκτάβα, αλλά η αύξηση (ή ελάττωση) ενός ήχου κατά μία οκτάβα δε διπλασιάζει (ή μειώνει στο μισό το ύψος του. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο οξύτερος είναι ο ήχος. Οι χαμηλές συχνότητες γίνονται αντιληπτές ως βαθύς ήχος. Για παράδειγμα, το μπουμπουνητό ενός μακρινού κεραυνού έχει χαμηλή συχνότητα, ενώ το σφύριγμα έχει υψηλή συχνότητα. Η ένταση, επίσης, συνεισφέρει στην αντίληψη του ύψους, αν και όχι τόσο όσο η συχνότητα.

Η υποκειμενική πλευρά του ύψους μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μία μονάδα μέτρησης που ονομάζεται mel. Χίλια mel είναι το ύψος ενός τόνου 1000Hz στα 30dB SL. Οι συχνότητες μπορούν να προσαρμοστούν έτσι ώστε να ακούγονται δύο φορές πιο υψηλά (2000 mels), κατά το ήμισυ υψηλά (500 mels), και ούτω καθ' εξής. Με εξαίρεση το γεγονός ότι ο αριθμός των mels αυξάνεται και μειώνεται με τη συχνότητα, εκτός από τα 1000Hz, οι αριθμοί δεν αντιστοιχούν. Αν και η δοκιμασία ακούγεται δύσκολη, η κλιμάκωση του ύψους μπορεί να επιτευχθεί με μεγάλη ακρίβεια σε συνεργάσιμα υποκείμενα με φυσιολογική ακοή, μετά από μία περίοδο εκπαίδευσης.

4.2 Ακουστότητα

Η *ακουστότητα* είναι ένα υποκειμενικό βίωμα, αντίθετα από την καθαρά φυσική δύναμη της έντασης. Ενώ υπάρχει μία σχέση μεταξύ αυξανόμενης έντασης και

αυξανόμενης ακουστότητας, τα decibel δεν είναι μία μονάδα μέτρησης ακουστότητας. Η διάρκεια και η συχνότητα ήχων συνεισφέρουν στην αίσθηση της ακουστότητας.

Είναι γεγονός ότι το αυτί δεν είναι το ίδιο ευαίσθητο σε όλες τις συχνότητες. Όπως επίσης το ότι το υποκειμενικό βίωμα της ακουστότητας μεταβάλλεται σε διαφορετικές συχνότητες. Συγκρίνοντας την ακουστότητα διαφορετικών συχνοτήτων με την ακουστότητα ενός τόνου 1000Hz σε έναν αριθμό στάθμεων έντασης, καθορίζεται η στάθμη ακουστότητας διαφορετικών συχνοτήτων.

Η υποκειμενική αντίληψη της έντασης ενός ήχου εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως λ.χ. το ύψος του ήχου. Πιο συγκεκριμένα, το αυτί μας είναι πιο ευαίσθητο σε ορισμένα εύρη συχνοτήτων από ότι σε άλλα. Η πιο ευαίσθητη περιοχή για το αυτί μας βρίσκεται μεταξύ 2700-3200 Hz με την ευαισθησία να μειώνεται βαθμιαία σε κάθε πλευρά αυτής της περιοχής. Κατά συνέπεια ένα συνημιτονικό ηχητικό σήμα με συχνότητα 3000 Hz και με μία ορισμένη ένταση θα ακούγεται πιο ισχυρός από ένα σήμα της ίδιας έντασης αλλά με συχνότητα 200 ή 8000 Hz.

4.3 Εντοπισμός

Η ακοή είναι μία αίσθηση απόστασης, που δεν επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβαίνουν με άλλες αισθήσεις, όπως η όραση, η αφή και η οσμή. Ο ήχος μπορεί να περάσει από γωνίες με μικρή παραμόρφωση, αν και όσο οι συχνότητες γίνονται υψηλότερες αποκτούν μία και μόνο κατεύθυνση. Σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατόν, ακόμα και χωρίς να φαίνεται η πηγή του ήχου να εντοπίζεται η κατεύθυνση από την οποία προέρχεται. Αυτή η ικανότητα, που ονομάζεται *εντοπισμός*, είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που προκύπτει από την αλληλεπίδραση των δύο αυτιών.

Ο εντοπισμός είναι πιθανός λόγω των σχετικών εντάσεων των ήχων και των χρόνων άφιξής τους στα δύο αυτιά. Οι κυριότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στην ικανότητά μας να εντοπίζουμε, είναι οι διαφορές ενδοωτικής φάσης στις χαμηλές συχνότητες (κάτω από 1500Hz), και οι διαφορές έντασης στις υψηλότερες συχνότητες. Σε ακουστικό περιβάλλον όμως με σκληρές επιφάνειες, μπορεί να παρατηρηθεί αντήχηση, και ο ήχος μπορεί να γίνεται αντιληπτός από άλλη κατεύθυνση, αντί για την πηγή του. Μία περιοχή στην οποία δεν υπάρχουν καθόλου σκληρές επιφάνειες ώστε να προκαλέσουν αντήχηση, ονομάζεται ελεύθερο πεδίο. Τα ελεύθερα πεδία πραγματικά υπάρχουν μόνο σε ιδεώδεις περιοχές, όπως οι κορυφές των βουνών και οι ειδικά κατασκευασμένοι ηχομονωμένοι θάλαμοι.

4.4 Επικάλυψη του Θορύβου (Masking)

Δυσκολία στην επικοινωνία (αναγνώριση ήχων) έχουμε όταν υπάρχει βλάβη στα τριχωτά κύτταρα του κοχλία αλλά και στην παρουσία θορύβου, ο οποίος πολλές φορές καλύπτει τον ήχο που μεταφέρει την πληροφορία. Όταν ένας ήχος στενής ζώνης συχνοτήτων φτάσει στον κοχλία, αυτομάτως διεγείρεται σε αυτόν μία στενή περιοχή τριχωτών κυττάρων. Αν δύο τέτοιο ήχοι φτάσουν ταυτόχρονα, το αυτί θα τους ξεχωρίσει σαν διαφορετικούς μόνο όταν οι διαταραχές του κοχλία για τον κάθε ήχο γίνουν σε διαφορετικές περιοχές και οι περιοχές αυτές δεν επικαλύπτονται. Όσο οι κεντρικές συχνότητες των δύο αυτών ήχων πλησιάζουν τόσο πιο δύσκολος είναι και ο διαχωρισμός τους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται επικάλυψη.

Επικάλυψη του θορύβου: Σύμφωνα με τα παραπάνω για την επικάλυψη μπορεί να δοθεί ο ορισμός:

Επικάλυψη του θορύβου ορίζεται το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηχητικό σήμα «πνίγεται» από το θόρυβο του περιβάλλοντος ή από κάποιον άλλο ήχο.

Η επικάλυψη του θορύβου μετριέται με την ανύψωση του κατωφλίου ακουστότητας του επιθυμητού ήχου, δηλαδή με το ποσό που πρέπει να ανυψωθεί η στάθμη του επικαλυπτόμενου ήχου (πάνω από το κατώφλι ακουστότητας σε dB) ώστε να είναι μόλις ακουστός.

Με σπάνιες εξαιρέσεις όλοι οι άνθρωποι έχουν βιώσει την κάλυψη σε θορυβώδη περιβάλλοντα, με τη μορφή παρεμπόδισης στην ομιλία.

Η ακουστική (*acoustics*) είναι ο κλάδος της φυσικής που μελετά τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά του ήχου, καθώς επίσης και τις εφαρμογές του. Μεταξύ των άλλων μελετά την παραγωγή, τη μετάδοση και τη λήψη του ήχου στα διάφορα υλικά μέσα, καθώς επίσης και τις τεχνικές ελέγχου και επεξεργασίας για την εκμετάλλευση του ήχου σε εξειδικευμένες εφαρμογές. Η επιστήμη της ακουστικής συναντάται σε τόσες πολλές πτυχές της κοινωνίας μας – τη μουσική, την ιατρική, την αρχιτεκτονική, τη βιομηχανική παραγωγή, πόλεμο και άλλα. Έτσι έχουν προκύψει οι υποδιαιρέσεις της ακουστικής στις οποίες εντάσσονται η αεροακουστική, η μουσική ακουστική, η ακουστική σεισμικών εφαρμογών, η ακουστική χώρων και άλλα επιστημονικά πεδία.

Έχοντας υπ' όψιν ότι η ακοή είναι μία από τις σημαντικότερες αισθήσεις του ανθρώπινου οργανισμού και ότι η ομιλία το κύριο μέσο επικοινωνίας του ανθρώπου μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ακουστική είναι πολύ μεγαλύτερης σημασίας από όσο νομίζουμε.

5.1 Αρχιτεκτονική Ακουστική

Η αρχιτεκτονική ακουστική στην Αρχαία Ελλάδα ήταν ιδιαίτερα ανεπτυγμένη και έχει επιδείξει εξαιρετικά δείγματα (πχ. Θέατρο Επιδαύρου). Η Henry ήταν ο πρώτος που επεσήμανε την κακή ακουστική των κλειστών χώρων, λόγω του φαινομένου της ηχούς και του εστιασμού των ήχων σε συγκεκριμένα σημεία των δημοσίων χώρων. Με παρατηρήσεις που έκανε χτυπώντας τα χέρια του στη αίθουσα συνδιαλέξεων του *Smithonian building*, βρήκε ότι καθυστέρηση μικρότερη των 53 ms των ανακλώμενων ήχων σε σχέση με τους απ'ευθείας διαδιδόμενους δεν προκαλεί ηχώ. Η παρατήρηση αυτή οδήγησε τον Haas στη διατύπωση του φαινομένου Haas (*Haas effect*). Επίσης με προσθήκη ξύλινων ανακλαστικών επιφανειών βελτίωσε την ακουστική της παραπάνω αίθουσας.

Αυτός που έφερε την επανάσταση στην ακουστική κλειστών χώρων ήταν ο Wallace Sabine καθηγητής στο *Harvard University*. Ο Sabine κατάλαβε τη σημασία της αντήχησης στην ακουστική ποιότητα των χώρων και την επίδραση της απορρόφησης των υλικών στην αντήχηση των χώρων (1915).

Ένας κλειστός χώρος λέμε ότι έχει καλή ακουστική όταν πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις :

- i. Ο ήχος φτάνει σε όλα τα σημεία του χώρου χωρίς αισθητή μείωση, και κυρίως έχει την ίδια κατανομή παντού.
- ii. Δεν εμφανίζεται το φαινόμενο της επικάλυψης, ή τουλάχιστον είναι περιορισμένο.
- iii. Ο ρυθμός μείωσης του ήχου είναι ο βέλτιστος. Αυτό έχει ως συνέπεια την καθαρότητα της συνομιλίας και τη βελτίωση της μουσικής.
- iv. Δεν υπάρχουν δυσάρεστες καταστάσεις, όπως: ηχώ, ηχητικές σκιές, ηχητικές παραμορφώσεις, ηχητικές συγκεντρώσεις.
- v. Ο χώρος να διαθέτει επαρκή ηχομόνωση. Κατά τον Beranek η τιμή των κριτηρίων NCB του εισερχόμενου θορύβου πρέπει να είναι μικρότερη από 18 dB.

5.2 Παράμετροι Καλής Ακουστικής

Εκτός από τον χρόνο αντήχησης οι κυριότεροι παράμετροι που σχετίζονται με την ακουστική ποιότητα των χώρων και την αντίληψη της ομιλίας είναι:

5.2.1 Ηχώ

Αν από μία πηγή που βρίσκεται σε έναν κλειστό χώρο εκπεμπθεί ένας ήχος, ο ήχος αυτός γίνεται αμέσως ακουστός από κάποιον που βρίσκεται στον ίδιο χώρο. Αν αμέσως μετά ακουστεί το ανακλώμενο ηχητικό σήμα και ο ακροατής το αντιληφθεί σαν ξεχωριστό ηχητικό γεγονός, το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηχώ.

5.2.2 Χρωματισμός

Όταν η καθυστέρηση των ανακλώμενων ήχων είναι μικρή (της τάξης των 10ms) η χροιά των ήχων αλλάζει στη συμβολή των φράσεων. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται χρωματισμός.

5.2.3 Οικειότητα

Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σπουδαία τόσο για χώρους που προορίζονται για ομιλία όσο και για μουσική. Η τιμή της εξαρτάται από τη λήψη των ανακλώμενων ήχων αμέσως μετά τη λήψη των απευθείας εκπεμπόμενων. Οι καθυστερήσεις των ανακλώμενων ήχων σε σχέση με τις απευθείας διαδόμενες δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 20 ms.

5.2.4 Αντιληπτικότητα των Συλλαβών (Syllable Intelligibility)

Η ποσότητα αυτή εκφράζει την «ποιότητα» της ομιλίας. Σύμφωνα με τους κανονισμούς ISO/TR 3352 – 1974 (E) αντιληπτικότητα της ομιλίας ορίζεται ως το ποσοστό (%) του αριθμού των συλλαβών που γίνονται αντιληπτές από ένα μέσο ακροατή, προς το σύνολο των συλλαβών που εκφωνούνται κατά τη διάρκεια συνήθους συνομιλίας. Η αντιληπτικότητα των συλλαβών εξαρτάται από δύο κυρίως παράγοντες, το λόγο του σήματος προς το θόρυβο (SNR) και τον χρόνο αντήχησης (T_{60}) του χώρου. Η μέτρηση της αντιληπτικότητας συλλαβών γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο. Στο υπό έλεγχο περιβάλλον εκπέμπεται μία ακολουθία από συλλαβές χωρίς νόημα. Οι ακροατές τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις και τους ζητείται να γράψουν ότι έχουν ακούσει. Το ποσοστό των σωστών συλλαβών που έχουν γίνει αντιληπτές χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της αντιληπτικότητας συλλαβών.

5.2.5 Απώλεια Συμφώνων (Articulation Loss – AL)

Η ποσότητα αυτή μετρά το ποσοστό των συμφώνων που δεν αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής και προτάθηκε από τον Peutz. Ο Peutz μετέβαλε το χρόνο αντήχησης, τη απόσταση από την πηγή και το θόρυβο βάθους και μετρήσε την απώλεια συμφώνων.

5.2.6 Δείκτης RASTI

Ο δείκτης RASTI (Rapid Speech Transmission Index) είναι ένας αντικειμενικός δείκτης που μετρά το ποσοστό των σωστών συλλαβών που αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής, λαμβάνοντας υπ' όψιν του ταυτόχρονα το θόρυβο βάθους και το χρόνο αντήχησης. Οι τιμές που παίρνει είναι μεταξύ 0 και 1.

5.3 Ακουστική Αιθουσών διδασκαλίας

Μία πολύ σημαντική εφαρμογή της ακουστικής είναι η ακουστική των αιθουσών διδασκαλίας (Seep *et al.*, 2000). Πολλές έρευνες στους τομείς της εκπαίδευσης της ψυχολογίας, της ακοολογίας και της μηχανικής έχουν ασχοληθεί με την ακουστική αιθουσών διδασκαλίας (Hodgson, 1988; Serra and Biassoni, 1998; Hodgson *et al.*, 1999; Bistafa and Bradley, 2000; Haines *et al.*, 2001; Hodgson and Nosal, 2002; Lundquist *et al.*, 2003; Shield and Dockrell, 2003). Οι παράμετροι της ακουστικής χώρου, όπως ο θόρυβος, η αναλογία του σήματος προς το θόρυβο (SNR) και η αντήχηση μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στην καταληπτότητα της ομιλίας, τη διάθεση, τη συγκέντρωση των μαθητών, καθώς και τις δυνατότητες μάθησής τους (Abimbade, 1999; Hodgson, 1999; Hodgson *et al.*, 1999; Polich and Segovia, 1999; Bradley and Lang, 2000; Crandell and Smaldino, 2000; Nelson, 2000; Nelson and Soli, 2000; Siebein *et al.*, 2000; Hodgson, 2002; Hodgson and Nosal, 2002; Nelson *et al.*, 2002; Godfrey, 2003; Shield and Dockrell, 2003; Skarlatos and Manatakis, 2003; Dockrell and Shield, 2004; Dockrell *et al.*, 2004; Hodgson, 2004; Siebein, 2004; Beaman, 2005; Choi and McPherson, 2005; Dreossi and Momensohn-Santos, 2005; Sato *et al.*, 2005; Kennedy *et al.*, 2006; Dockrell and Shield, 2006). Συνεπώς υπάρχουν αρκετές νομοθεσίες που θέτουν τα πρότυπα για τις μέγιστες τιμές θορύβου, το ελάχιστο στην αναλογία του σήματος προς το θόρυβο και τη μέγιστη τιμή της αντήχησης στις αίθουσες διδασκαλίας (Lubman, 1997; Malakootian, 2001; Sutherland and Lubman, 2004; Evans, 2005; Kobayashi *et al.*, 2007).

5.3.1 Θόρυβος Βάθους (Background noise)

Στις αίθουσες διδασκαλίας, η ομιλία μεταδίδεται σπάνια στο παιδί, δίχως να υπάρξουν παρεμβολές θορύβου. Ο θόρυβος στις αίθουσες διδασκαλίας αναφέρεται σε κάθε μη επιθυμητή διέγερση του ακουστικού συστήματος, που παρεμβάλλεται με ό,τι το παιδί θέλει, ή έχει ανάγκη να ακούσει και να καταλάβει (Crandell *et al.*, 1995).

Οι πηγές θορύβου σε μία αίθουσα περιλαμβάνουν τρεις κατηγορίες θορύβου.

- § Τον εξωτερικό θόρυβο, που είναι ο θόρυβος ο οποίος δημιουργείται εκτός κτηρίου, π.χ. η κίνηση του δρόμου, ο θόρυβος από το προαύλιο.
- § Τον εσωτερικό θόρυβο, που είναι ο θόρυβος που δημιουργείται μέσα στο κτήριο αλλά εκτός αίθουσας, π.χ. από παρακείμενες αίθουσες και διαδρόμους.

§ Το θόρυβο της αίθουσας αυτόν καθαυτό, που είναι ο θόρυβος που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα, π.χ. ο θόρυβος από το φωτισμό, από το σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού. (Bess & McConnel, 1981; Crandell & Smaldino, 1994, 1995, 1996, 200b; Olsen, 1981, 1988)

Λόγω του μεγάλου αριθμού των ενδεχόμενων πηγών θορύβου οι αίθουσες διδασκαλίας συχνά παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένα ποσοστά θορύβου.

Ο θόρυβος βάθους μίας αίθουσας επιδρά σημαντικά στην ικανότητα του παιδιού να αντιληφθεί την ομιλία, συγκαλύπτοντας τα ακουστικά και γλωσσικά στοιχεία που δίνονται στο μήνυμα που μεταδίδει ο δάσκαλος. Σε γενικές γραμμές η φασματική ενέργεια των συμφώνων είναι μικρότερη από αυτή των φωνηέντων. Συνεπώς ο θόρυβος βάθους της τάξης μειώνει την αντίληψη των συμφώνων από τα παιδιά. Δυστυχώς, ακόμα και η ελάχιστη μείωση της αντίληψης των συμφώνων είναι αρκετή για να επηρεάσει την καταληπτότητα της ομιλίας, διότι η ικανότητα του ακροατή να κατανοήσει την ομιλία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ενέργεια των συμφώνων (French & Steinberg, 1947; Licklider & Miller, 1951)

Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι ο θόρυβος βάθους μίας αίθουσας συχνά ποικίλει, αναλογικά με το χρόνο. Αυτή η ποικιλότητα συχνά καθιστά δύσκολη τη μέτρηση του θορύβου της αίθουσας με αξιοπιστία με απλό τρόπο. Παρά τη δυσκολία αυτή όμως, οι περισσότερες έρευνες που αφορούν μετρήσεις αιθουσών αναφέρουν επίπεδα θόρυβος βάθους μέσω ενός αριθμού περιγραφών (Crandell *et al.*, 1995). Ο πιο συχνός αριθμός αριθμός που περιγράφει τα επίπεδα θορύβου σε μία αίθουσα είναι η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης - Sound Pressure Level (SPL) σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περισσότερα από ένα σημεία στο χρόνο σε Α-στάθμιση συχνοτήτων (dBA). Τέτοιου τύπου μετρήσεις συνήθως πραγματοποιούνται με ηχόμετρα.

Το σύστημα Α-στάθμισης συχνοτήτων έχει σχεδιαστεί για να προσομοιώνει την ευαισθησία του μέσου όρου του ανθρώπινου αυτιού υπό συνθήκες χαμηλών σταθμών έντασης.

5.3.2 Αναλογία Σήματος προς το Θόρυβο (Signal to Noise Ratio - SNR)

Η αναλογία σήματος προς το θόρυβο - signal to noise ratio (SNR)- αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μετρήσεις για την ακριβή καταληπτότητα της ομιλίας σε ένα περιβάλλον μάθησης. Η αναλογία αυτή ορίζεται ως τη διαφορά των decibel μεταξύ του σήματος ομιλίας και του θορύβου βάθους του περιβάλλοντος το οποίο εξετάζεται (Roeser & Downs, 1988). Πιο απλά θα

μπορούσε να ειπωθεί ότι όσο πιο δυνατά μιλάει ο δάσκαλος, τόσο πιο δυνατό θα είναι το σήμα και όσο υψηλός είναι ο θόρυβος βάθους, τόσο πιο υψηλός θα είναι και ο θόρυβος. Για παράδειγμα αν το σήμα ομιλίας παρουσιάζεται στα 75 dB, και ο θόρυβος βάθους στα 65 dB η αναλογία του σήματος προς το θόρυβο θα είναι +10 dB. Γενικά, η καταληπτότητα της ομιλίας είναι καλύτερη όταν υπάρχει η επιθυμητή αναλογία σήματος προς το θόρυβο και αντίστοιχα μειώνεται σαν λειτουργία με τη μείωση της αναλογία αυτής (Crum, 1974; Finitzo - Hieber & Tillman, 1978; Nabelek & Pickett, 1974a, 1974b).

5.3.3 Αντήχηση

Μία ακουστική παράμετρος που δε θα μπορούσε να παραλειφθεί λόγω των πολύ σημαντικών επιπτώσεων που έχει στην καταληπτότητα της ομιλίας είναι η αντήχηση. Η αντήχηση αφορά την παραμονή ή επιμήκυνση του ήχου σε έναν κλειστό χώρο ενώ τα ηχητικά κύματα αντανακλούνται στις σκληρές επιφάνειες (Lochner & Burger, 1964; Nabelek & Pickett, 1974a, 1974b; Siebein, 1994; Siebein, Crandell, & Gold, 1997). Η επιμήκυνση αυτή του ήχου θεωρείται συνήθως ως ο πιο σημαντικός παράγοντας για το χαρακτηρισμό της ακουστικής μίας αίθουσας. Ο χρόνος αντήχησης ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται (σε δευτερόλεπτα) για να μειωθεί ένας παραγόμενος ήχος 60 dB αφού η πηγή έχει σταματήσει να παράγει το συγκεκριμένο ήχο.

Υπάρχουν διάφορες ευρωπαϊκές και διεθνείς οδηγίες όσον αφορά την ακουστική στις αίθουσες διδασκαλίας. Οι οδηγίες αυτές δίνουν κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με το χρόνο αντήχησης και τα επίπεδα του θορύβου βάθους των χώρων διδασκαλίας, καθώς και για τις απαιτήσεις των σχολικών εγκαταστάσεων αναφορικά με τη διάδοση του ήχου.

Οι οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) όσον αφορά το θόρυβο βάθους έχει θέσει ως ανώτατο επίπεδο σε αίθουσες διδασκαλίας τα 35 dB LAeq κατά τη διάρκεια των μαθημάτων και χρόνο αντήχησης 0,6 δευτερόλεπτα, ενώ ισχύει το όριο των 55 dB LAeq για το θόρυβο βάθους στο προαύλιο. (Πίνακας 1.)

Πίνακας 1.

	Επίπεδα θορύβου LAeq, dB	Χρόνος Αντήχησης, δευτερ.
Αίθουσες διδασκαλίας	35	0,6
Προαύλιο	55	-

Παρόμοια επίπεδα ισχύουν και προτείνονται στις Η.Π.Α. μέσω του ανανεωμένου προτύπου ANSI S12.60-2002 το οποίο έχει θέσει ως ανώτατο επίπεδο σε αίθουσες διδασκαλίας μικρότερες των 283 τ.μ. και μεγαλύτερες από 283 τ.μ. αλλά μικτότερες των 566 τ.μ. τα 35 dB LAeq και χρόνο αντήχησης 0,6 δευτερόλεπτα, ενώ ισχύει το όριο των 40 dB LAeq για αίθουσες μεγαλύτερες των 566 τ.μ.. (Πίνακας 2.)

Πίνακας 2.

Μέγεθος αίθουσας	Επίπεδα βάθους LAeq, dB	Χρόνος Αντήχησης, δευτερ.
< 283 m²	35	0,6
> 283 m² και ≤ 566 m²	35	0,6
> 566 m²	40	-

Όσο για τη νομοθεσία στη Μεγάλη Βρετανία, οι νόμοι για το θόρυβο και τις προϋποθέσεις ακουστικής στα σχολεία εισήχθησαν τον Ιούλιο του 2003. Στην Ελλάδα ωστόσο δεν έχει εισαχθεί οποιαδήποτε νομοθεσία σχετικά με τα επίπεδα θορύβου και τις προϋποθέσεις ακουστικής στις αίθουσες διδασκαλιών.

Το Δελτίο Κτηρίου της Μ. Βρετανίας (Building Bulletin 93) προτείνει ως μέγιστο επίπεδο θορύβου βάθους τα 35dB LAeq, συμπεριλαμβανομένου του θορύβου από πηγές όπως το σύστημα εξαερισμού και το θόρυβο που εισέρχεται στην αίθουσα από εξωτερικές πηγές στις άδειες αίθουσες Δημοτικών Σχολείων και Γυμνασίων, ενώ ο χρόνος αντήχησης θα πρέπει να είναι μικρότερος του 0,6 δευτερόλεπτα για τα Δημοτικά Σχολεία και μικρότερος του 0,8 δευτερόλεπτα για τα Γυμνάσια. (Πίνακας 3.)

Πίνακας 3.

	Μέσος Εσωτερικός θόρυβος LAeq, dB	Χρόνος Αντήχησης, δευτερ.
Αίθουσες διδασκαλίας Δημοτικών Σχολείων	35	> 0,6
Αίθουσες διδασκαλίας Γυμνασίων	35	> 0,8

Παρά την ύπαρξη των κατευθυντήριων γραμμών για το θόρυβο στα σχολεία και τις αίθουσες διδασκαλίας και τη διεξαγωγή ποικίλων ερευνών σχετικά με τις επιπτώσεις του θορύβου στα παιδιά αλλά και τους δασκάλους έχουν πραγματοποιηθεί λίγες έρευνες σχετικά με τα επίπεδα θορύβου εντός και εκτός αίθουσας.

Παρά το γεγονός ότι έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες σχετικά με τις επιδράσεις της χρόνιας έκθεσης παιδιών προσχολικής ηλικίας στο θόρυβο στα παιδιά στο σχολείο υπάρχουν σχετικά λίγα δημοσιευμένα ευρήματα για το ακουστικό περιβάλλον των αιθουσών διδασκαλίας.

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι ο θόρυβος μπορεί να έχει ολέθριες συνέπειες για τη γνωστική ανάπτυξη των παιδιών του δημοτικού σχολείου, καθώς φαίνεται ότι τα μεγαλύτερα παιδιά του δημοτικού επηρεάζονται περισσότερο από ότι τα μικρότερα παιδιά. Πολλές από αυτές τις μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρόνια έκθεση παιδιών μικρής ηλικίας στο θόρυβο έχει ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στις ικανότητες ανάγνωσης τους. Πιο αναλυτικά, ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας έχει βρεθεί επίσης να προκαλεί δυσαρέσκεια στο περιβάλλον της τάξης, όπως αναφέρουν οι δάσκαλοι. Σε μια σύγκριση της επίδρασης θορύβου από διάφορες πηγές θορύβου διαπιστώθηκε ότι ο θόρυβος των αεροσκαφών και της οδικής κυκλοφορίας ήταν 66 dB(A).

Μελέτες που έχουν εξετάσει τις επιπτώσεις του θορύβου εντός των αιθουσών διδασκαλίας έχουν καταλήξει στο ότι η σχολική επίδοση των παιδιών, ιδιαίτερα στην εκμάθηση ανάγνωσης, μειώνεται σημαντικά όταν η στάθμη θορύβου του περιβάλλοντος παρεμβαίνει στην ομιλία. Συνεπώς με την επιδίωξη της ακουστικής των αιθουσών διδασκαλίας και τη μείωση του θορύβου έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνονται οι επιδόσεις τόσο των παιδιών στα νηπιαγωγεία, όσο και των παιδιών στα δημοτικά σχολεία. Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, τα στοιχεία που προηγούμενων μελετών δείχνουν ότι ο θόρυβος από διάφορες πηγές μέσα ή έξω από ένα σχολείο έχει αρνητικές συνέπειες στην ανάγνωση, ενώ το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μεγαλύτερο σε μεγαλύτερα παιδιά της κατηγορίας αυτής.

Τα παιδιά αρχίζουν να αποκτούν γλωσσικές ικανότητες για την ανάγνωση προτού αρχίσει η εκμάθηση της. Φαίνεται να υπάρχει μια αναπτυξιακή ιεραρχία στον τρόπο που τα παιδιά μαθαίνουν να διαβάζουν. Για να μπορέσουν να μάθουν τα παιδιά να διαβάζουν θα πρέπει πρώτα να μάθουν να αναγνωρίζουν τα γράμματα της αλφαβήτου, καθώς και να καταλάβουν ότι όταν τα γράμματα

ενωθούν σχηματίζουν λέξεις. Επιπλέον, πρέπει να μάθουν ότι οι λέξεις αυτές μπορούν να έχουν συμβολικό χαρακτήρα και να χαρακτηρίζουν αισθήματα, πράγματα και σκέψεις. Τα παιδιά μαθαίνουν τη σχέση μεταξύ των ήχων της ομιλίας και του τρόπου με τον οποίο αυτοί οι ήχοι απεικονίζονται στο γραπτό λόγο. Ως εκ τούτου τα παιδιά θα πρέπει να έχουν ακούσει και θα πρέπει επίσης να έχουν δει λέξεις. (Manson, 1980)

Μέχρι προσφάτως δεν υπήρχαν έρευνες, που να εξετάζουν τη σχέση μεταξύ θορύβου και πρώιμων αναγνωστικών ικανοτήτων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Υπήρξε βέβαια κάποια παρεμφερής μελέτη, η οποία ερεύνησε τις ικανότητες προσοχής αυτής της ηλικιακής ομάδας παιδιών. Στη συγκεκριμένη μελέτη συμπεράναν ότι σε ηλικία τεσσάρων ετών, τα παιδιά που λάμβαναν καθημερινή φροντίδα υπό θορυβώδεις συνθήκες είχαν καλύτερες επιδόσεις σε δοκιμασίες ταιριάσματος, ενώ τα παιδιά που λάμβαναν φροντίδα σε ήσυχα περιβάλλοντα σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις κάτω υπό ήσυχες συνθήκες θορύβου (Hambrick – Dixon, 1986). Έτσι, ίσως τα νήπια προσαρμόζονται στις συνθήκες του περιβάλλοντός τους και τα νήπια σε θορυβώδη περιβάλλοντα επηρεάζονται λιγότερο από οξείες θορύβους. Ο Heft (1979) ανέφερε παρόμοια ευρήματα για τα νήπια, τα οποία εκτέθηκαν σε άσχετη ομιλία κατά τη διάρκεια δοκιμασίας οπτικής διάκρισης. Σύμφωνα με την έρευνα του Heft η προσοχή των παιδιών, τα οποία προέρχονταν από θορυβώδη οικογενειακά περιβάλλοντα κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας αποσπάστηκε λιγότερο από αυτή των παιδιών με ήσυχο οικογενειακό περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά μελέτες των Cohen et al. (1980, 1986) υποδεικνύουν ότι με την πάροδο του χρόνου (ή καθώς τα παιδιά μεγαλώνουν) τα παιδιά που εκτίθενται σε χρόνια περιβάλλοντα θορύβου μπορεί να χάσουν κάθε βραχυπρόθεσμο πλεονέκτημα που είχαν από τα παιδιά που ζούσαν σε ήρεμα περιβάλλοντα, κατά τη διάρκεια δοκιμασιών υπό οξείες καταστάσεις θορύβου.

Όλα τα παραπάνω ευρήματα συνιστούν ότι η χρόνια έκθεση σε θόρυβο μπορεί να επιδράσει αρνητικά στα παιδιά, όταν είναι στην ηλικία των τεσσάρων ετών, αλλά οι συνέπειες της έκθεσης στο θόρυβο δεν είναι εμφανείς παρά μετά το πέρασμα κάποιων χρόνων. Μια εξήγηση για το γιατί τα παιδιά προσχολικής ηλικίας συνηθισμένα σε ένα θορυβώδες περιβάλλον δεν αποσπώνται από το θόρυβο κατά τη διάρκεια δοκιμασιών είναι το ότι έχουν μάθει να προγραμματίζουν αποτελεσματικά την προσοχή τους ώστε να μην διασπώνται από άλλα ερεθίσματα. Αντίθετα, τα παιδιά από ήσυχα περιβάλλοντα δεν έχει χρειαστεί να μάθουν αυτή τη δεξιότητα. Ωστόσο, όσο τα παιδιά μεγαλώνουν και εξακολουθούν να παραμένουν σε θορυβώδη περιβάλλοντα η δυνατότητα προσαρμογής τους αυξάνεται. Αποτελέσματα τριών μελετών δείχνουν ότι μεγαλύτερα παιδιά με ιστορικό χρόνιας έκθεσης σε υψηλής έντασης θόρυβο έχουν την τάση να υπέρ-γενικεύουν αυτή την ικανότητα προσαρμογής.

Στην πρώτη έρευνα, παιδιά ηλικίας δημοτικού που ζούσαν πάνω από έναν μεγάλο αυτοκινητόδρομο αποδείχτηκε να έχουν φτωχή ακουστική διάκριση (δηλ. την ικανότητα να διακρίνουν μεταξύ ακουστικά παρόμοιων λέξεων), σε συνάρτηση με τα επίπεδα θορύβου στο διαμέρισμα τους (Cohen et al, 1973). Επίσης οι Cohen et al (1986) διαπίστωσαν ότι τα παιδιά που φοιτούσαν σε δημοτικά σχολεία του Λος Άντζελες, τα οποία ήταν στην πορεία των αεροπλάνων για το αεροδρόμιο είχαν δυσκολίες σε δοκιμασίες ταιριάσματος, σε σχέση με παιδιά ήσυχων σχολείων, υπό συνθήκες του βέλτιστου λόγου σήματος προς θόρυβο σε μια ακουστική δοκιμασία. Τέλος, οι Evans et al (1995) επανέλαβαν τη μελέτη που έγινε στο Λος Άντζελες στην Ευρώπη με παρόμοια διαδικασία. Όλες οι παραπάνω έρευνες εξέτασαν τα παιδιά κάτω από πολύ προσεγμένα ήσυχες συνθήκες και είχαν εξετάσει τα παιδιά για φυσιολογικούς ουδούς ακοής. Ίσως τα παιδιά μαθαίνουν να προσομοιώνουν γενικότερα πάρα πολλά ερεθίσματα, τα οποία φαίνεται να είναι χρήσιμα σε ακαδημαϊκού τύπου δοκιμασίες στα δημοτικά σχολεία.

Ένα από τα ερεθίσματα, τα οποία μπορούν τα παιδιά να αποκτήσουν και να προσομοιώσουν είναι η ομιλία. Αν τα παιδιά προσχολικής ηλικίας που βρίσκονται κάτω από θορυβώδεις συνθήκες είναι καλοί στο να προσομοιώνουν την ομιλία, τι σχέση μπορεί να έχει αυτό, αν έχει, με την απόκτηση της ομιλίας; Τα παιδιά αποκτούν τη ομιλία, στα πλαίσια της ανάπτυξής τους με κοινωνική αλληλεπίδραση. Με άλλα λόγια, ένας σημαντικός παράγοντας για την απόκτηση του λόγου είναι το να είναι σε θέση τα παιδιά να επικοινωνούν μεταξύ τους, καθώς και με άλλα άτομα (Bloom, 1997). Στην επικοινωνία εμπλέκονται εξίσου το να εκφέρεις ομιλία και να ακούς την ομιλία των άλλων. Αν τα παιδιά μαθαίνουν να προσομοιώνουν την ομιλία των άλλων τι επίδραση μπορεί να έχει αυτό στην απόκτηση της γλώσσας και τις πρώιμες αναγνωστικές τους δεξιότητες; Υπάρχουν παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με τις προαναγνωστικές δεξιότητες στα θορυβώδη περιβάλλοντα, εκτός της ομιλίας που εκφέρουν τα παιδιά;

Η ψυχολογία και η βιβλιογραφία που αφορά την ανάγνωση δείχνει ότι η εκμάθηση της ανάγνωσης συνδέεται στενά με την αντίληψη της ομιλίας (Brady et al, 1983) και ιδίως με την αναγνώριση φωνημάτων (Wagner & Torgesen, 1987; Mann & Brady, 1988). Οι Brady et al (1983) έδειξαν ότι η αναγνώριση ομιλίας διαφέρει σημαντικά μεταξύ καλών και κακών αναγνώστων τρίτης τάξης. Οι Tunmer και Charman (1995) έδειξαν ότι οι καλοί αναγνώστες τείνουν να είναι καλύτεροι στην ορθογραφία και στο σχεδιασμό των λέξεων σε σύγκριση με τους κακούς αναγνώστες. Οι Adams et al (1997), σε μια πρόσφατη ανασκόπηση κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, υπάρχει σχέση μεταξύ της ικανότητας των παιδιών να εκφέρουν λέξεις και της πιθανότητας να μάθουν να διαβάζουν. Όσο καλύτερα κατανοούν τα παιδιά την ακουστική δομή των λέξεων, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να γίνουν καλοί αναγνώστες.

Η βιβλιογραφία σχετικά με το θόρυβο και την ανάγνωση θέτουν σαφή σχέση μεταξύ της έκθεσης στο θόρυβο και τις κακές αναγνωστικές δεξιότητες (Evans & Lerone, 1993). Επιπλέον, ο θόρυβος παρεμβαίνει στην απόκτηση γλωσσικών δεξιοτήτων σε παιδιά του δημοτικού. Έχει αποδειχθεί ότι η απόκτηση γλωσσικών δεξιοτήτων σχετίζεται με την ικανότητα ανάγνωσης. Ο θόρυβος μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις σε σημαντικές αναπτυξιακές διαδικασίες, που σχετίζονται τόσο με την απόκτηση της γλώσσας, όσο με την ανάγνωση. Έτσι, καθίσταται ζωτικής σημασίας να καταλάβουμε αν η ικανότητα των παιδιών προσχολικής ηλικίας που έχουν φαινομενικά προσαρμοστεί σε θορυβώδη περιβάλλοντα μπορεί να επηρεάσει την απόκτηση των απαραίτητων δεξιοτήτων που σχετίζονται με τη γλώσσα και την ανάγνωση. Σύμφωνα με έρευνα των Maxwell και Evans (2000) αποδεικνύεται ότι όντως υπάρχει σχέση μεταξύ χρόνιου θορύβου στο εσωτερικό περιβάλλον της αίθουσας και προαναγνωστικών ικανοτήτων στα παιδιά προσχολικής ηλικίας. Πιο αναλυτικά η κατανόηση και η χρήση της γλώσσας ήταν φτωχότερες στις θορυβώδεις αίθουσες. Επιπλέον, ένα από τα πρώτα και θεμελιώδη των αναγνωστικών δεξιοτήτων, η ανάγνωση γραμμάτων και αριθμών επηρεάζεται αρνητικά. Παρόμοια ευρήματα υπήρξαν και σε προηγούμενη έρευνα με μεγαλύτερης ηλικίας παιδιά (Evans & Maxwell, 1997) όπου ο δυνατός θόρυβος διαταράσσει τον κρίσιμο ρόλο της γλώσσας για την απόκτηση αναγνωστικών δεξιοτήτων. Επίσης συλλέχθηκαν αποδεικτικά στοιχεία ότι μπορεί να υπάρξουν δυσμενείς συνέπειες υποκινούμενες από τη χρόνια έκθεση παιδιών προσχολικής ηλικίας σε θόρυβο.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες σχετικά με τον θόρυβο βάθους μιας αίθουσας σε νηπιαγωγεία του Λονδίνου όπου βρέθηκαν επίπεδα θορύβου της τάξεως των 47.0 dB LAeq (Shield & Dockrell, 2004). Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Mackenzie και Airey μετρήθηκαν ο περιβαλλοντικός θόρυβος σε άδειες αίθουσες με μέσο όρο 44.7dB (A). Έρευνα των Taub, Kanis και Kramer (2003) κατά τη διάρκεια της οποίας μετρήθηκαν τα επίπεδα θορύβου σε νηπιαγωγεία ενώ ήταν άδεια έδειξε επίπεδα >50dB (A).

Σκοπός της έρευνας

Δεδομένου ότι στην Ελλάδα δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια έρευνα για τη στάθμη θορύβου στα νηπιαγωγεία κρίθηκε απαραίτητη η διενέργεια έρευνας για το σκοπό αυτό.

Η παρούσα έρευνα λοιπόν, πραγματοποιήθηκε με σκοπό να διερευνηθούν και να καθοριστούν τα επίπεδα του θορύβου βάθους (background noise) σε νηπιαγωγεία της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας, καθώς και των νηπιαγωγείων της Πάτρας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά από τη διερεύνηση αυτή συγκρίθηκαν με τα επιτρεπόμενα όρια θορύβου των διεθνών προτύπων ANSI S12.60-2002, ΠΟΥ (WHO) και UK Building Bulletin 93 για να διαπιστώσουμε αν συμμορφώνονται με τις κατευθυντήριες οδηγίες των προτύπων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Εκτός όμως από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα διεθνή πρότυπα θορύβου πραγματοποιήθηκε και συσχετισμός τους με τα αποτελέσματα άλλων παρόμοιων ερευνών.

Το δείγμα της έρευνας αυτής χωρίστηκε σε δύο κατηγορίες, τα νηπιαγωγεία της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας και τα νηπιαγωγεία της Πάτρας. Ο λόγος για τον οποίο το δείγμα διαμερίστηκε σύμφωνα με το κριτήριο αυτό ήταν η σύγκριση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ του θορύβου που καταγράφηκε στα νηπιαγωγεία υπαίθρου και του θορύβου των νηπιαγωγείων της Πάτρας.

Εκτός από τη διενέργεια ακουστικών μετρήσεων στις αίθουσες των νηπιαγωγείων υπαίθρου και Πάτρας ζητήθηκε από τις νηπιαγωγούς να αξιολογήσουν το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσάς τους μέσω συμπλήρωσης ερωτηματολογίου με τέσσερις κατηγορίες ερωτήσεων, «Χαρακτηριστικά Αίθουσας», «Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας», «Πηγές Θορύβου – Εκτός Αίθουσας» και «Φωνητική Προσπάθεια». Απώτερος σκοπός της συμπληρωματικής έρευνας μέσω ερωτηματολογίου ήταν να συγκριθεί η υποκειμενική άποψη των νηπιαγωγών αναφορικά με τις παραπάνω κατηγορίες και τα επίπεδα θορύβου που καταγράφηκαν και να δούμε αν τα αποτελέσματα συνάδουν μεταξύ τους.

ΕΝΟΤΗΤΑ II

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κεφάλαιο 1

Ακουστικές Μετρήσεις

1.1 Δείγμα

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν συνολικά σαράντα (40) νηπιαγωγεία του Δήμου Πάτρας, είκοσι (20) εκ των οποίων εντάσσονται στην κατηγορία «Νηπιαγωγεία Υπαίθρου» και βρίσκονται στα προάστια της Πάτρας, ενώ τα υπόλοιπα είκοσι (20) νηπιαγωγεία βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Τα νηπιαγωγεία ήταν όλα Δημόσια και απασχολούσαν φυσιολογικά παιδιά (δεν συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα Ειδικά Σχολεία ή τμήματα αυτών). Από τα νηπιαγωγεία της περιοχής υπαίθρου συστεγάζονταν τα 12/20, ενώ από τα νηπιαγωγεία της πόλης της Πάτρας συστεγάζονταν τα 16/20.

Επίσης η επιλογή του δείγματος έγινε ανεξαρτήτως τοποθεσίας στην πόλη ή το προάστιο, ενώ στην έρευνα συμμετείχαν και ολοήμερα νηπιαγωγεία. Κατά μέσο όρο τα παιδιά που απασχολούνταν στα νηπιαγωγεία ήταν ηλικίας 4 έως 6 ετών αγόρια και κορίτσια. Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι σε κάθε νηπιαγωγείο γινόταν μία (1) μόνο μέτρηση, σε μία αίθουσα ανεξάρτητα από τον αριθμό των αιθουσών του νηπιαγωγείου.

1.2 Υλικό

Για τη μέτρηση της στάθμης θορύβου στις αίθουσες των νηπιαγωγείων που αξιολογήθηκαν χρησιμοποιήθηκε ηχώμετρο με ενσωματωμένο μικρόφωνο. Το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης ήταν προϊόν της εταιρίας CASELLA CEL και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο CEL-430/2, με ενσωματωμένο μικρόφωνο CEL-252.

Πιο αναλυτικά το ηχώμετρο CEL-430/2 καλύπτει τα διεθνή πρότυπα IEC61672: 2002 (Electro acoustics – Sound Level Meters), με μοναδική κλίμακα μέτρησης 20 – 140 dB, απόκριση συχνοτήτων 6Hz έως 30kHz, δειγματοληψία Slow και Fast σύμφωνα με IEC 61672 και σταθμίσεις συχνοτήτων RMS: Σταθμίσεις A, C και Z σύμφωνα με IEC61672: 2002. Επίσης, όσον αφορά τα χαρακτηριστικά

του μικροφώνου CEL-252 είναι προπολωμένο ελευθέρου πεδίου 1/2" και ονομαστικής ευαισθησίας: 50mV/Pa.

Για τη δειγματοληψία το ηχόμετρο ρυθμίστηκε έτσι, ώστε οι μετρήσεις να εκτελούνται σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό (ISO) πρότυπο μέτρησης και δειγματοληψία Fast (125ms) ενώ για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκε η ισοδύναμη στάθμη (L_{eq}) σε A - στάθμιση συχνοτήτων.

1.3 Διαδικασία συλλογής δείγματος

Η συλλογή δείγματος σε κάθε νηπιαγωγείο πραγματοποιήθηκε εν ώρα λειτουργίας και συγκεκριμένα μεταξύ 09:00 και 14:00. Εφόσον όμως η έρευνα απαιτούσε τη μέτρηση του θορύβου της αίθουσας του νηπιαγωγείου ενώ είναι άδεια, τα παιδιά και η νηπιαγωγός κλήθηκαν να εγκαταλείψουν την αίθουσα μέχρις ότου ολοκληρωνόταν η δειγματοληψία διάρκειας πέντε (5) λεπτών. Η θέση τοποθέτησης του ηχομέτρου επιλεγόταν κάθε φορά ανάλογα με το χώρο και τοποθετούταν στο κέντρο της αίθουσας. Κατά τη διάρκεια συλλογής του δείγματος ήταν απαραίτητο τα παράθυρα και οι πόρτες να είναι κλειστά. Μετά την έναρξη της δειγματοληψίας το ηχόμετρο άρχισε να καταγράφει τη στιγμιαία στάθμη θορύβου σε A-στάθμιση συχνοτήτων ανά 125ms (Fast δειγματοληψία) – LAF σε ύψος 1,2 μέτρα. Ταυτόχρονα, το ηχόμετρο υπολόγιζε την ισοδύναμη στάθμη, σε A-στάθμιση συχνοτήτων - L_{eq} - της οποίας το τελικό αποτέλεσμα υπολογίστηκε με την παύση της δειγματοληψίας, μετά την πάροδο των πέντε (5) λεπτών που είχε τεθεί ως απαιτούμενη διάρκεια δειγματοληψίας.

1.4 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε μέσω του στατιστικού προγράμματος Statistical Analysis Software (SAS). Το πρόγραμμα αυτό επιτρέπει την ανάλυση των τιμών και την σύγκριση μεταξύ τους, με σκοπό την διεξαγωγή στατιστικών σημαντικών διαφορών.

2.1 Συμμετέχοντες

Στην μελέτη που πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου, οι νηπιαγωγοί κλήθηκαν να απαντήσουν σε κάποιες ερωτήσεις αναφορικά με το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσας. Το ερωτηματολόγιο συμπλήρωσαν όλες οι νηπιαγωγοί των οποίων οι αίθουσες μετρήθηκαν για τα επίπεδα θορύβου βάθους. Πριν τη χορήγηση του κάθε ερωτηματολογίου οι νηπιαγωγοί ενημερώνονταν σχετικά με τις πληροφορίες που θα ζητούνταν, καθώς και για τις όποιες απορίες είχαν σχετικά.

2.2 Υλικό ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από 13 συνολικά ερωτήσεις, οι οποίες χωρίζονταν σε τέσσερις κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές ήταν οι εξής :

- i. Χαρακτηριστικά Αίθουσας
- ii. Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας
- iii. Πηγές Θορύβου – Εκτός Αίθουσας
- iv. Φωνητική Προσπάθεια

Η πρώτη κατηγορία «Χαρακτηριστικά Αίθουσας» χρησιμοποιήθηκε για να κατανοήσουμε τη σημαντικότητα των δομών μιας αίθουσας διδασκαλίας ενός νηπιαγωγείου, όπως την αντιλαμβάνεται και τη θεωρεί η κάθε νηπιαγωγός. Επιπλέον σε αυτή την κατηγορία ερωτήσεων ζητήθηκε από τις νηπιαγωγούς να χαρακτηρίσουν το ακουστικό περιβάλλον μιας αίθουσας, καθώς επίσης και να το βαθμολογήσουν.

Η δεύτερη κατηγορία «Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας» ζητήθηκε από τις νηπιαγωγούς να αναγνωρίζουν τις πηγές θορύβου που δημιουργούνται μέσα στο περιβάλλον της αίθουσας, είτε πρόκειται για τα ίδια τα παιδιά είτε πρόκειται για κάποιο εξοπλισμό.

Στην Τρίτη κατηγορία «Πηγές Θορύβου – Εκτός Αίθουσας» ζητήθηκε από τις νηπιαγωγούς να αναγνωρίσουν τις πηγές θορύβου που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον της αίθουσας και να κρίνουν κατά πόσο είναι σημαντική η μείωσή τους για τα παιδιά.

Τέλος, στην τέταρτη κατηγορία «Φωνητική προσπάθεια» ζητήθηκε από τις νηπιαγωγούς να αναγνωρίζουν τα επίπεδα έντασης της ομιλίας τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος, καθώς και αν υπάρχει αίσθημα «ζορίσματος» της φωνής τους κατά τη διάρκεια της ομιλίας τους. (Παράρτημα 1. Ερωτηματολόγιο)

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί τροποποίηση ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη «Classroom Acoustics – A New Zealand Perspective» από τους Wilson, Valentine, Halstead, McGunnigle, Dodd, Heillier, Wood και Simpson το 2002.

1.4 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε μέσω του στατιστικού προγράμματος Statistical Analysis Software (SAS). Το πρόγραμμα αυτό επιτρέπει την ανάλυση των απαντήσεων και την σύγκριση μεταξύ τους, με σκοπό την διεξαγωγή στατιστικών σημαντικών διαφορών.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΙΙΙ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κεφάλαιο 1

Αποτελέσματα Ακουστικών Μετρήσεων

1.1 Καταμέτρηση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των ακουστικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα 40 συνολικά σχολεία της περιοχής της Πάτρας, όπως παρατίθενται στον **Πίνακα 1**. Μετά την καταμέτρηση των αποτελεσμάτων μεταξύ των νηπιαγωγείων της Πάτρας και του υπαίθρου της περιοχής της Πάτρας μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 1. Περιγραφική στατιστική για 20 νηπιαγωγεία στην πόλη της Πάτρας και 20 νηπιαγωγεία στην ύπαιθρο της περιοχής της Πάτρας.

Μεταβλητή	Μέσος Όρος		Τυπική Απόκλιση		Ελάχιστο		Μέγιστο	
	Πόλη	Ύπαιθρο	Πόλη	Ύπαιθρο	Πόλη	Ύπαιθρο	Πόλη	Ύπαιθρο
Αριθμός Μαθητών	18,8	18,7	5,3	5,1	7	10	30	31
Συστεγαζόμενο Σχολείο	80%	60%	0,41	0,50	0	0	1	1
LAeq (dB)	51,5	45,5	4,2	5,9	42,1	34,9	60,3	55,5
LAFmx (dB)	68,5	63,2	4,9	6,4	61,2	51,8	76,9	76,7

Όσον αφορά το μέσο όρο των μαθητών ανά νηπιαγωγείο, στην Πάτρα ο μέσος όρος ήταν 18,8 με τυπική απόκλιση 5,3 και με ελάχιστο αριθμό μαθητών 7 και μέγιστο αριθμό μαθητών 30. Στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας ο μέσος όρος

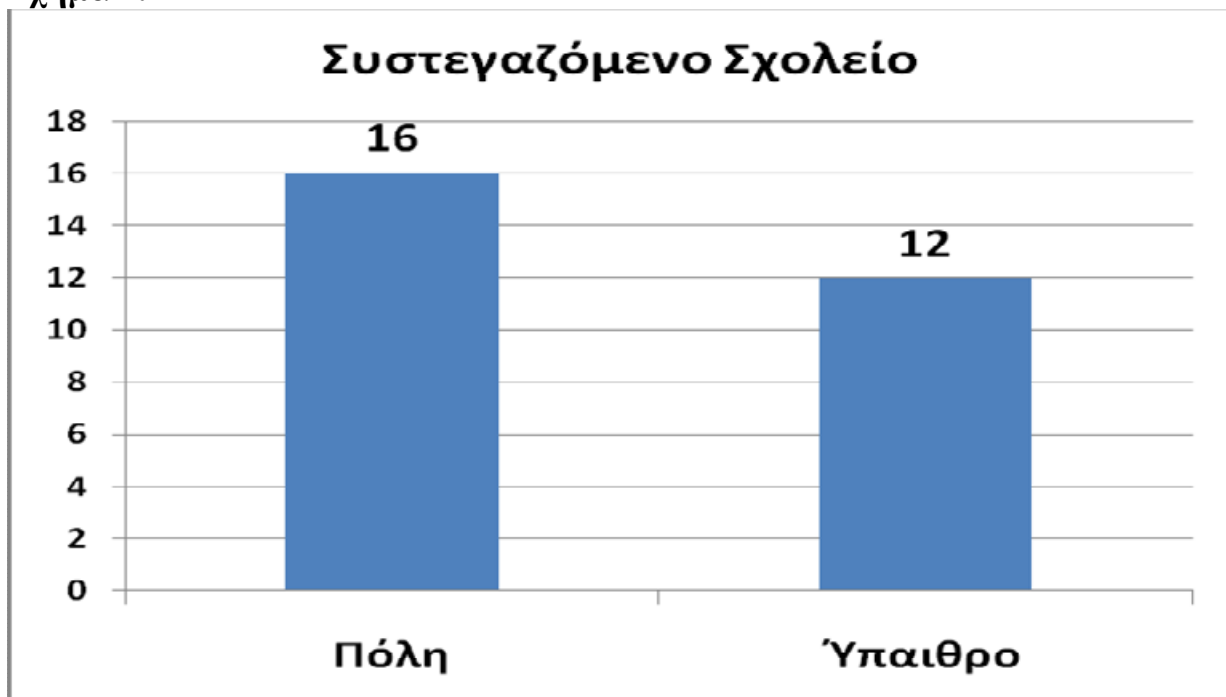
των μαθητών ήταν 18,7 με τυπική απόκλιση 5,1 και με ελάχιστο αριθμό τα 10 παιδιά και μέγιστο αριθμό παιδιών 31. (Σχήμα 1.)

Σχήμα 1.



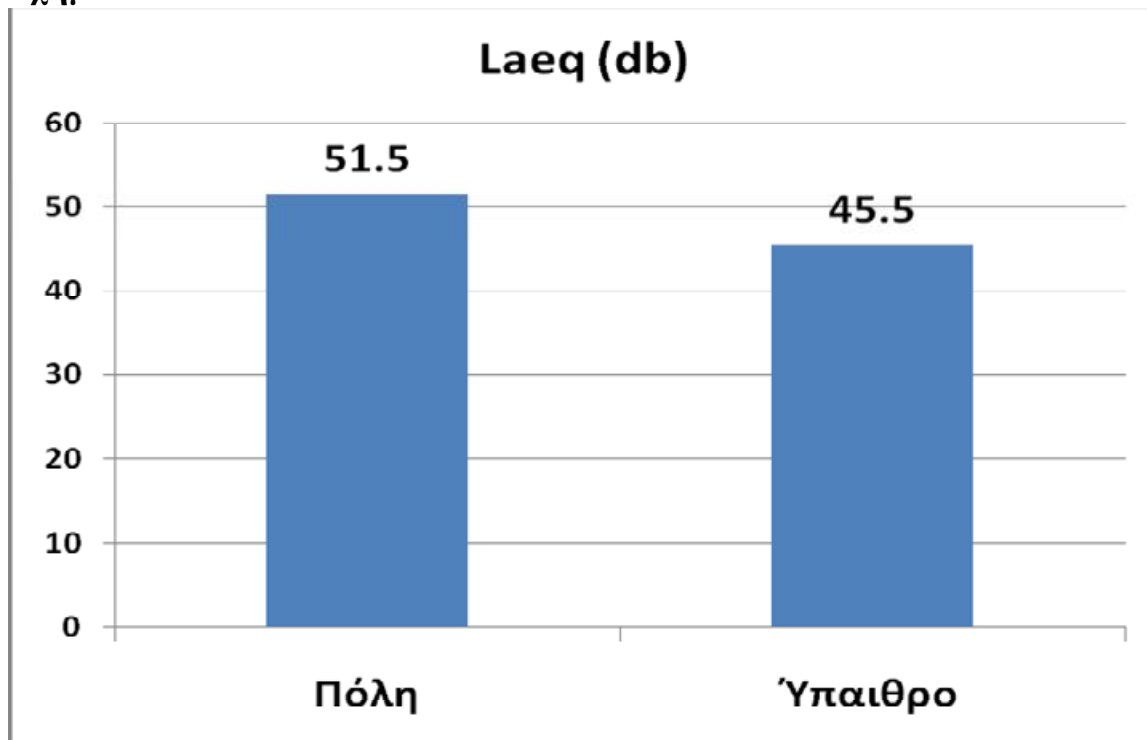
Ο μέσος όρος της συστέγασης των σχολείων ήταν κατά 80% με τυπική απόκλιση 0,41 στην περιοχή της Πάτρας και κατά 20% με τυπική απόκλιση 0,50 στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας, αφού υπήρχαν σχολεία που δεν συστεγάζονταν με κάποιο άλλο και σχολεία που συστεγάζονταν. (Σχήμα 2.)

Σχήμα 2.



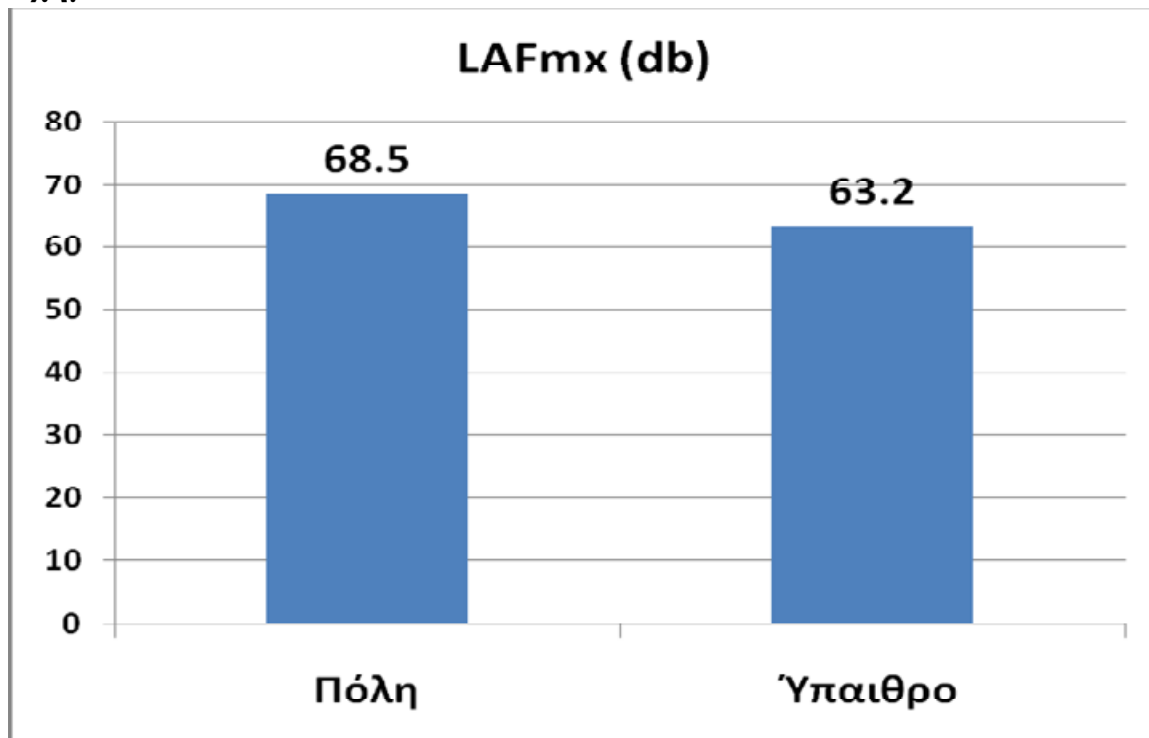
Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου L_{Aeq} όπως έχει ήδη περιγραφεί αντιπροσωπεύει την σταθερή συνεχή στάθμη που θα είχε το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με την μεταβαλλόμενη στάθμη. Μετά την καταγραφή των αποτελεσμάτων βλέπουμε ότι στην περιοχή της Πάτρας ο μέσος όρος του θορύβου βάθους ήταν 51,5 dB με τυπική απόκλιση 4,2 με ελάχιστο καταγραμμένο θόρυβο τα 42,1 dB και μέγιστο καταγραμμένο θόρυβο τα 60,3 dB. Όσον αφορά την περιοχή υπαίθρου της Πάτρας ο θόρυβος βάθους καταγράφεται με μέσο όρο 45,5 dB και τυπική απόκλιση 5,9 με ελάχιστο καταγραμμένο θόρυβο τα 34,9 dB και μέγιστο καταγραμμένο θόρυβο τα 55,5 dB. (Σχήμα 3.)

Σχήμα 3.



Η μέγιστη στάθμη θορύβου L_{AFmx} αντιπροσωπεύει τη μέγιστη στάθμη που καταγράφηκε από την έναρξη της μέτρησης (ή κατά την διάρκεια συγκεκριμένης μέτρησης) σε στάθμιση A και ταχύτητα δειγματοληψίας F (Fast-125ms). Μετά την καταγραφή και καταμέτρηση των δεδομένων προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Στην περιοχή της Πάτρας τα νηπιαγωγεία σημείωσαν μέσο όρο μέγιστης στάθμης θορύβου 68,5 με τυπική απόκλιση 4,9 και ελάχιστη καταγεγραμμένη στάθμη τα 61,2 dB ενώ η μέγιστη στάθμη που καταγράφηκε ήταν 76,9 dB. Στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας σημειώθηκε ο μέσος όρος μέγιστης στάθμης θορύβου 68,5 dB με τυπική απόκλιση 4,9 και ελάχιστη καταγεγραμμένη στάθμη τα 51,8 dB και μέγιστη καταγεγραμμένη στάθμη τα 76,7 dB. (Σχήμα 4.)

Σχήμα 4.



1.2 Στατιστικός έλεγχος αποτελεσμάτων

Ο στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων που παρατέθηκαν στον Πίνακα 1 της προηγούμενης ενότητας ελέγχθηκαν μέσω του προγράμματος στατιστικής ανάλυσης SAS. Ο έλεγχος αυτός έγινε προκειμένου να αξιολογηθεί το αν είναι στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν, μέσω εύρεσης της π-τιμής. Η π-τιμή είναι η τιμή πιθανότητας (0-1). Όταν η π-τιμή είναι μικρότερη από 0,05 τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα που παρατίθενται στον Πίνακα 2. βλέπουμε ότι:

Κατά τον έλεγχο για τη σύγκριση των δύο μέσων τιμών του αριθμού των μαθητών είναι 0,1 με την π-τιμή να είναι $0,95 > 0,05$ επομένως συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά.

Όσον αφορά τον έλεγχο για τη σύγκριση των μέσων τιμών των συστεγαζόμενων σχολείων η διαφορά των μέσων τιμών είναι 0,20 και η π-τιμή είναι $0,18 > 0,05$ συνεπώς συμπεραίνουμε και πάλι ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά.

Στην ισοδύναμη στάθμη θορύβου LAeq κατά τον έλεγχο για τη σύγκριση των δύο μέσων τιμών η διαφορά των μέσων τιμών προκύπτει 5,97 με την π-τιμή να διαμορφώνεται στα $0,0007 < 0,05$ συνεπώς συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις δύο μέσες τιμές.

Τέλος, τα αποτελέσματα της μέγιστης στάθμης θορύβου LAFmx κατά τον έλεγχο της σύγκρισης των μέσων τιμών μας δείχνουν μια διαφορά της τάξεως του 5,37 και με π-τιμή $0,0050 < 0,05$ επομένως συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων μέσων τιμών.

Πίνακας 2. Στατιστικός έλεγχος για την σύγκριση μέσων μεταξύ πόλης και υπαίθρου για της μεταβλητές LAeq (dB) και LAFmx (dB).

Μεταβλητή	Μέσος Όρος		Τυπική Απόκλιση		Έλεγχος για σύγκριση των δύο μέσων		π-τιμή
	Πόλη	Ύπαιθρο	Πόλη	Ύπαιθρο	Διαφορά μέσων		
Αριθμός Μαθητών	18,8	18,7	5,3	5,1	0,1	0,95	
Συστεγαζόμενο Σχολείο	80%	60%	0,41	0,50	0,20	0,18	
LAeq (dB)	51,5	45,5	4,2	5,9	5,97	0,0007	
LAFmx (dB)	68,5	63,2	4,9	6,4	5,37	0,0050	

Συμπέρασμα:

- Οι διαφορές των μέσων για τις μεταβλητές LAeq (dB) και LAFmx (dB) είναι στατιστικά σημαντικές αφού οι π-τιμές (τιμές πιθανοτήτων) των t-έλεγχων είναι μικρότερες του 0,05. Για παράδειγμα , για την μεταβλητή LAeq (dB) η π-τιμή είναι 0,0007 και αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα να

διαφέρουν οι μέσοι τυχαία είναι μικρότερη του 0,07%, που είναι πολύ μικρή.

- Αντιθέτως οι π-τιμές για τις μεταβλητές «Αριθμός Μαθητών» και «Συστεγαζόμενο Σχολείο» είναι μεγαλύτερες της τιμής 0,05 και επομένως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ πόλης και υπαίθρου.

Κεφάλαιο 2

Αποτελέσματα ερωτηματολογίου

Εκτός από τις ακουστικές μετρήσεις των αιθουσών διδασκαλίας στα 40 νηπιαγωγεία πραγματοποιήθηκε όπως έχει ήδη αναφερθεί και μελέτη μέσω ερωτηματολογίου για να διερευνηθεί η άποψη των νηπιαγωγών για το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσας της οποίας διδάσκουν, καθώς και για να δούμε πώς αξιολογούν το περιβάλλον αυτό. Όπως έχει αναλυθεί το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από τέσσερις κατηγορίες, τα αποτελέσματα των οποίων θα παραταθούν παρακάτω μετά από την καταγραφή τους. Η καταγραφή των απαντήσεων έγινε με βάση το κριτήριο τοποθεσίας των νηπιαγωγείων, δηλαδή αν ανήκουν στην πόλη της Πάτρας ή την περιοχή υπαίθρου της πόλης της Πάτρας.

i. Χαρακτηριστικά της αίθουσας .

1) «Κατά τη γνώμη σας ποιοι τομείς από τους παρακάτω είναι πιο σημαντικοί για την αίθυσά σας;»

Στην ερώτηση αυτή οι νηπιαγωγοί κλήθηκαν να απαντήσουν ήταν σχετικά με τη σημαντικότητα ορισμένων τομέων όπως ο φωτισμός, ο εξερισμός, η ακουστική του χώρου, ο εξοπλισμός και η επάρκεια του χώρου της αίθουσας. Τα αποτελέσματα όπως καταμετρήθηκαν είναι τα παρακάτω όπως παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες και σχήματα.

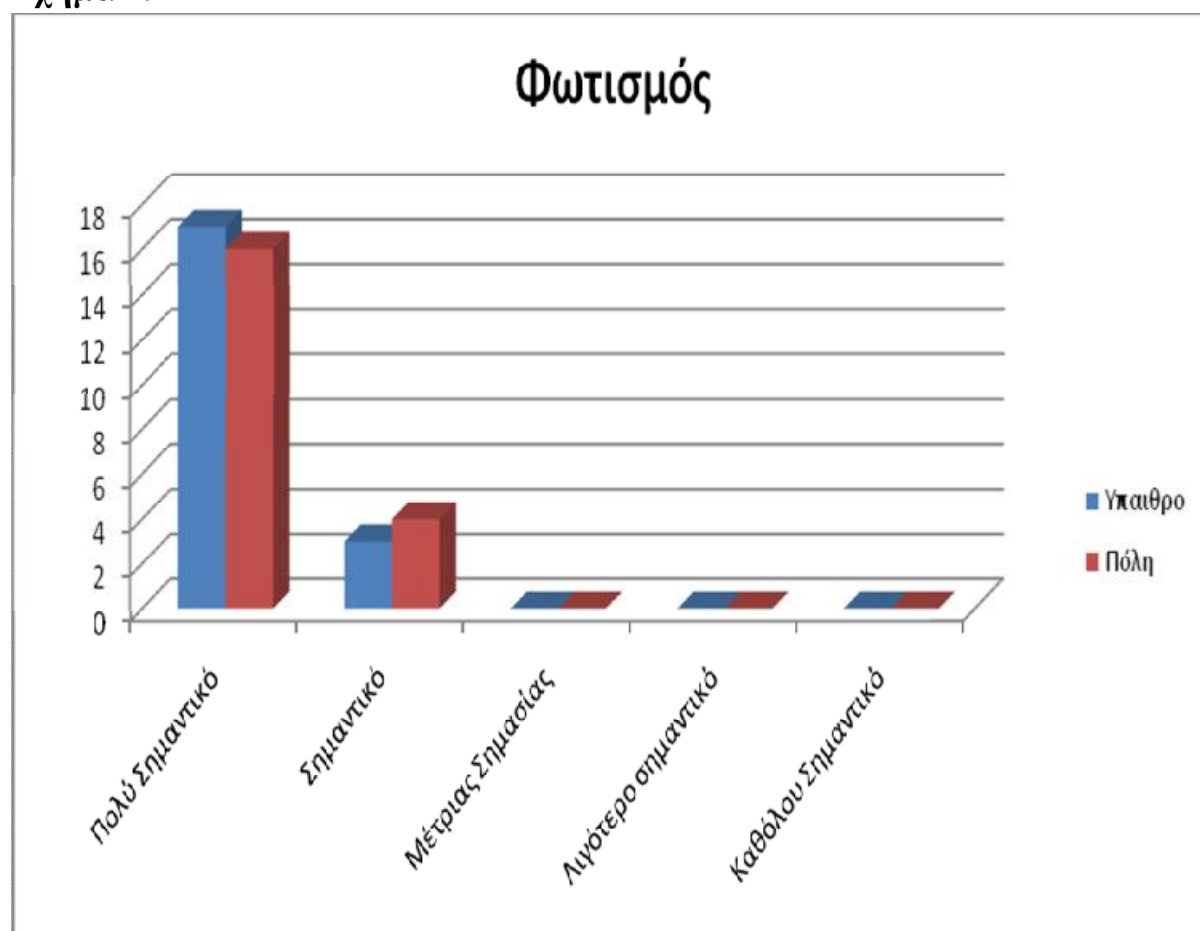
Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 3. και στο Σχήμα 1. 17 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων της περιοχής του υπαίθρου της Πάτρας βαθμολόγησαν τη σπουδαιότητα του Φωτισμού στην αίθυσά τους ως Πολύ Σημαντικό και 3 νηπιαγωγοί ως Σημαντικό.

Όσον αφορά τις απαντήσεις των νηπιαγωγών των νηπιαγωγείων της Πάτρας 16 βαθμολόγησαν τη σπουδαιότητα του Φωτισμού στην αίθουσά τους ως Πολύ Σημαντικό και 4 νηπιαγωγοί ως Σημαντικό.

Πίνακας 3. Φωτισμός

	Φωτισμός				
	Πολύ Σημαντικό	Σημαντικό	Μέτριας Σημασίας	Λιγότερο σημαντικό	Καθόλου Σημαντικό
Υπαιθρο	17	3	0	0	0
Πόλη	16	4	0	0	0

Σχήμα 1.



Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 4. και στο Σχήμα 2. 19 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων της περιοχής του υπαίθρου της Πάτρας βαθμολόγησαν τη

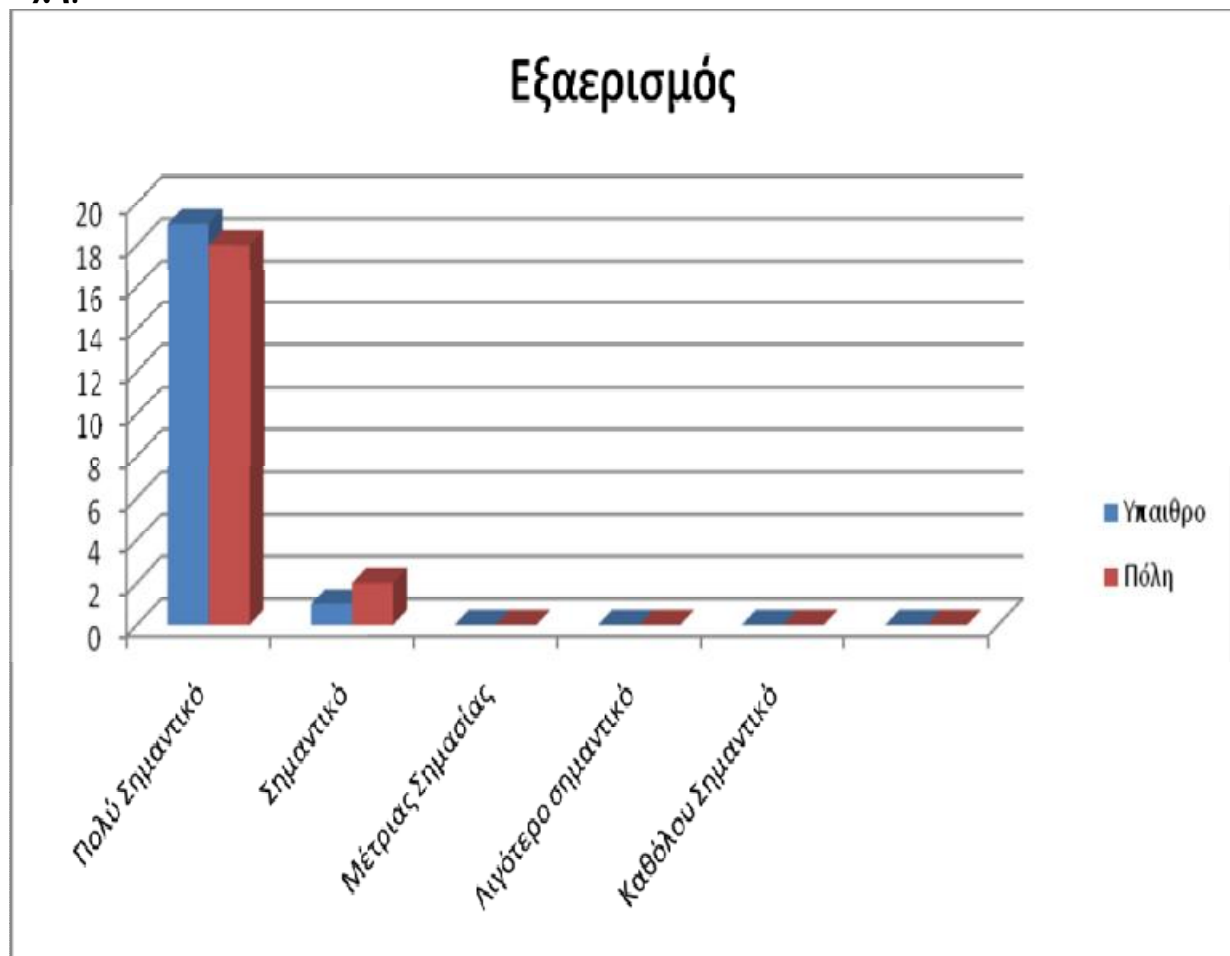
σπουδαιότητα του Εξαερισμού στην αίθουσά τους ως Πολύ Σημαντικό και 1 νηπιαγωγός ως Σημαντικό.

Όσον αφορά τις απαντήσεις των νηπιαγωγών των νηπιαγωγείων της Πάτρας 18 βαθμολόγησαν τη σπουδαιότητα του Εξαερισμού στην αίθουσά τους ως Πολύ Σημαντικό και 2 νηπιαγωγοί ως Σημαντικό.

Πίνακας 4. Εξαερισμός

		Εξαερισμός				
	Πολύ Σημαντικό	Σημαντικό	Μέτριας Σημασίας	Λιγότερο σημαντικό	Καθόλου Σημαντικό	
Υπαιθρο	19	1	0	0	0	
Πόλη	18	2	0	0	0	

Σχήμα 2.



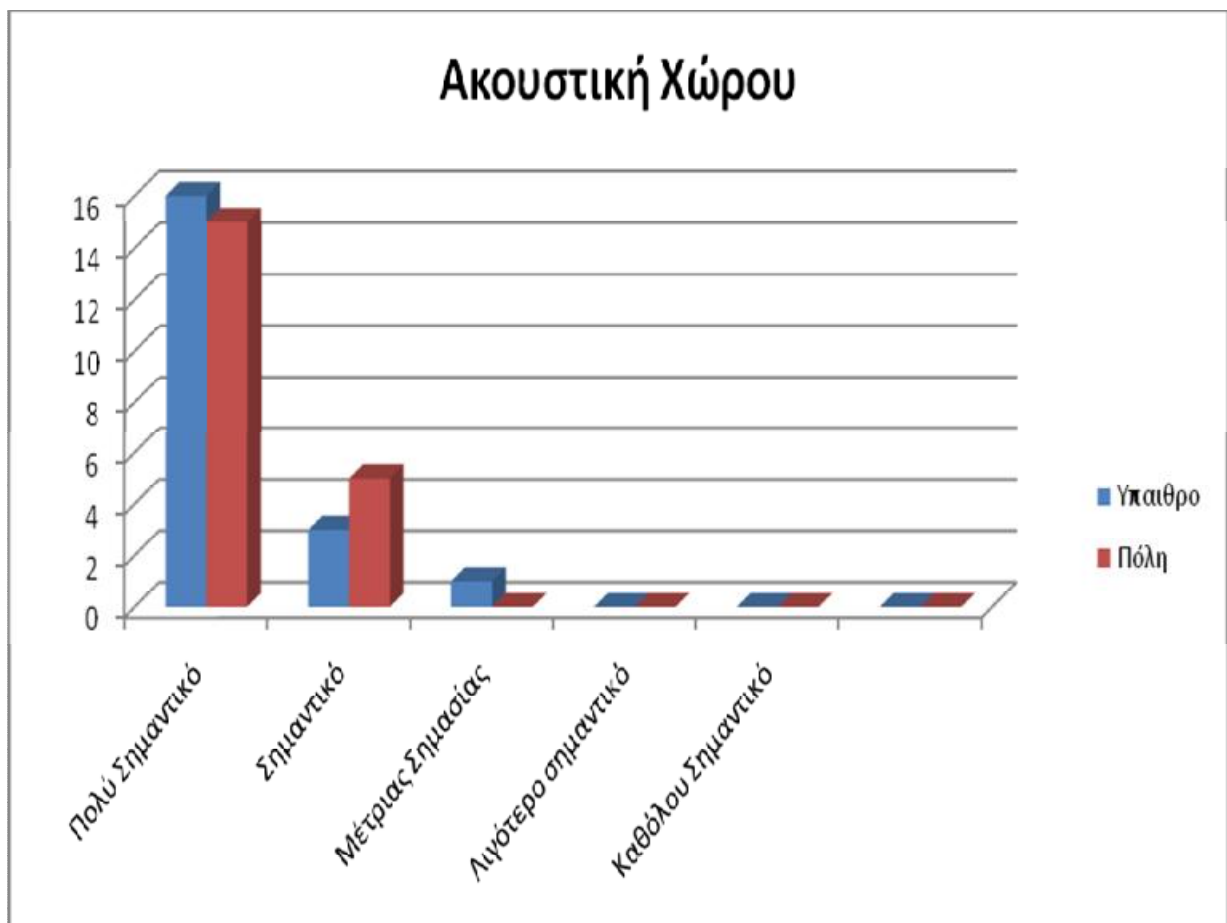
Σύμφωνα με τα δεδομένα που απεικονίζονται στον Πίνακα 5. και στο Σχήμα 3. η Ακουστική Χώρου βαθμολογείται από 16 νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της περιοχής του υπαίθρου της Πάτρας ως Πολύ Σημαντικό 3 νηπιαγωγοί ως Σημαντικό και 1 νηπιαγωγός ως Λιγότερο Σημαντικό.

Ενώ, 15 νηπιαγωγοί της πόλης της Πάτρας βαθμολόγησαν την Ακουστική Χώρου ως Πολύ Σημαντικό και 5 ως Σημαντικό.

Πίνακας 5. Ακουστική Χώρου

Ακουστική Χώρου					
	Πολύ Σημαντικό	Σημαντικό	Μέτριας Σημασίας	Λιγότερο σημαντικό	Καθόλου Σημαντικό
Υπαιθρο	16	3	1	0	0
Πόλη	15	5	0	0	0

Σχήμα 3.



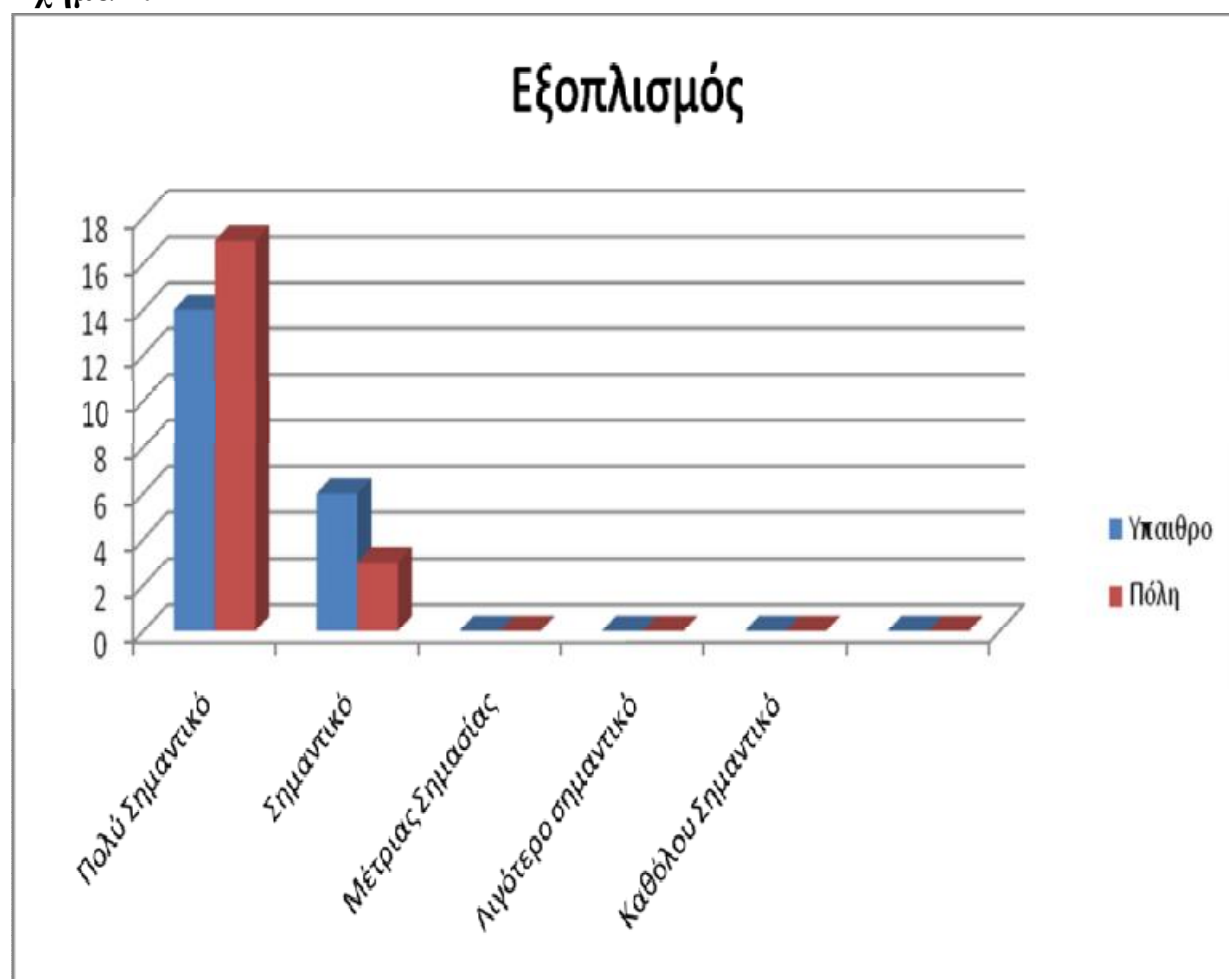
Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 6 και στο Σχήμα 4. 14 νηπιαγωγοί της περιοχής του υπαίθρου της Πάτρας βαθμολόγησαν τον Εξοπλισμό μιας αίθουσας ως Πολύ Σημαντικό και 6 νηπιαγωγοί ως Σημαντικό.

Ενώ 17 νηπιαγωγοί της Πάτρας βαθμολόγησαν τον Εξοπλισμό μιας αίθουσας ως Πολύ Σημαντικό και 3 ως Σημαντικό.

Πίνακας 6. Εξοπλισμός

	Εξοπλισμός				
	Πολύ Σημαντικό	Σημαντικό	Μέτριας Σημασίας	Λιγότερο σημαντικό	Καθόλου Σημαντικό
Υπαιθρο	14	6	0	0	0
Πόλη	17	3	0	0	0

Σχήμα 4.



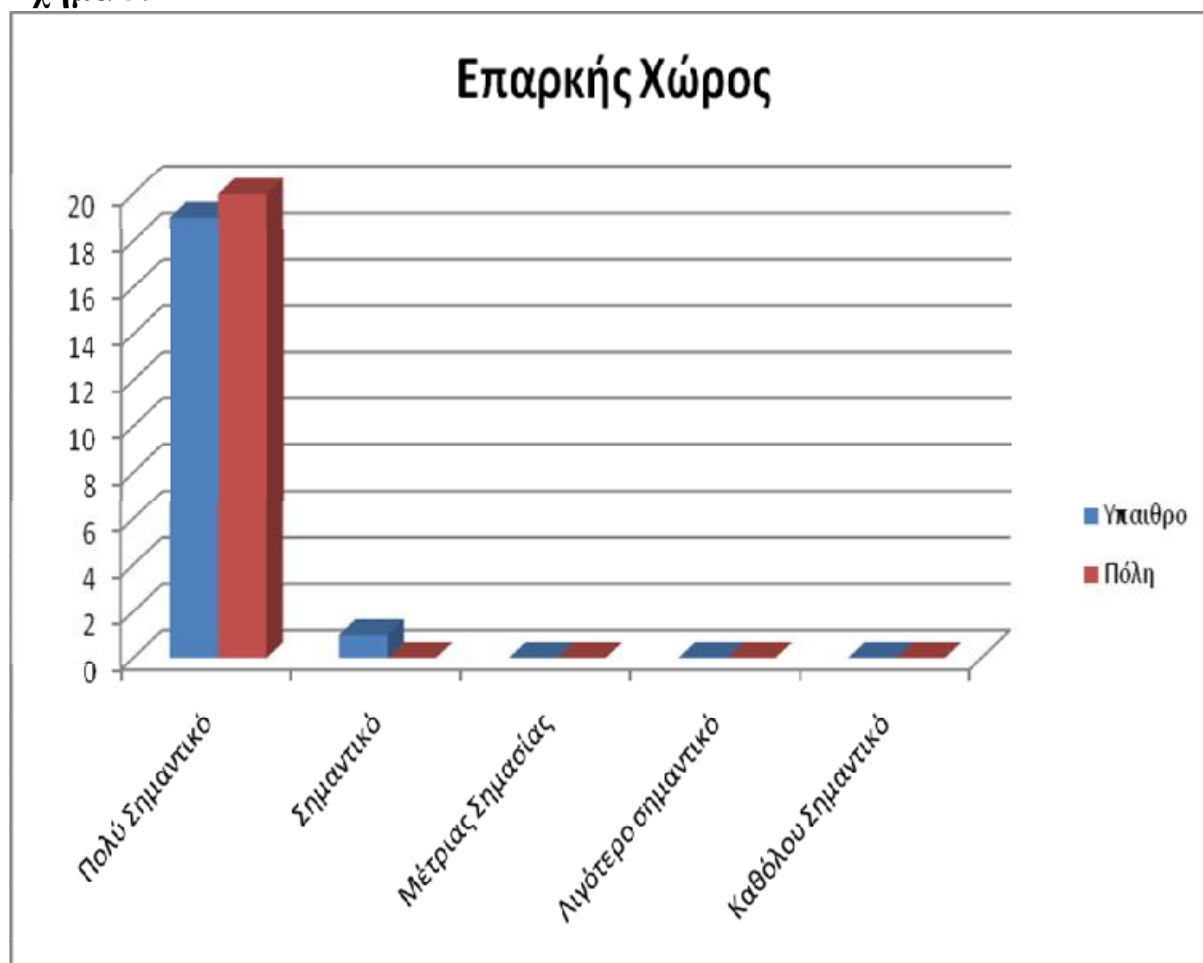
Σύμφωνα με τα δεδομένα που απεικονίζονται στον Πίνακα 7. και στο Σχήμα 5. ο Επαρκής Χώρος βαθμολογείται από 19 νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της περιοχής του υπαίθρου της Πάτρας ως Πολύ Σημαντικό και 1 νηπιαγωγός ως Σημαντικό.

Ενώ, και οι 20 νηπιαγωγοί της πόλης της Πάτρας βαθμολόγησαν τον Επαρκή Χώρο ως Πολύ Σημαντικό.

Πίνακα 7. Επαρκής Χώρος

	Επαρκής Χώρος				
	Πολύ Σημαντικό	Σημαντικό	Μέτριας Σημασίας	Λιγότερο σημαντικό	Καθόλου Σημαντικό
Υπαιθρο	19	1	0	0	0
Πόλη	20	0	0	0	0

Σχήμα 5.



2) «Πώς θα χαρακτηρίζατε την ακουστική της αίθουσάς σας;»

Τα αποτελέσματα όπως καταμετρήθηκαν απεικονίζονται στον Πίνακα 8 και Σχήμα 6.

Πιο αναλυτικά 17 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων της περιοχής του Υπαιθρου χαρακτήρισαν την ακουστική της αίθουσας τους Άνετης / Ικανοποιητικής Ακουστικής και 3 ως Ενοχλητικής Ακουστικής.

Στα νηπιαγωγεία Πάτρας 15 νηπιαγωγοί χαρακτήρισαν τις αίθουσές τους ως Άνετης / Ικανοποιητικής Ακουστικής και 5 ως Ενοχλητικής Ακουστικής.

Πίνακας 8.

	Πως θα χαρακτηρίζατε την ακουστική της αίθουσας;		
	Άνετης/Ικανοποιητικής Ακουστικής	Ενοχλητικής Ακουστικής	Με ηχώ (αντίλαλο)
Υπαιθρο	17	3	0
Πόλη	15	5	0

Σχήμα 6.



3) «Πώς θα βαθμολογούσατε το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσάς σας;»

Τα αποτελέσματα όπως καταμετρήθηκαν απεικονίζονται στον Πίνακα 9 και Σχήμα 7.

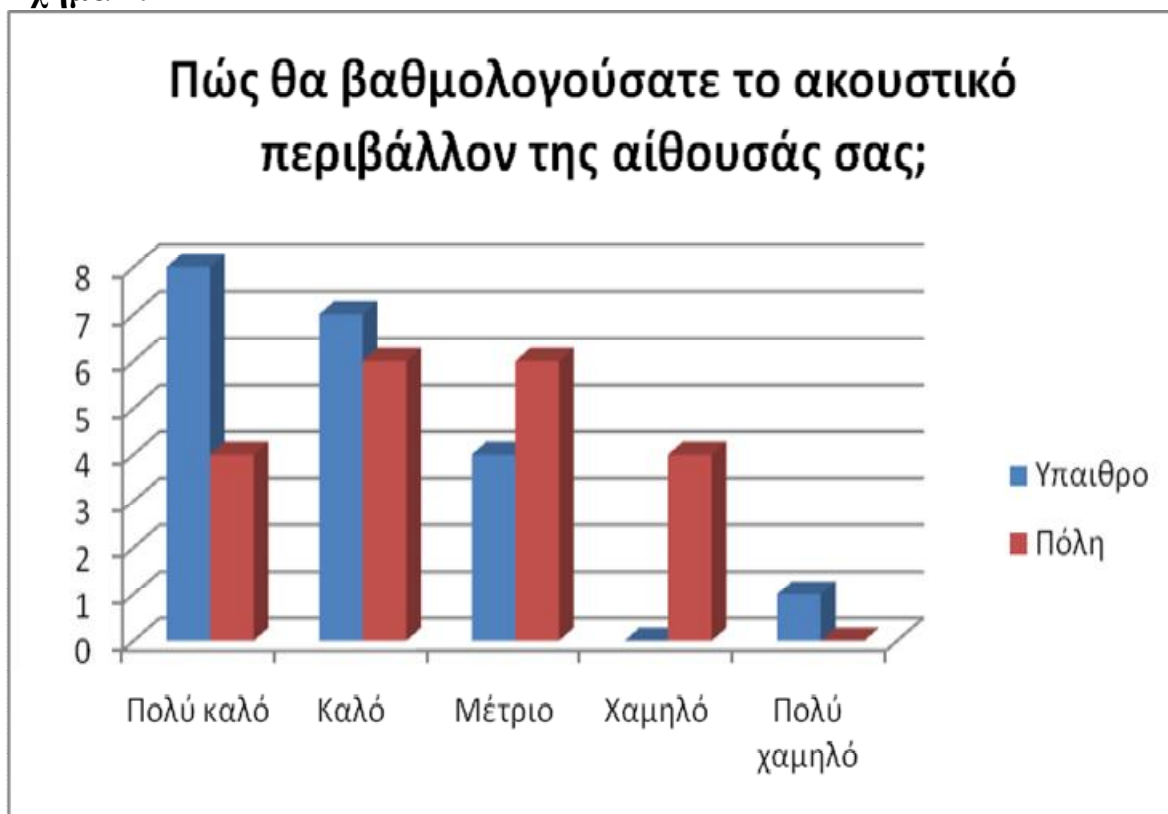
Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων Υπαίθρου 8 βαθμολόγησαν το ακουστικό περιβάλλον της τάξης τους ως Πολύ Καλό, 7 ως Καλό, 4 ως Μέτριο και 1 ως Πολύ Χαμηλό.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων Πάτρας 4 βαθμολόγησαν το ακουστικό περιβάλλον της τάξης τους ως Πολύ Καλό, 6 ως Καλό, 6 ως Μέτριο και 4 ως Χαμηλό.

Πίνακας 9.

Πώς θα βαθμολογούσατε το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσάς σας;					
	Πολύ καλό	Καλό	Μέτριο	Χαμηλό	Πολύ χαμηλό
Υπαιθρο	8	7	4	0	1
Πόλη	4	6	6	4	0

Σχήμα 7.



ii. Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας

1) «Έχετε πρόβλημα με το θόρυβο που δημιουργείται στην αίθουσα;»

Τα αποτελέσματα όπως καταμετρήθηκαν απεικονίζονται στον Πίνακα 10 και Σχήμα 8.

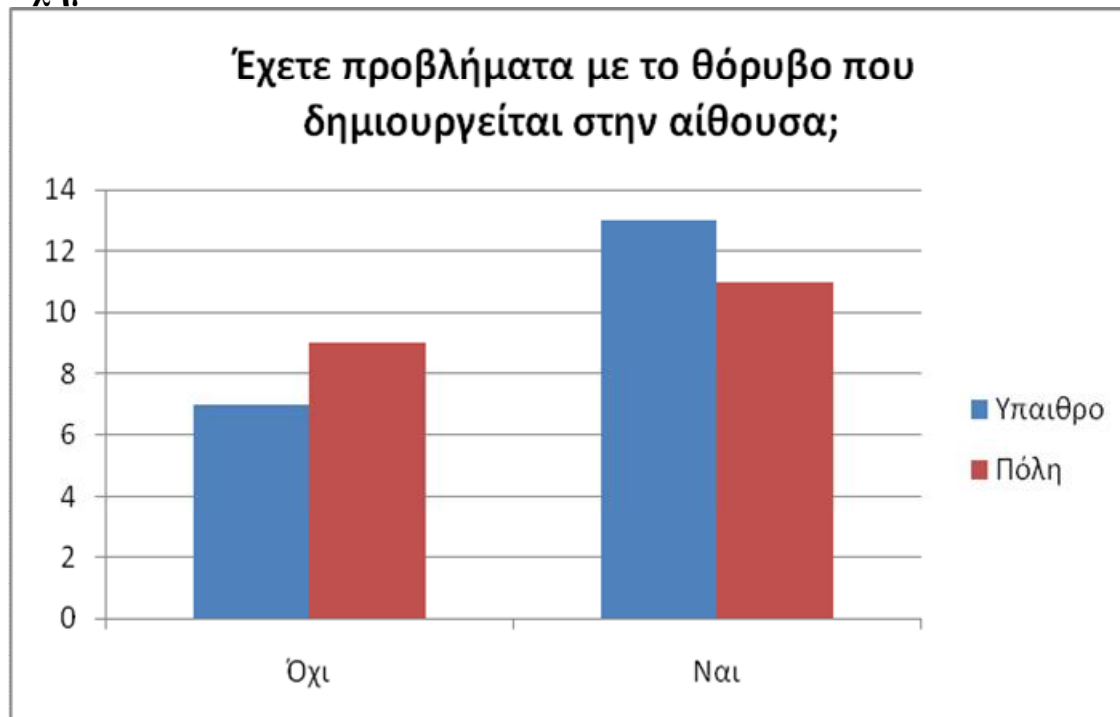
Αναλυτικότερα, 7 από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι δεν έχουν πρόβλημα με το θόρυβο που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα και 13 απάντησαν ότι έχουν πρόβλημα.

Αναφορικά με τις απαντήσεις των νηπιαγωγών της Πάτρας, 9 απάντησαν ότι δεν έχουν πρόβλημα με το θόρυβο που δημιουργείται στην αίθουσα και 11 ότι έχουν πρόβλημα με το θόρυβο αυτό.

Πίνακα 10.

	Έχετε προβλήματα με το θόρυβο που δημιουργείται στην αίθουσα;	
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	7	13
Πόλη	9	11

Σχήμα 8.



2) «Τι ποσοστό θορύβου που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα προκαλείται από τα παιδιά;»

Τα αποτελέσματα όπως καταμετρήθηκαν απεικονίζονται στον Πίνακα 11 και Σχήμα 9.

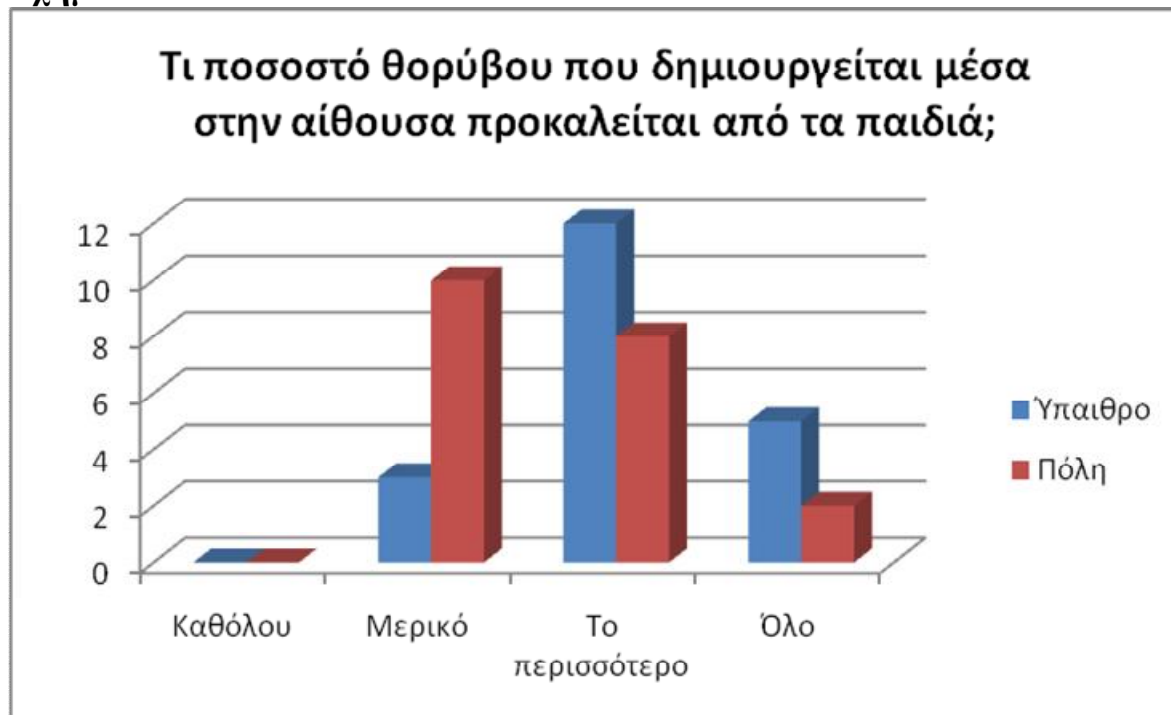
Αναλυτικότερα, 3 από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι μερικό από το θόρυβο που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα δημιουργείται από τα παιδιά, 12 απάντησαν ότι δημιουργείται το περισσότερο και 5 ότι όλος ο θόρυβος προκαλείται από τα παιδιά.

Αναφορικά με τις απαντήσεις των νηπιαγωγών της Πάτρας, 10 απάντησαν ότι μερικός από το θόρυβο που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα δημιουργείται από τα παιδιά, 8 απάντησαν ότι δημιουργείται ο περισσότερος και 5 ότι προκαλείται όλος από τα παιδιά.

Πίνακα 11.

Τι ποσοστό θορύβου που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα προκαλείται από τα παιδιά;				
	Καθόλου	Μερικό	Το περισσότερο	Όλο
Υπαιθρο	0	3	12	5
Πόλη	0	10	8	2

Σχήμα 9.



3) «Παρακαλώ αναγνωρίστε άλλες πηγές θορύβου μέσα στην αίθουσα.»

Εξοπλισμός – Πίνακας 12 & Σχήμα 10

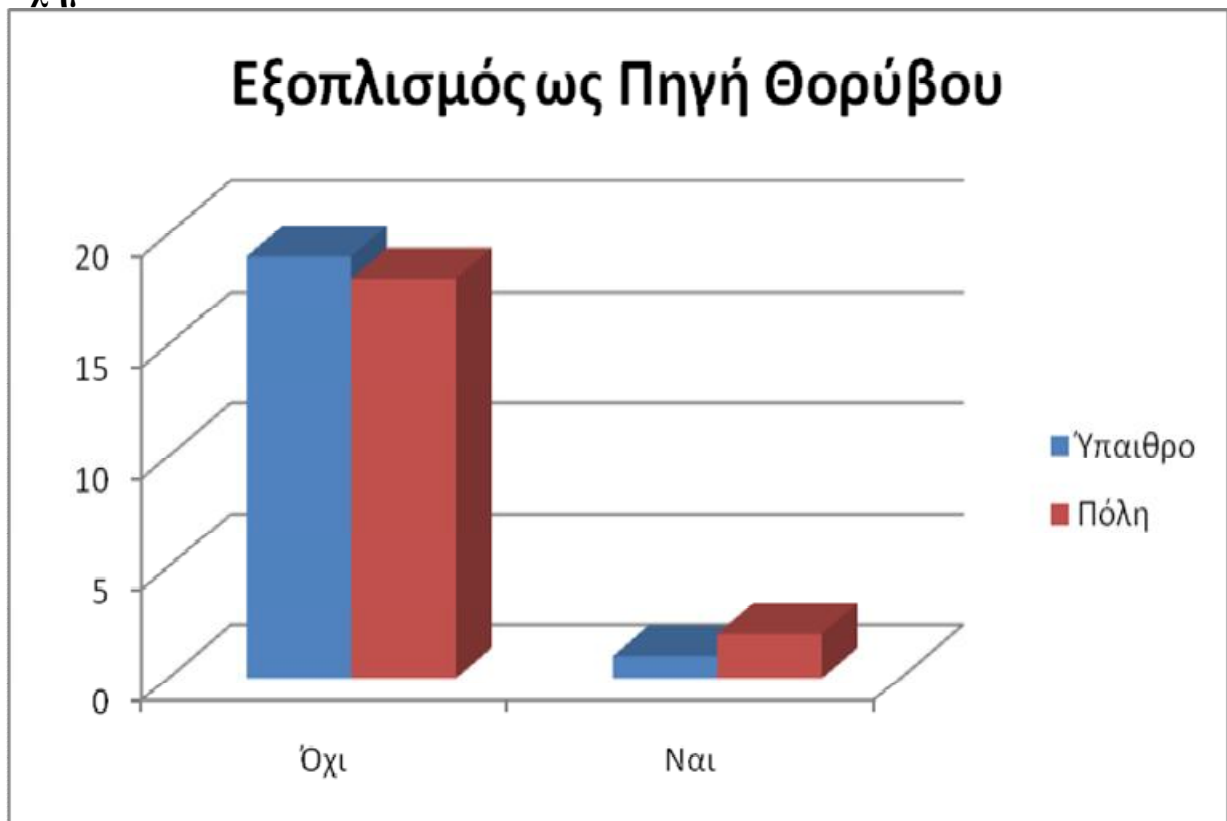
Αναλυτικότερα, 19 από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι ο Εξοπλισμός δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 1 απάντησε ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 18 απάντησαν ότι ο Εξοπλισμός δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 2 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακα 12.

Εξοπλισμός ως Πηγή Θορύβου		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	19	1
Πόλη	18	2

Σχήμα 10.



Κλιματισμός – Πίνακας 13 & Σχήμα 11

Πιο συγκεκριμένα 17 από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων Υπαίθρου απάντησαν ότι ο Κλιματισμός δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 3 απάντησαν ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 19 απάντησαν ότι ο Κλιματισμός δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 1 απάντησε ότι αποτελεί.

Πίνακας 13.

Κλιματισμός ως Πηγή Θορύβου		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	17	3
Πόλη	19	1

Σχήμα 11.



Θέρμανση – Πίνακας 14 & Σχήμα 12

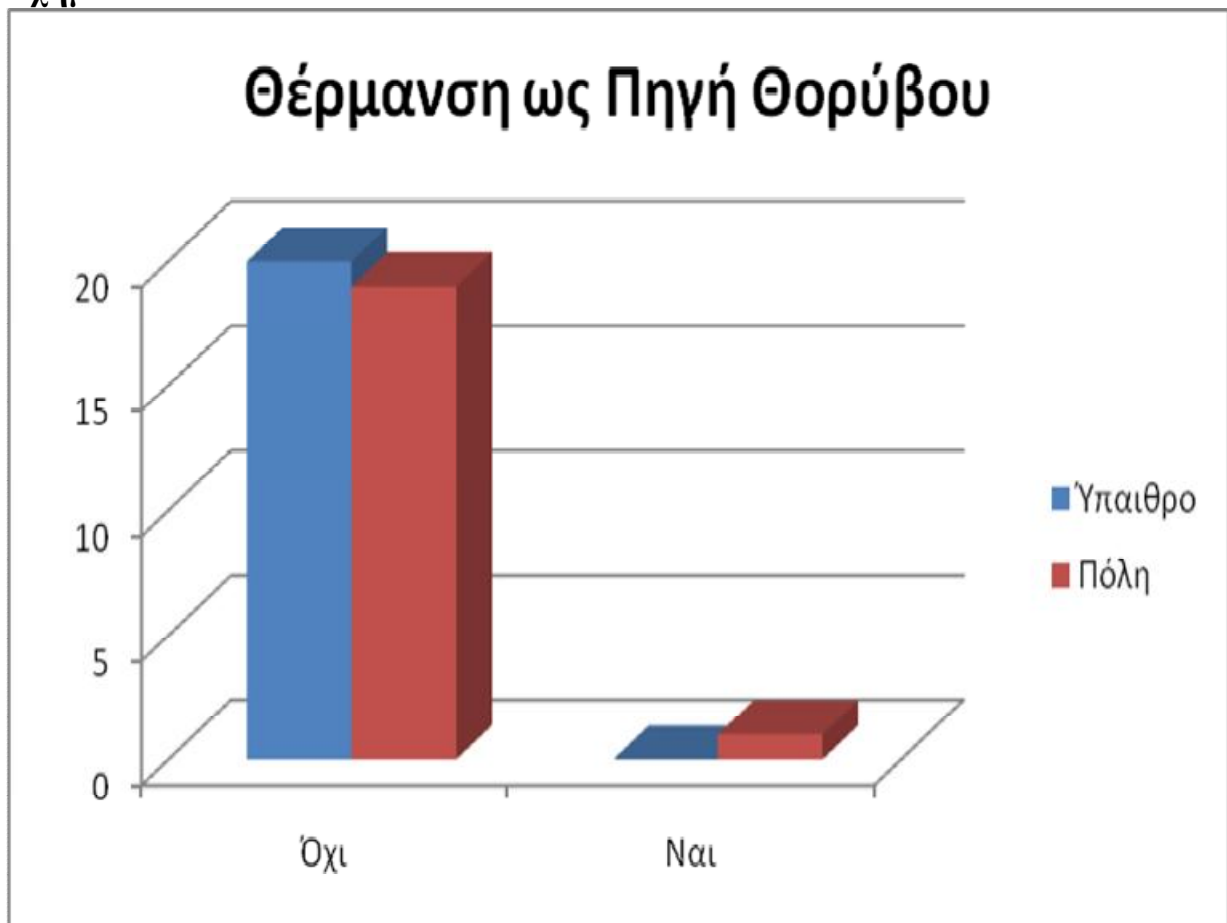
Πιο συγκεκριμένα όλες οι νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι η Θέρμανση δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 19 απάντησαν ότι ο Θέρμανση δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 1 απάντησε ότι αποτελεί.

Πίνακας 14.

Θέρμανση ως Πηγή Θορύβου		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	20	0
Πόλη	19	1

Σχήμα 12.



Φωτισμός – Πίνακας 15 & Σχήμα 13

Πιο συγκεκριμένα 19 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι ο Φωτισμός δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 1 απάντησε ότι αποτελεί πηγή θορύβου.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 18 απάντησαν ότι ο Φωτισμός δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 2 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακας 15.

Φωτισμός ως Πηγή Θορύβου		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	19	1
Πόλη	18	2

Σχήμα 13.



Καμία Πηγή Θορύβου – Πίνακας 16 & Σχήμα 14

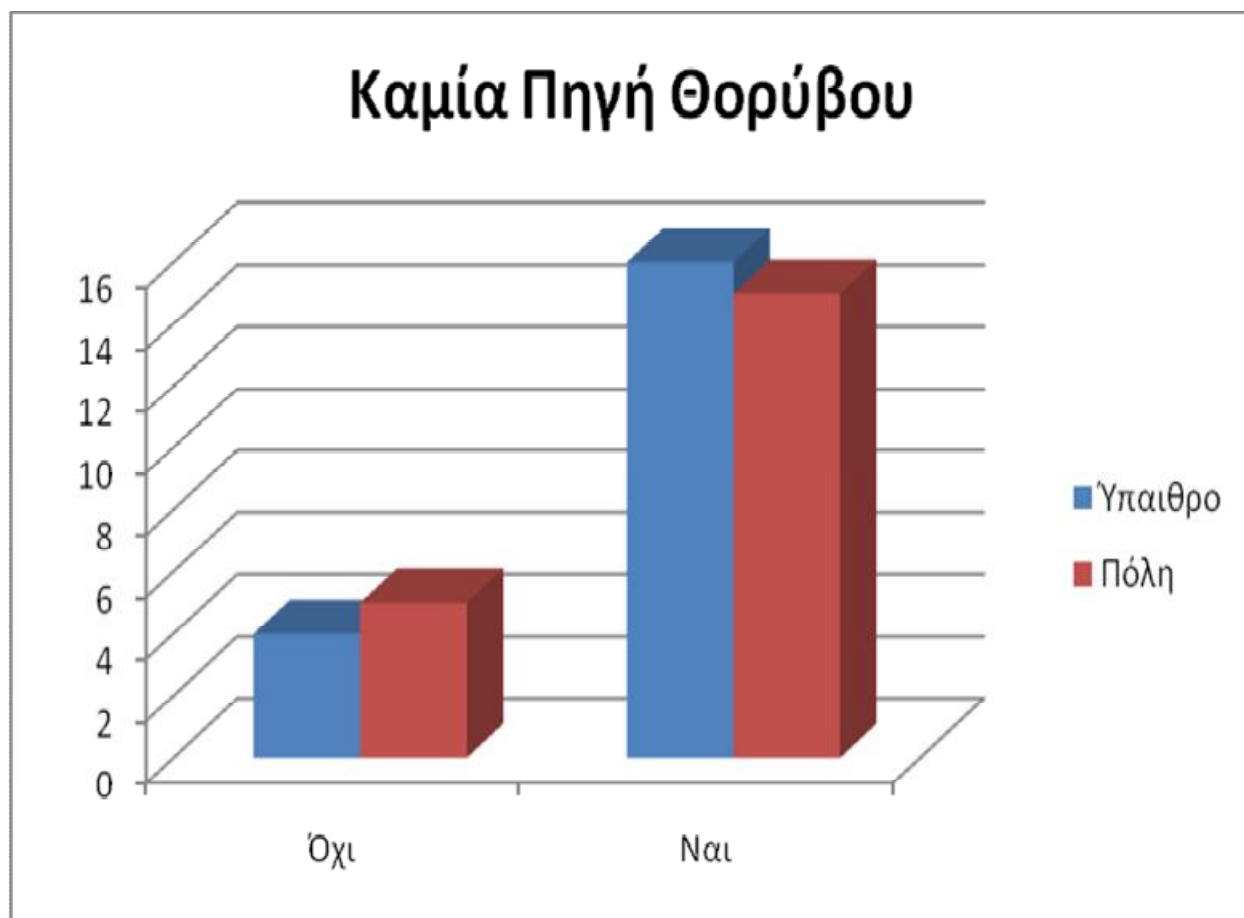
Πιο συγκεκριμένα 16 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι δεν αναγνωρίζουν Καμία Πηγή Θορύβου στις αίθουσές τους.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 15 απάντησαν ότι δεν αναγνωρίζουν Καμία Πηγή Θορύβου στις αίθουσές τους.

Πίνακας 16.

Καμία Πηγή Θορύβου		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	4	16
Πόλη	5	15

Σχήμα 14.



iii. Πηγές θορύβου – Εκτός αίθουσας

1) «Έχετε πρόβλημα με το θόρυβο που εισέρχεται στην αίθουσα από έξω;»

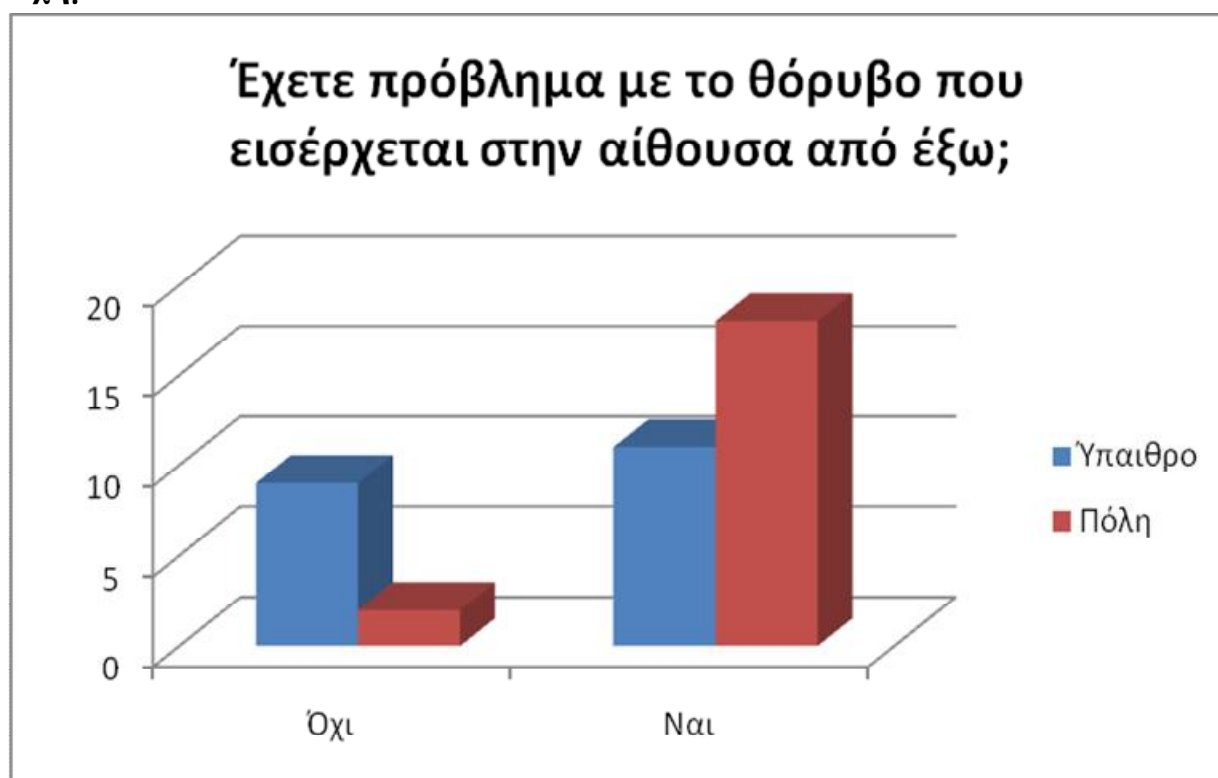
Σύμφωνα με τον Πίνακα 17. και όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 15. 9 από τις νηπιαγωγούς στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας απάντησαν ότι δεν έχουν πρόβλημα με το θόρυβο που εισέρχεται από έξω, ενώ 11 απάντησαν ότι έχουν πρόβλημα.

Από τις νηπιαγωγούς της Πάτρας 2 απάντησαν ότι δεν έχουν πρόβλημα με το θόρυβο που εισέρχεται από έξω, ενώ 18 απάντησαν ότι έχουν πρόβλημα.

Πίνακα 17.

Έχετε πρόβλημα με το θόρυβο που εισέρχεται στην αίθουσα από έξω;		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	9	11
Πόλη	2	18

Σχήμα 15.



2) «Ονομάστε τις πηγές εξωτερικού θορύβου.»

Κίνηση Δρόμου – Πίνακας 18 & Σχήμα 16

Πιο συγκεκριμένα 16 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι η Κίνηση του Δρόμου δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 4 απάντησαν ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 9 απάντησαν ότι η Κίνηση του Δρόμου δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 11 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακας 18.

Πηγές εξωτερικού θορύβου: Κίνηση δρόμου		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	16	4
Πόλη	9	11

Σχήμα 16.



Θόρυβος από άλλες αίθουσες – Πίνακας 19 & Σχήμα 17

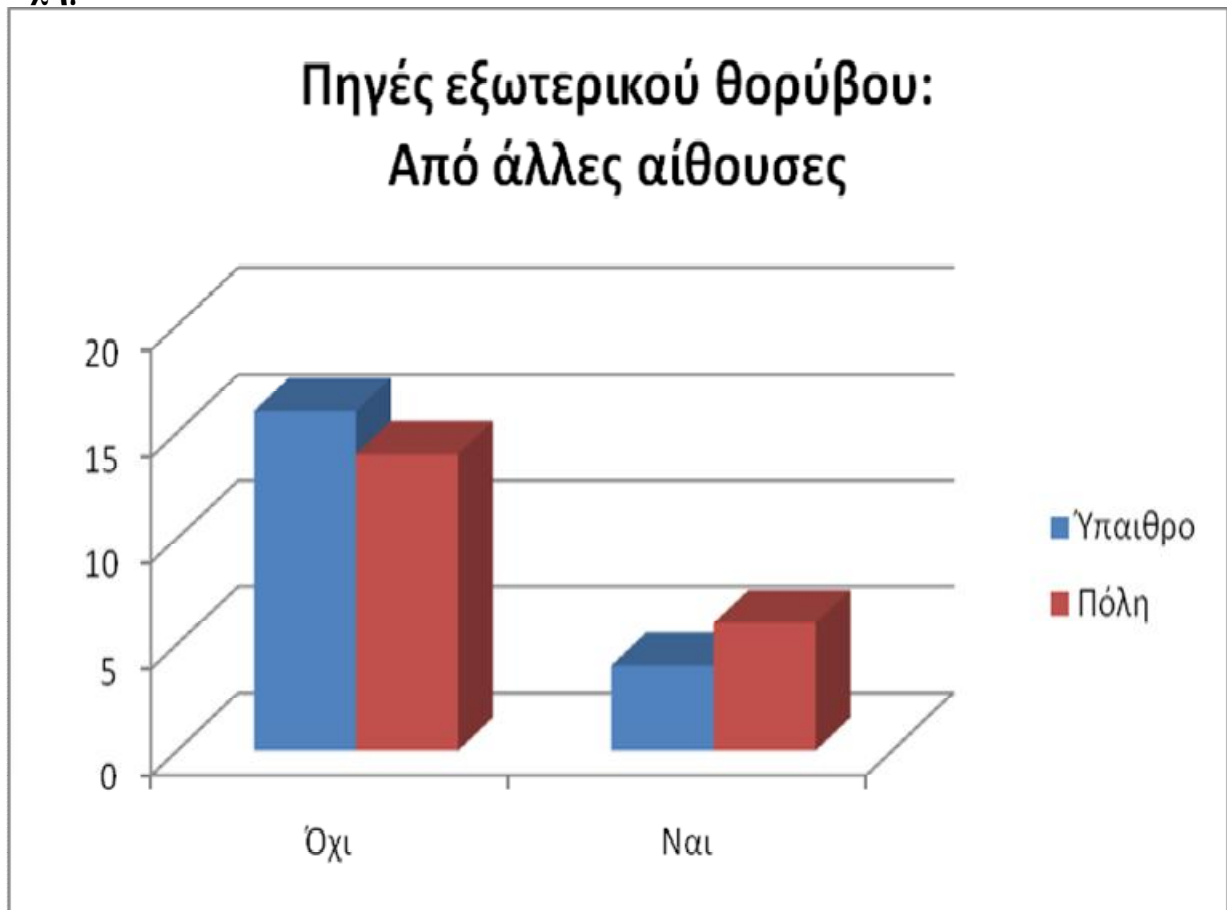
Πιο συγκεκριμένα 16 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι ο Θόρυβος από άλλες αίθουσες δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 4 απάντησαν ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 14 απάντησαν ότι ο Θόρυβος από άλλες αίθουσες δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 6 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακας 19.

Πηγές εξωτερικού θορύβου: Από άλλες αίθουσες		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	16	4
Πόλη	14	6

Σχήμα 17.



Θόρυβος από το προαύλιο – Πίνακας 20 & Σχήμα 18

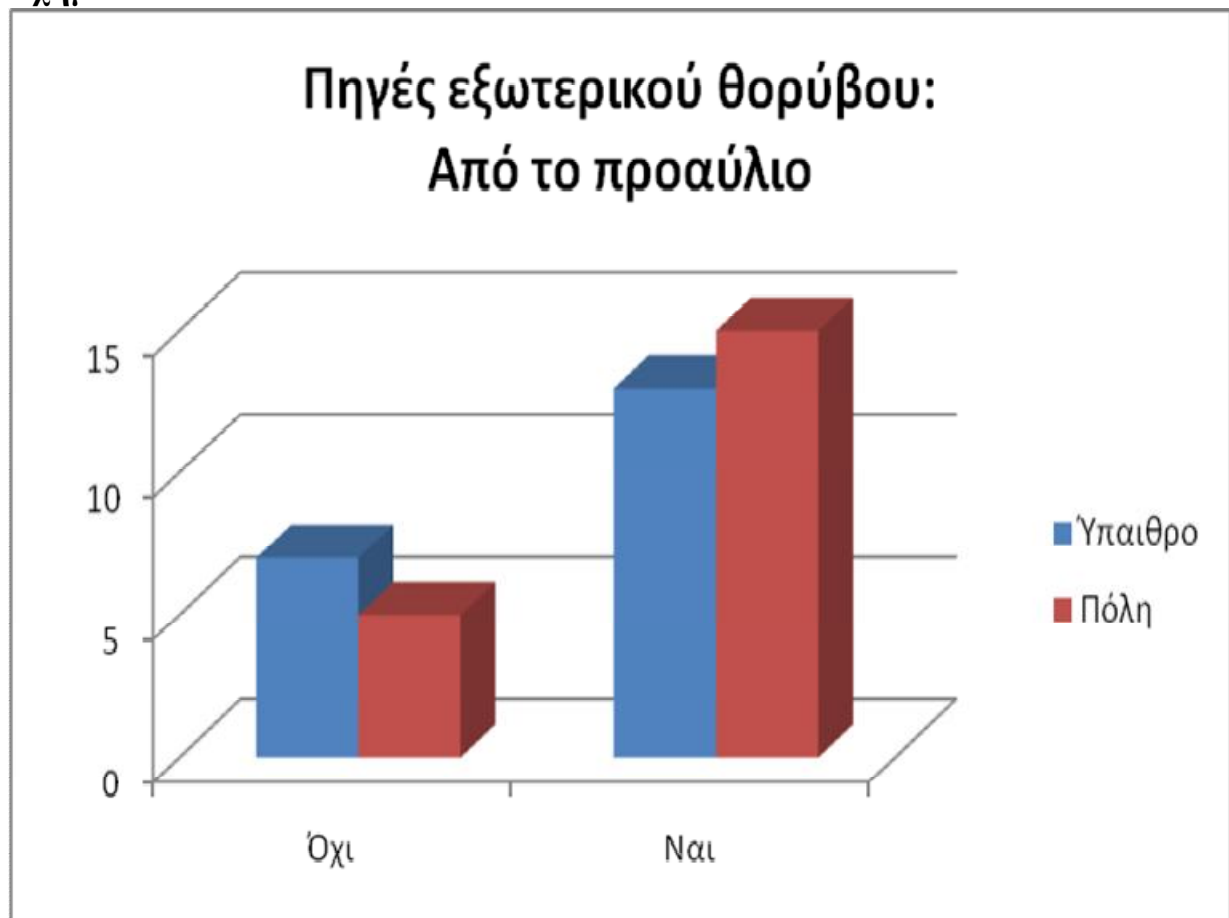
Πιο συγκεκριμένα 7 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι ο Θόρυβος από το προαύλιο δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 13 απάντησαν ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 5 απάντησαν ότι ο Θόρυβος από το προαύλιο δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 15 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακας 20.

Πηγές εξωτερικού θορύβου: Από το προαύλιο		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	7	13
Πόλη	5	15

Σχήμα 18.



Θόρυβος από το διάδρομο – Πίνακας 21 & Σχήμα 19

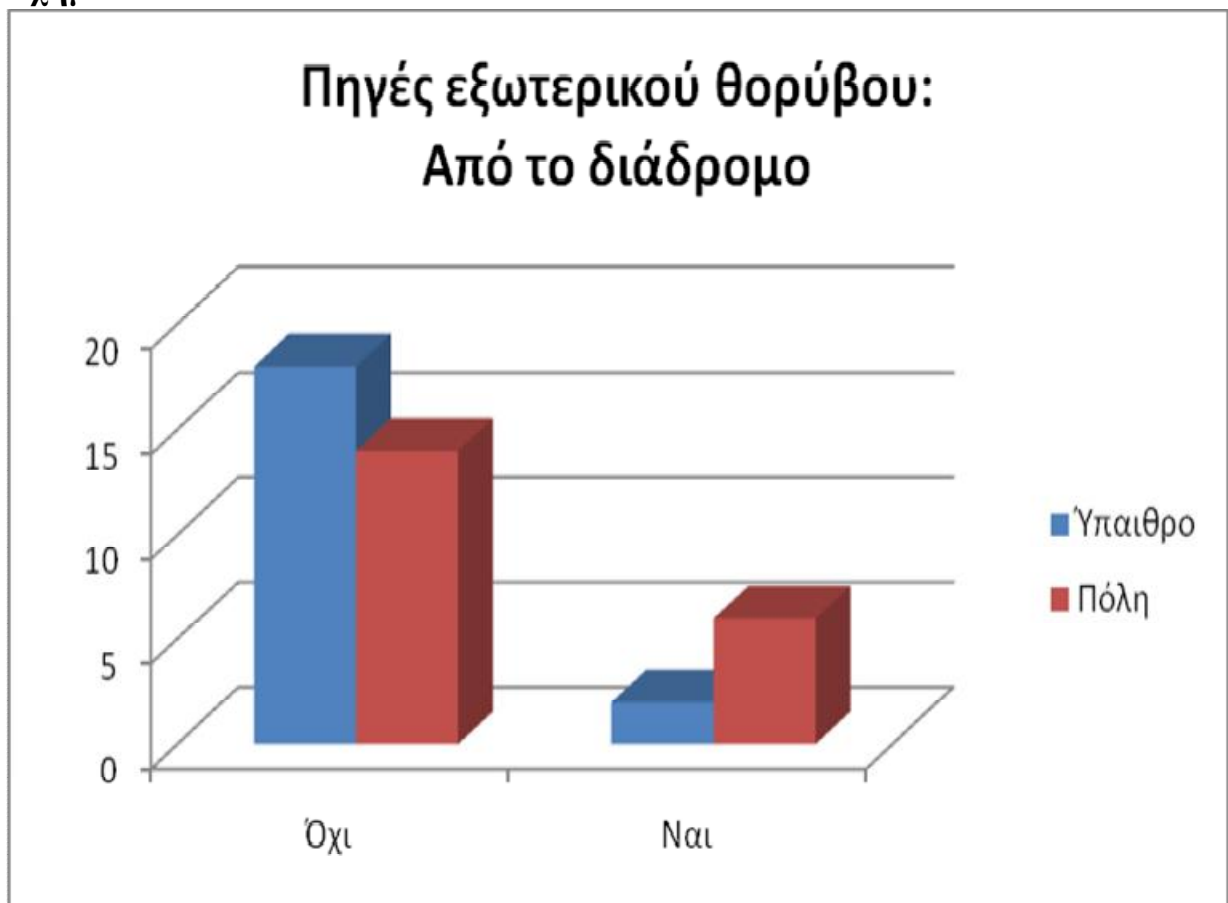
Πιο συγκεκριμένα 18 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι ο Θόρυβος από το διάδρομο δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 2 απάντησαν ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 14 απάντησαν ότι ο Θόρυβος από το διάδρομο δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 6 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακας 21.

Πηγές εξωτερικού θορύβου: Από το διάδρομο		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	18	2
Πόλη	14	6

Σχήμα 19.



Θόρυβος από τα παιδιά όταν μπαίνουν στις αίθουσες – Πίνακας 22 & Σχήμα 20

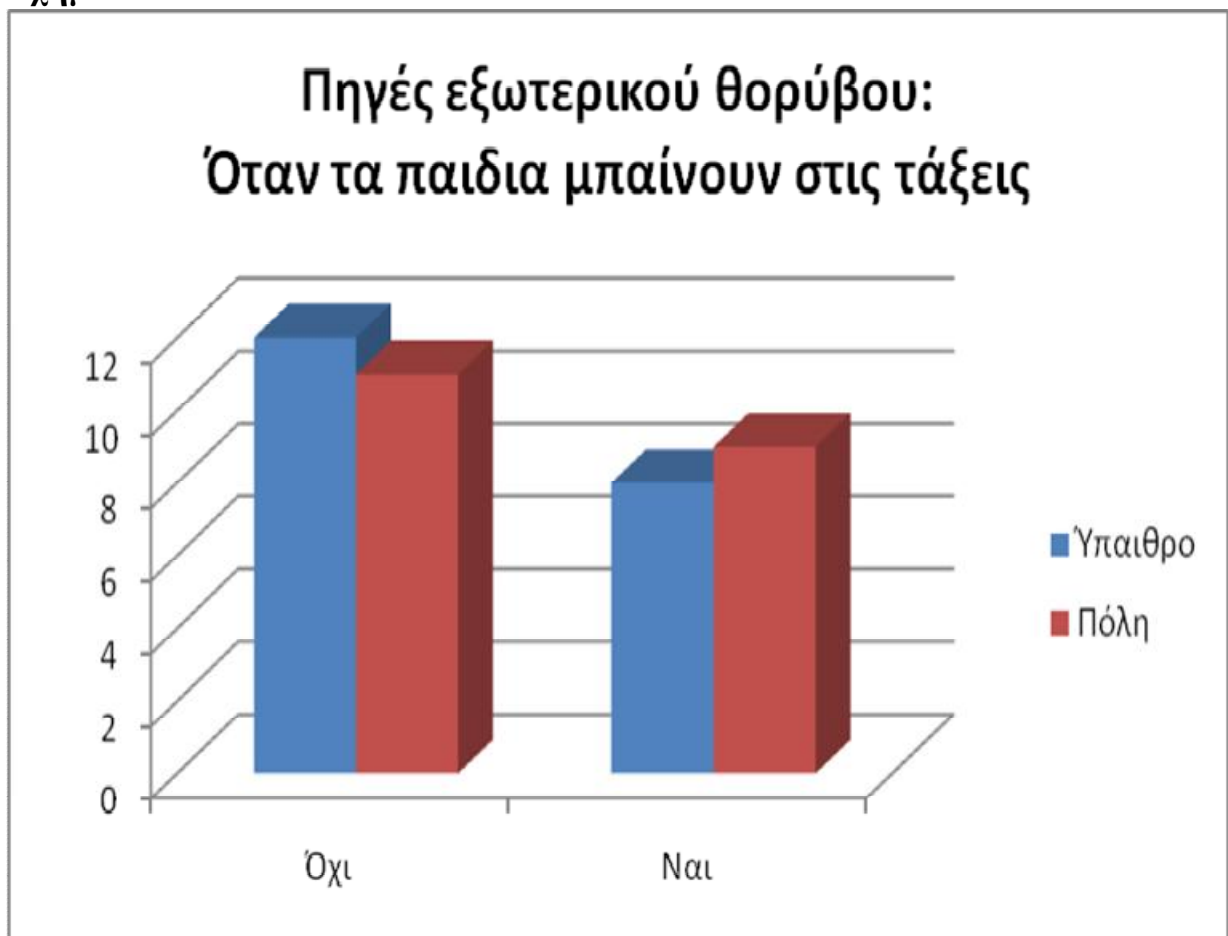
Πιο συγκεκριμένα 12 νηπιαγωγοί των νηπιαγωγείων Υπαιθρου απάντησαν ότι ο Θόρυβος από τα παιδιά όταν μπαίνουν στις αίθουσες δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 8 απάντησαν ότι αποτελεί.

Από τις νηπιαγωγούς των νηπιαγωγείων της Πάτρας, 11 απάντησαν ότι ο Θόρυβος από τα παιδιά όταν μπαίνουν στις αίθουσες δεν αποτελεί πηγή θορύβου για τις αίθουσές τους, ενώ 9 απάντησαν ότι αποτελεί.

Πίνακας 22.

Πηγές εξωτερικού θορύβου: Όταν τα παιδιά μπαίνουν στις τάξεις		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	12	8
Πόλη	11	9

Σχήμα 20.



3) «Πόσο σημαντικό θεωρείτε ότι είναι να μειωθούν οι θόρυβοι για τα παιδιά;»

Σύμφωνα με τον Πίνακα 23. και όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 21. 3 από τις νηπιαγωγούς στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας απάντησαν ότι θεωρούν Όχι Πολύ Σημαντικό να μειωθούν οι θόρυβοι για τα παιδιά, 14 απάντησαν ότι το θεωρούν Σημαντικό και 3 απάντησαν ότι το θεωρούν Μείζονος Σημασίας.

Από τις νηπιαγωγούς της Πάτρας 15 θεωρούν Σημαντικό να μειωθούν οι θόρυβοι για τα παιδιά, ενώ 5 απάντησαν ότι το θεωρούν Μείζονος Σημασίας.

Πίνακας 23.

Πόσο σημαντικό θεωρείτε ότι είναι να μειωθούν οι θόρυβοι για τα παιδιά;				
	Ασήμαντο	Όχι πολύ σημαντικό	Σημαντικό	Μείζονος σημασίας
Υπαιθρο	0	3	14	3
Πόλη	0	0	15	5

Σχήμα 21.



4) «Ποια πηγή θορύβου σας ενοχλεί περισσότερο;»

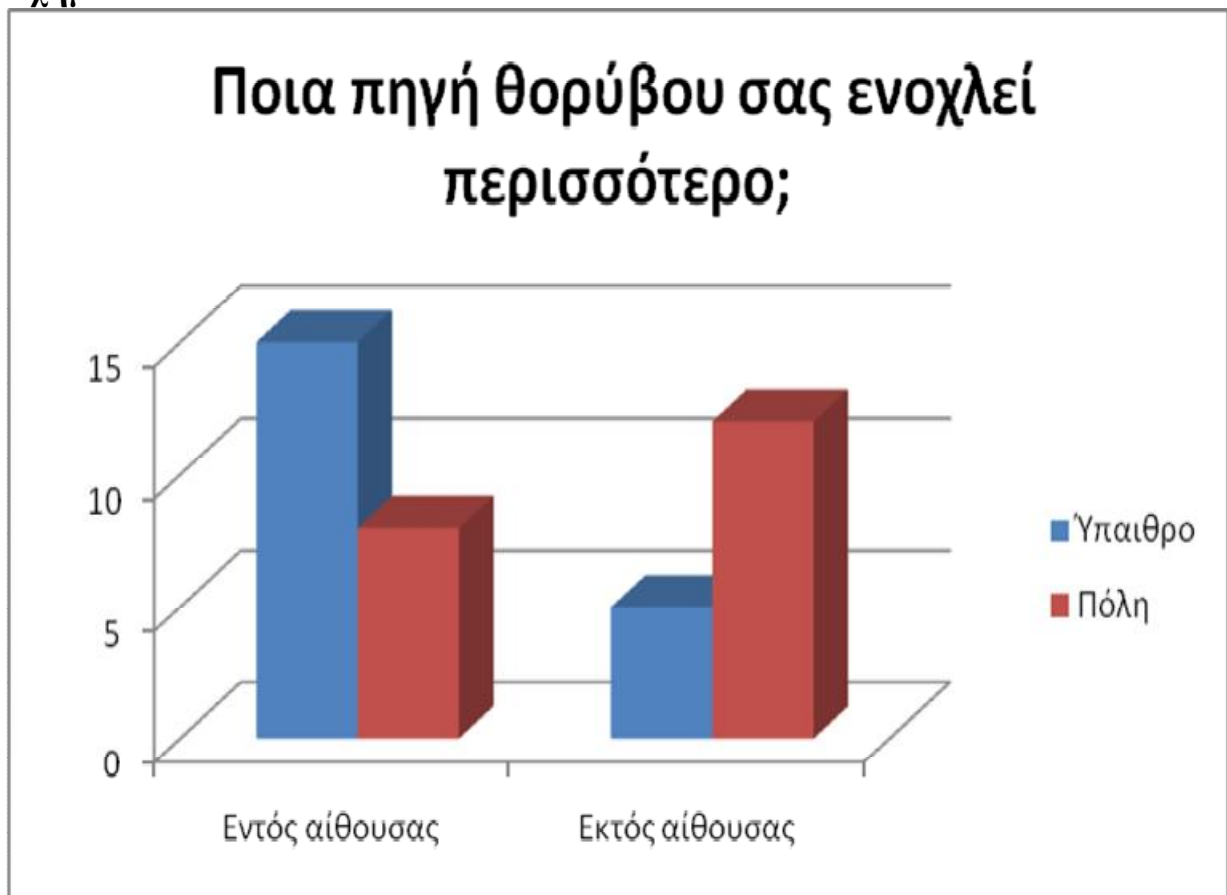
Σύμφωνα με τον Πίνακα 24. και όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 22. 15 από τις νηπιαγωγούς στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας απάντησαν ότι ενοχλούνται περισσότερο από τις Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας, ενώ 5 απάντησαν ότι ενοχλούνται περισσότερο από τις Πηγές Θορύβου – Εκτός Αίθουσας.

Από τις νηπιαγωγούς της Πάτρας 8 απάντησαν ότι ενοχλούνται περισσότερο από τις Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας, ενώ 12 απάντησαν ότι ενοχλούνται περισσότερο από τις Πηγές Θορύβου – Εκτός Αίθουσας.

Πίνακας 24.

Ποια πηγή θορύβου σας ενοχλεί περισσότερο;		
	Εντός αίθουσας	Εκτός αίθουσας
Υπαιθρο	15	5
Πόλη	8	12

Σχήμα 22.



iv. Φωνητική προσπάθεια

1) «Κατά τη διάρκεια του μαθήματος θεωρείτε ότι διατηρείτε Χαμηλή Ένταση Φωνής, Μέτρια / Φυσιολογική Ένταση Φωνής, Υψηλή Ένταση Φωνής;»

Σύμφωνα με τον Πίνακα 25. και όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 23. 19 από τις νηπιαγωγούς στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας απάντησαν ότι χρησιμοποιούν Μέτρια/Φυσιολογική Ένταση Φωνής, ενώ 1 απάντησε ότι χρησιμοποιεί Υψηλή Ένταση Φωνής.

Από τις νηπιαγωγούς της Πάτρας 18 απάντησαν ότι χρησιμοποιούν Μέτρια/Φυσιολογική Ένταση Φωνής, ενώ 2 απάντησαν ότι χρησιμοποιούν Υψηλή Ένταση Φωνής.

Πίνακα 25.

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος θεωρείτε ότι διατηρείτε:			
	Χαμηλή ένταση φωνής	Μέτρια ένταση φωνής	Υψηλή ένταση φωνής
Υπαιθρο	0	19	1
Πόλη	0	18	2

Σχήμα 23.



2) «Πόσο συχνά είναι απαραίτητο να υψώσετε τη φωνή σας για να ακουστείτε;»

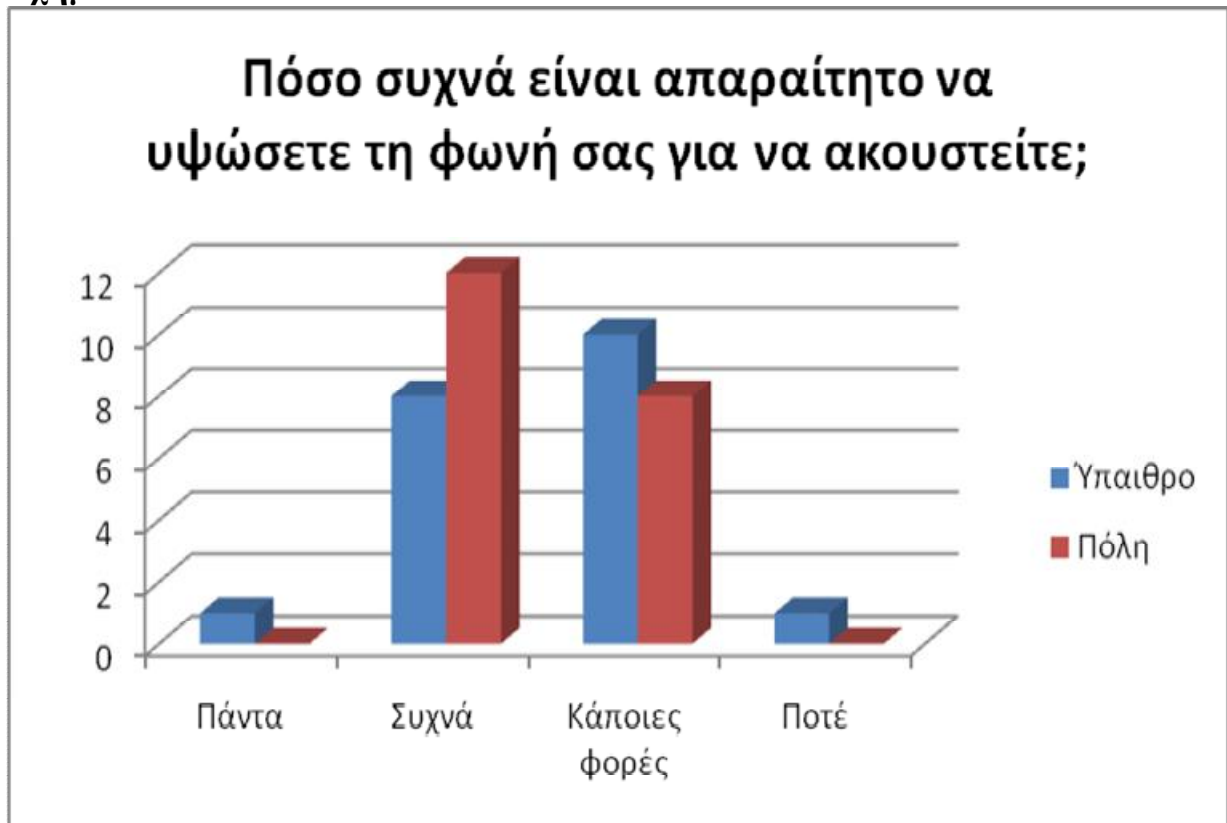
Σύμφωνα με τον Πίνακα 26. και όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 24. 1 από τις νηπιαγωγούς στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας απάντησε ότι είναι Πάντα απαραίτητο να υψώνει τη φωνή της για να ακουστεί, ενώ 8 απάντησαν ότι χρειάζεται να υψώνουν τη φωνή τους Συχνά, 10 ότι χρειάζεται να την υψώνουν Κάποιες Φορές και 1 απάντησε ότι δεν την υψώνει Ποτέ.

Από τις νηπιαγωγούς της Πάτρας 12 απάντησαν ότι απάντησαν ότι χρειάζεται να υψώνουν τη φωνή τους Συχνά για να ακουστούν, ενώ 8 απάντησαν ότι χρειάζεται να υψώνουν τη φωνή τους Κάποιες Φορές.

Πίνακα 26.

Πόσο συχνά είναι απαραίτητο να υψώσετε τη φωνή σας για να ακουστείτε;				
	Πάντα	Συχνά	Κάποιες φορές	Ποτέ
Υπαιθρο	1	8	10	1
Πόλη	0	12	8	0

Σχήμα 24.



3) «Το επίπεδο που χρειάζεται να μιλάτε «ζορίζει» τη φωνή σας;»

Σύμφωνα με τον Πίνακα 27. και όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 25. 9 από τις νηπιαγωγούς στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας απάντησαν ότι Δεν Ζορίζεται η φωνή τους όταν μιλάνε, ενώ 11 απάντησαν ότι το επίπεδο που χρειάζεται να μιλάνε Ζορίζει τη φωνή τους.

Από τις νηπιαγωγούς της Πάτρας 10 απάντησαν ότι απάντησαν ότι Δεν Ζορίζεται η φωνή τους όταν μιλάνε, ενώ 10 απάντησαν ότι το επίπεδο που χρειάζεται να μιλάνε Ζορίζει τη φωνή τους.

Πίνακας 27.

Το επίπεδο που χρειάζεται να μιλάτε «ζορίζει» τη φωνή σας;		
	Όχι	Ναι
Υπαιθρο	9	11
Πόλη	10	10

Σχήμα 25.



ΕΝΟΤΗΤΑ ΙV

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσης μελέτης μέσω της πραγμάτωσης των ακουστικών μετρήσεων ήταν να βρεθούν οι μέσες τιμές των ισοδύναμων στάθμων θορύβου βάθους που καταγράφηκαν στα νηπιαγωγεία της Πάτρας και τα νηπιαγωγεία της περιοχής του υπαίθρου της Πάτρας και έπειτα να συγκριθούν με τα διεθνή πρότυπα θορύβου ANSI και ΠΟΥ για τις σχολικές εγκαταστάσεις. Επίσης, να διερευνηθεί αν ο αριθμός των παιδιών ανά αίθουσα και ο παράγοντας της συστέγασης των νηπιαγωγείων μπορούν να επηρεάσουν και αν ναι, κατά πόσο τα επίπεδα του θορύβου βάθους.

Όπως Μετά από την καταγραφή λοιπόν των αποτελεσμάτων που παρατέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα μπορεί να γίνει η εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων. Όπως ήδη αναφέρθηκε τόσο τα επίπεδα της ισοδύναμης στάθμης θορύβου βάθους (L_{Aeq}) που καταγράφηκαν όσο τα επίπεδα της μέγιστης στάθμης θορύβου βάθους ήταν στατιστικά σημαντικά, κατά τον στατιστικό έλεγχο μεταξύ των νηπιαγωγείων Υπαίθρου και των νηπιαγωγείων Πάτρας. Επομένως μπορεί να γίνει η σύγκρισή τους με τα διεθνή πρότυπα μέτρησης, καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με άλλες παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε άλλες χώρες.

Μετά την καταγραφή και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν συμπεραίνουμε ότι τα νηπιαγωγεία της περιοχής υπαίθρου Πάτρας και τα νηπιαγωγεία Πάτρας έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά τα επίπεδα θορύβου βάρους (LA_{eq}) και τη μέγιστη στάθμη θορύβου (LA_{Fmx}) στις δύο κατηγορίες νηπιαγωγείων.

Πιο αναλυτικά η ισοδύναμη στάθμη θορύβου LA_{eq} κατά τον έλεγχο για τη σύγκριση των δύο μέσων τιμών η διαφορά των μέσων τιμών προκύπτει 5,97 με την π -τιμή να διαμορφώνεται στα $0,0007 < 0,05$ συνεπώς συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις δύο μέσες τιμές.

Τα αποτελέσματα της μέγιστης στάθμης θορύβου LA_{Fmx} κατά τον έλεγχο της σύγκρισης των μέσων τιμών μας δείχνουν μια διαφορά της τάξεως του 5,37 και με π -τιμή $0,0050 < 0,05$ επομένως συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων μέσων τιμών.

Παρόλαυτά ο αριθμός των παιδιών ανά αίθουσα και ο παράγοντας της συστέγασης των σχολείων δεν αποτέλεσαν παράγοντες που να επηρεάζουν τα επίπεδα θορύβου.

Αναλυτικότερα, κατά τον έλεγχο για τη σύγκριση των δύο μέσων τιμών του αριθμού των μαθητών είναι 0,1 με την π -τιμή να είναι $0,95 > 0,05$ επομένως συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά.

Όσον αφορά τον έλεγχο για τη σύγκριση των μέσων τιμών των συστεγαζόμενων σχολείων η διαφορά των μέσων τιμών είναι 0,20 και η π -τιμή είναι $0,18 > 0,05$ συνεπώς συμπεραίνουμε και πάλι ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά.

Μέσω της μελέτης με τη χρήση ερωτηματολογίου που χορηγήθηκε σε όλες τις νηπιαγωγούς των αιθουσών των νηπιαγωγείων που αξιολογήθηκαν σκοπός ήταν να διερευνηθεί η σημαντικότητα της ακουστικής των αιθουσών για τις νηπιαγωγούς, και επίσης να κατανοηθούν καλύτερα οι πηγές θορύβου εντός και εκτός αίθουσας, καθώς και το πόσο ο θόρυβος «πιέζει» φωνητικά τις νηπιαγωγούς.

Μετά το στατιστικό έλεγχο των αποτελεσμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύγκρισή τους με τα διεθνή πρότυπα ANSI S12.60-2002, ΠΟΥ (WHO) και UK Building Bulletin 93.

Η μέση τιμή της ισοδύναμης στάθμης θορύβου για τα νηπιαγωγεία της περιοχής του υπαίθρου που αξιολογήθηκαν διαμορφώθηκε στα 45,5 dB και η μέση τιμή της ισοδύναμης στάθμης θορύβου για τα νηπιαγωγεία της Πάτρας που αξιολογήθηκαν διαμορφώθηκε στα 51,5 dB. Οι τιμές αυτές, δεν υπακούουν σε κανένα από τα τρία διεθνή πρότυπα που αναφέρθηκαν παραπάνω, εφόσον ξεπερνούν το ανώτατο όριο των 35 dB. Η σύγκριση αυτή φαίνεται στους παρακάτω Πίνακες 1,2,3 όπου παρατίθενται τα όρια θορύβου βάθους των προτύπων ANSI S12.60-2002, ΠΟΥ και UK Building Bulletin 93 και τα επίπεδα θορύβου που διαπιστώθηκαν μετά την παρούσα μελέτη.

Πίνακας 1. Σύγκριση με ANSI S12.60-2002

	LAeq, dB	ANSI S12.60-2002, dB	Σύγκριση
Υπαιθρο	45,5	35	Υπερβολή ορίου +10,5
Πάτρα	51,5		Υπερβολή ορίου +16,5

Πίνακας 2. Σύγκριση με ΠΟΥ (WHO)

	LAeq, dB	ΠΟΥ (WHO)	Σύγκριση
Υπαιθρο	45,5	35	Υπερβολή ορίου +10,5
Πάτρα	51,5		Υπερβολή ορίου +16,5

Πίνακας 3. Σύγκριση με UK Building Bulletin 93

	LAeq, dB	UK Building Bulletin 93	Σύγκριση
Υπαιθρο	45,5	35	Υπερβολή ορίου +10,5
Πάτρα	51,5		Υπερβολή ορίου +16,5

Συνεπώς μπορεί να ειπωθεί ότι τα επίπεδα θορύβου βάθους στα νηπιαγωγεία μπορούν να προκαλέσουν ποικίλα προβλήματα στα παιδιά. Ο θόρυβος βάθους

μίας αίθουσας επιδρά σημαντικά στην ικανότητα του παιδιού να αντιληφθεί την ομιλία, συγκαλύπτοντας τα ακουστικά και γλωσσικά στοιχεία που δίνονται στο μήνυμα που μεταδίδει ο δάσκαλος. Σε γενικές γραμμές η φασματική ενέργεια των συμφώνων είναι μικρότερη από αυτή των φωνηέντων. Συνεπώς ο θόρυβος βάθους της τάξης μειώνει την αντίληψη των συμφώνων από τα παιδιά. Δυστυχώς, ακόμα και η ελάχιστη μείωση της αντίληψης των συμφώνων είναι αρκετή για να επηρεάσει την καταληπτότητα της ομιλίας, διότι η ικανότητα του ακροατή να κατανοήσει την ομιλία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ενέργεια των συμφώνων (French & Steinberg, 1947; Licklider & Miller, 1951)

Επιπλέον η χρόνια έκθεση σε θόρυβο μπορεί να επιδράσει αρνητικά στα παιδιά, όταν είναι στην ηλικία των τεσσάρων ετών, αλλά οι συνέπειες της έκθεσης στο θόρυβο δεν είναι εμφανείς παρά μετά το πέρασμα κάποιων χρόνων. Μια εξήγηση για το γιατί τα παιδιά προσχολικής ηλικίας συνηθισμένα σε ένα θορυβώδες περιβάλλον δεν αποσπώνται από το θόρυβο κατά τη διάρκεια δοκιμασιών είναι το ότι έχουν μάθει να προγραμματίζουν αποτελεσματικά την προσοχή τους ώστε να μην διασπώνται από άλλα ερεθίσματα. Αντίθετα, τα παιδιά από ήσυχα περιβάλλοντα δεν έχει χρειαστεί να μάθουν αυτή τη δεξιότητα. Ωστόσο, όσο τα παιδιά μεγαλώνουν και εξακολουθούν να παραμένουν σε θορυβώδη περιβάλλοντα η δυνατότητα προσαρμογής τους αυξάνεται. Αποτελέσματα τριών μελετών δείχνουν ότι μεγαλύτερα παιδιά με ιστορικό χρόνιας έκθεσης σε υψηλής έντασης θόρυβο έχουν την τάση να υπέρ-γενικεύουν αυτή την ικανότητα προσαρμογής (Cohen et al, 1973; Cohen et al, 1986; Evans et al, 1995).

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι το γενικό πρότυπο δυσμενών αντιδράσεων ψυχολογικού στρες σχετίζεται με τη χρόνια έκθεση στο θόρυβο μεταξύ παιδιών. Επιπλέον μελέτες μαρτυρούν ότι η χρόνια έκθεση των παιδιών στο θόρυβο οδηγεί τους καρδιαγγειακούς και ενδοκρινολογικούς δείκτες χρόνιου στρες σε αύξηση, ενώ η μακροπρόθεσμη μνήμη, η αντίληψη της ομιλίας και τα σκορ τυποποιημένων αναγνωστικών δοκιμασιών υποδεικνύουν ελλείμματα.

Έχουν πραγματοποιηθεί ποικίλες μελέτες στο εξωτερικό, αναφορικά με τα επίπεδα θορύβου στις αίθουσες διδασκαλίας και κατά πόσο τα επίπεδα αυτά υπακούουν στα Διεθνή Πρότυπα, έτσι ώστε τα παιδιά να απασχολούνται και να μορφώνονται κάτω από τις βέλτιστες ακουστικές συνθήκες, οι οποίες θα τα βοηθήσουν να αποκτήσουν άρτια τις απαραίτητες γλωσσικές ικανότητες.

Μελέτη των Yang & Hodgson (2005) που πραγματοποιήθηκε σε σχολικές εγκαταστάσεις νηπιαγωγείων στην πόλη Βανκούβερ του Καναδά δείχνει ότι τα επίπεδα θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες βρέθηκαν να κυμαίνονται μεταξύ 39 dB(A) και 43 dB(A), παραπάνω δηλαδή από τα επιτρεπόμενα όρια. Σε Παρόμοια έρευνα, των Shield & Docktoll (2004) που πραγματοποιήθηκε μέτρηση θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες νηπιαγωγείων του Λονδίνου της Μ. Βρετανίας καταγράφηκαν επίπεδα θορύβου της τάξης των 47,0 dB(A), επίπεδο που ξεπερνά τα επιτρεπόμενα όρια. Οι Mackenzie & Airey (1999) επίσης κατέγραψαν τα επίπεδα του θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες και σαν αποτέλεσμα είχαν τα 44,7 dB(A), επίπεδο θορύβου δηλαδή πάλι υψηλότερο από τα επιτρεπόμενα όρια. Οι Taub, Kanis & Kramer (2003) πραγματοποίησαν μελέτη κατά τη διάρκεια της οποίας μετρήθηκαν τα επίπεδα θορύβου βάθους σε αίθουσες νηπιαγωγείων ενώ ήταν άδειες και εξήχθησαν επίπεδα >50 dB(A).

Αξίζει επιπλέον να παρατεθούν τα ευρήματα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε σχολεία πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο εξωτερικό με επίσης αξιολογικά ευρήματα. Οι Bess, Sinclair, & Riggs (1984) πραγματοποίησαν μέτρηση θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες και τότε καταγράφηκαν επίπεδα θορύβου της τάξης των 41 dB(A). Ενώ οι Crandell & Smaldino (1995) πραγματοποίησαν μέτρηση θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες και κατέγραψαν επίπεδα θορύβου της τάξης των 51 dB(A). Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα 4.

Πίνακας 4.

Έρευνες	Επίπεδα θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες
Bess, Sinclair, & Riggs (1984)	41 dB(A)
Crandell & Smaldino (1995)	51 dB(A)
Mackenzie & Airey (1999)	44,7 dB(A)
Taub, Kanis & Kramer (2003)	>50 dB(A)
Shield & Docktell (2004)	47,0 dB(A)
Yang & Hodgson (2005)	39 - 43 dB(A)

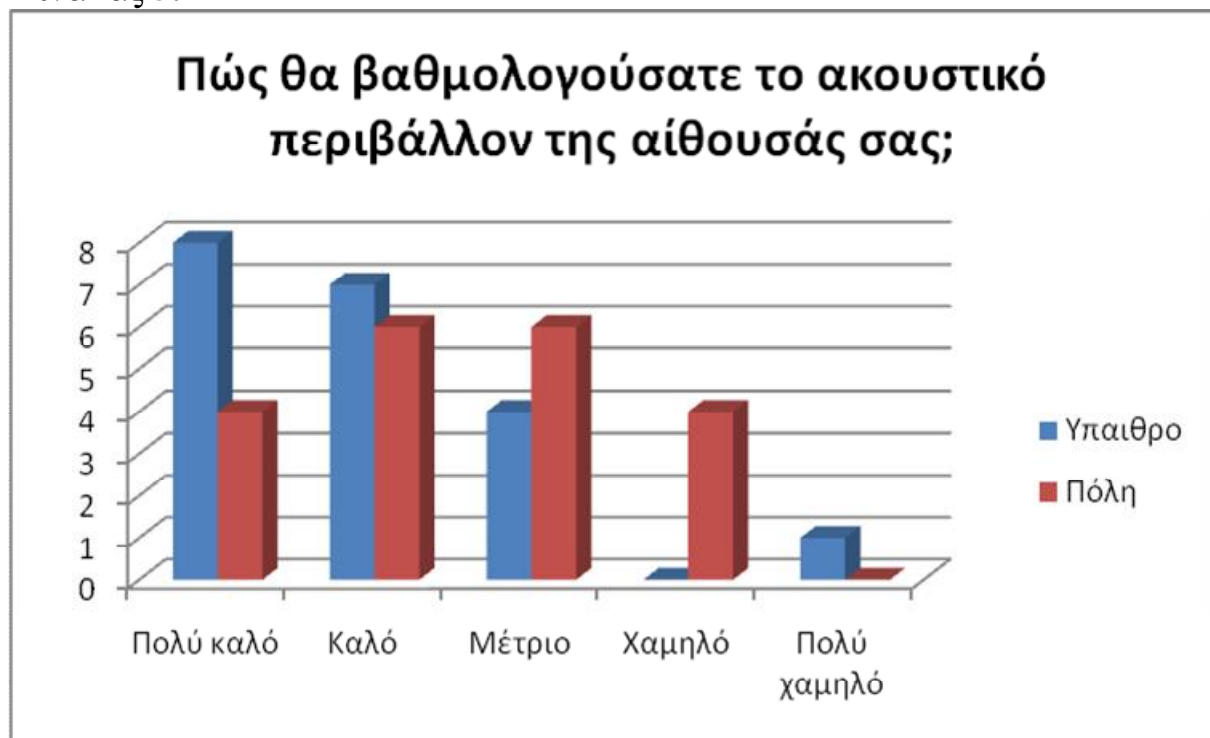
Έχοντας υπ' όψιν τα ευρήματα της μελέτης αυτής όπου το επίπεδο θορύβου στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας βρέθηκε να είναι 45,5 dB(A) συμπεραίνουμε ότι τα ευρήματα βρίσκονται μεταξύ των ανώτερων επιπέδων θορύβου που έχουν καταγραφεί, με τα επίπεδα θορύβου από τις έρευνες των Shield & Docktell (2004), Taub, Kanis & Kramer (2003) και Crandell & Smaldino (1995) να καταγράφονται ως 47,0 dB(A), >50 dB(A) και 51 dB(A) αντίστοιχα.

Όσον αφορά τα ευρήματα της μελέτης αυτής για την περιοχή της Πάτρας όπου το επίπεδο θορύβου στην βρέθηκε να είναι 51,1 dB(A) συμπεραίνουμε ότι τα ευρήματα αυτά βρίσκονται στην κορυφή των καταγεγραμμένων επιπέδων θορύβου από τις προαναφερθείσες έρευνες.

Οι απαντήσεις που καταγράφηκαν μέσω της μελέτης με χρήση ερωτηματολογίου για την αντίληψη του θορύβου από τις νηπιαγωγούς μας οδηγούν σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Οι απαντήσεις των νηπιαγωγών της Πάτρας και των νηπιαγωγών της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας στην πλειοψηφία τους, δεν συνάδουν απόλυτα με τα ευρήματα των ακουστικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις αίθουσές τους. Ωστόσο ας δούμε εκτενέστερα τις απαντήσεις των νηπιαγωγών στις τέσσερις κατηγορίες του ερωτηματολογίου.

Πιο αναλυτικά, στην 1^η κατηγορία ερωτήσεων «Χαρακτηριστικά Αίθουσας» οι νηπιαγωγοί της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας βαθμολόγησαν στην πλειοψηφία τους ότι το ακουστικό τους περιβάλλον ως Πολύ Καλό (8/20) και παρόμοιος αριθμός νηπιαγωγών το βαθμολόγησε ως Καλό (7/20). Βάσει των αποτελεσμάτων της μέτρησης όμως, το ακουστικό περιβάλλον θα χαρακτηριζόταν ως Μέτριο, εφόσον η μέση τιμή των επιπέδων θορύβου ήταν 45,5 dB(A) >35 dB(A). Ούτε οι νηπιαγωγοί της Πάτρας κατάφεραν να βαθμολογήσουν το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσάς τους ρεαλιστικά, εφόσον η πλειοψηφία τους το βαθμολόγησε ως Καλό (6/20) και Μέτριο (6/20).

Πίνακας 5.

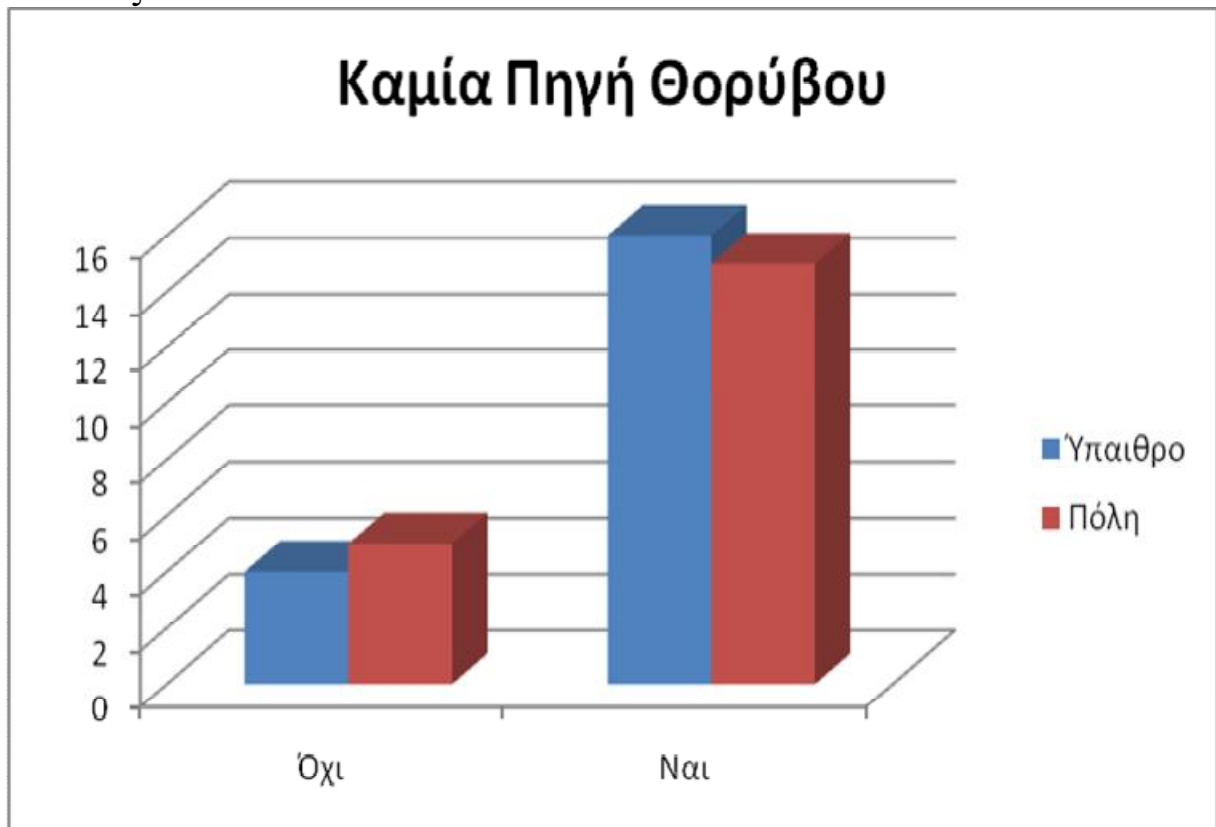


Βλέπουμε ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν νηπιαγωγοί που αντιλαμβάνονται τα όποια αρνητικά στο ακουστικό περιβάλλον, δεν μπορούν από ότι φαίνεται όμως να αντιληφθούν την έκτασή τους.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν λοιπόν τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις αίθουσές τους η μέση τιμή των επιπέδων θορύβου που καταγράφηκαν είναι $51,5 \text{ dB(A)} > 35 \text{ dB(A)}$ συνεπώς θα χαρακτηρίζονταν ως Χαμηλού Επιπέδου. (Πίνακας 5.)

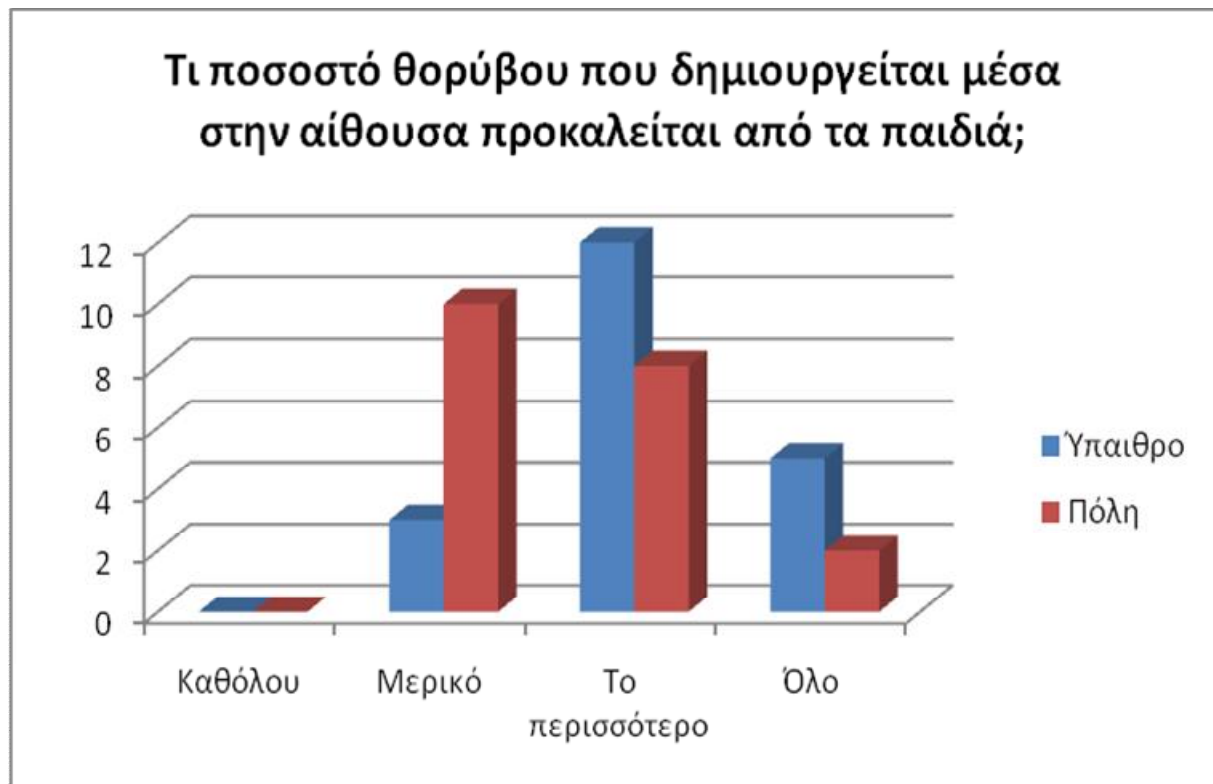
Στην 2^η κατηγορία ερωτήσεων «Πηγές Θορύβου – Εντός Αίθουσας» γίνεται η προσπάθεια αναγνώρισης των πηγών θορύβου προερχόμενες από το εσωτερικό περιβάλλον της αίθουσας από τις νηπιαγωγούς. Η πλειοψηφία των νηπιαγωγών, τόσο της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας, όσο και της Πάτρας δεν αναγνώρισαν κάποια συγκεκριμένη πηγή θορύβου η οποία να προέρχεται από το εσωτερικό της αίθουσας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων ωστόσο υποδεικνύουν επίπεδα θορύβου $45,5 \text{ dB(A)}$ για το ύπαιθρο και $51,5 \text{ dB(A)}$ για την Πάτρα. Δεδομένου ότι οι σχολικές εγκαταστάσεις πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη χώρα μας και πιο συγκεκριμένα αυτές που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη στην πλειοψηφία τους δεν έχουν Σύστημα Θέρμανσης, Ψύξης και Εξαερισμού (HVAC System) συμπεραίνουμε ότι ο θόρυβος αυτός οφείλεται σε εξωτερικές πηγές θορύβου (Πίνακας 6.) και στο θόρυβο που προκαλούν τα παιδιά όταν βρίσκονται στο εσωτερικό της αίθουσας.

Πίνακας 6.



Μάλιστα, οι νηπιαγωγοί της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας κατέγραψαν ότι ο Περισσότερος θόρυβος δημιουργείται από τα παιδιά (12/20) ενώ οι νηπιαγωγοί της Πάτρας κατέγραψαν ότι Μερικός από το θόρυβο προκαλείται από τα παιδιά (10/20). (Πίνακας 7.)

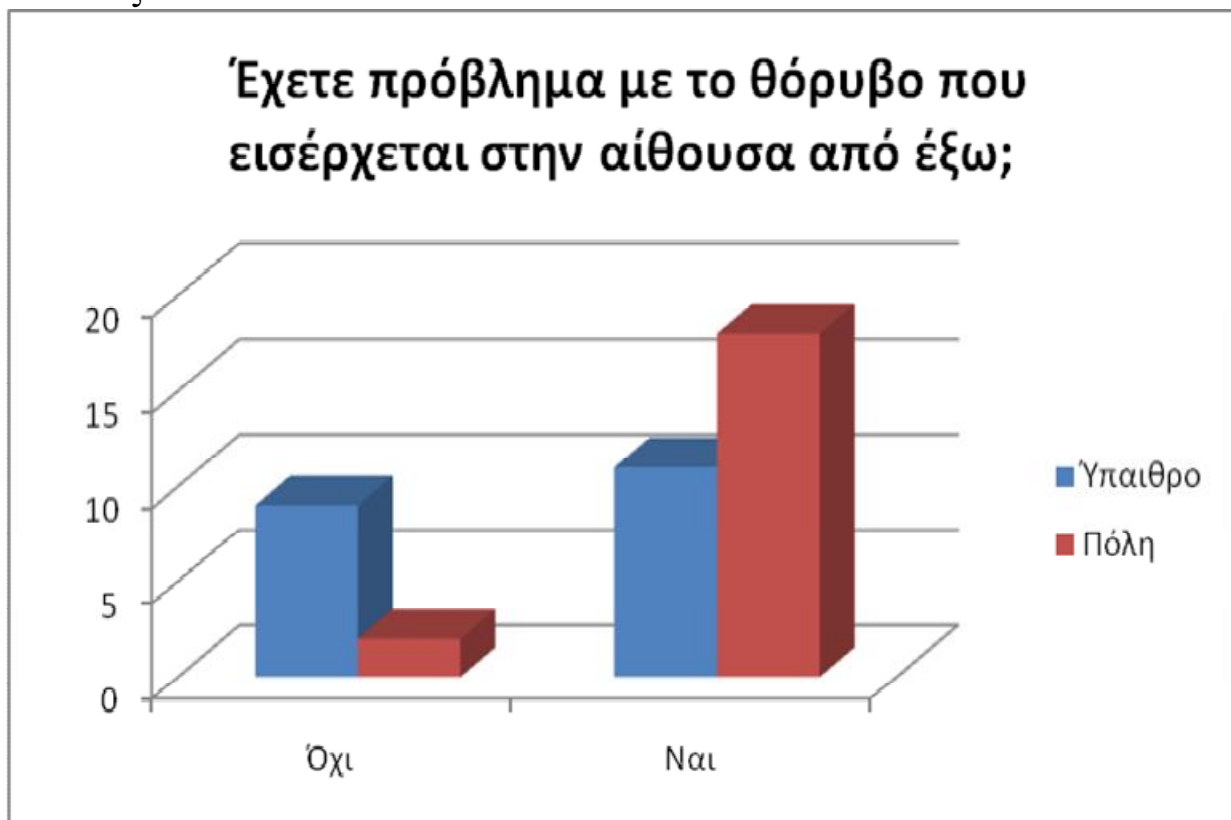
Πίνακας 7.



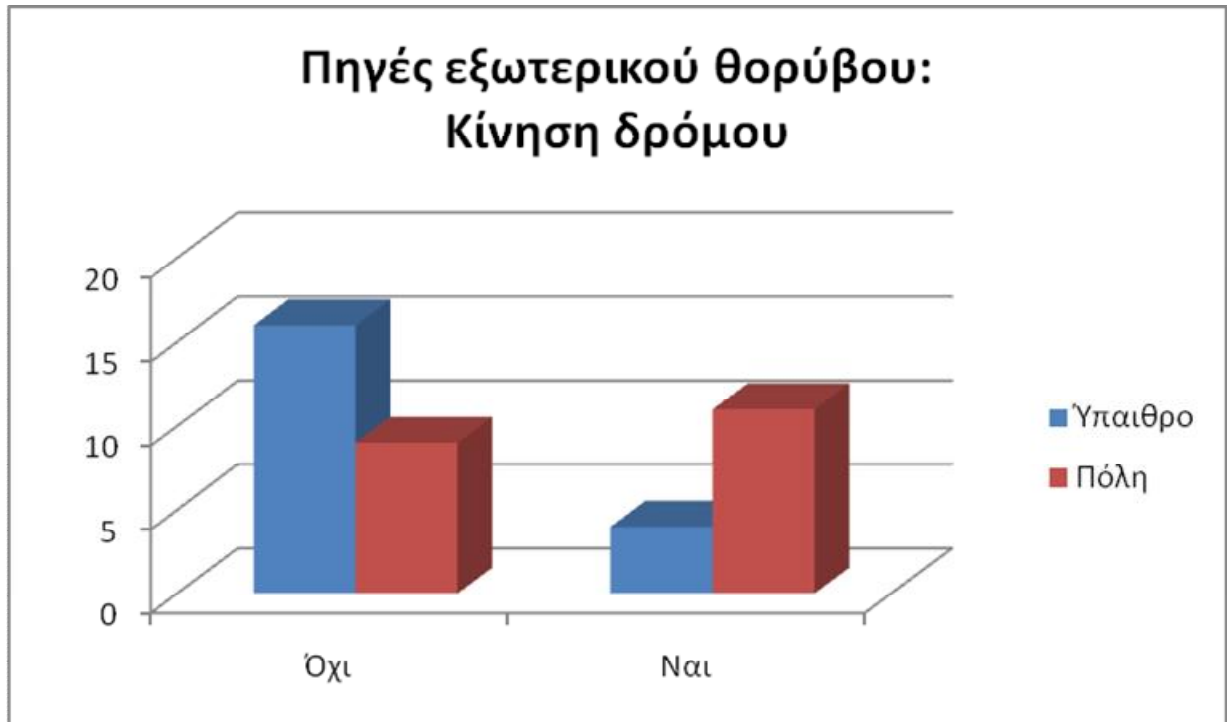
Η 3^η κατηγορία ερωτήσεων «Πηγές Θορύβου – Εκτός Αίθουσας» συνηγορεί στα συμπεράσματα της 2^{ης} κατηγορίας ερωτήσεων που μόλις αναλύθηκε και φαίνονται πλέον εμφανείς διαφορές για το θόρυβο, μεταξύ νηπιαγωγείων υπαίθρου και Πάτρας. Αναφορικά με το θόρυβο που εισέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον μέσα στις αίθουσες οι νηπιαγωγοί από της Πάτρας δείχνουν να ενοχλούνται περισσότερο (18/20), αντίθετα από τις νηπιαγωγούς της υπαίθρου όπου οι μισές περίπου απάντησαν ότι ενοχλούνται (11/20) (Πίνακας 8.). Από τις απαντήσεις φαίνεται επίσης οι νηπιαγωγοί της Πάτρας να δηλώνουν ότι αναγνωρίζουν σαν πηγή θορύβου εισερχόμενου από το εξωτερικό περιβάλλον της αίθουσας την Κίνηση Δρόμου (11/20), σε αντίθεση με τις νηπιαγωγούς της υπαίθρου που δεν την αναγνώρισαν σαν πηγή θορύβου (16/20) (Πίνακας 9.).

Η κύρια πηγή εισερχόμενου θορύβου από το εξωτερικό της αίθουσας ωστόσο ήταν ο Θόρυβος από τον Προαύλιο Χώρο, με την πλειοψηφία και στις δύο ομάδες (υπαίθρος 13/20 και Πάτρα 15/20) να δηλώνουν ότι αποτελεί πηγή θορύβου(Πίνακας 10.). Συνεπώς ο καταγεγραμμένος θόρυβος από τις ακουστικές μετρήσεις οφείλεται κυρίως στην Κίνηση του Δρόμου και τον Προαύλιο Χώρο για τα νηπιαγωγεία Πάτρας και στον Προαύλιο Χώρο για τα νηπιαγωγεία υπαίθρου της Πάτρας. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι η πλειοψηφία των νηπιαγωγών στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας δήλωσαν ότι ενοχλούνται περισσότερο από το θόρυβο που δημιουργείται εντός αίθουσας (15/20) το θόρυβο των παιδιών δηλαδή όπως συμπεράναμε στην προηγούμενη κατηγορία ερωτήσεων, ενώ οι νηπιαγωγοί της Πάτρας δήλωσαν να ενοχλούνται περισσότερο από το θόρυβο που δημιουργείται εκτός αίθουσας (12/20). (Πίνακας 11.)

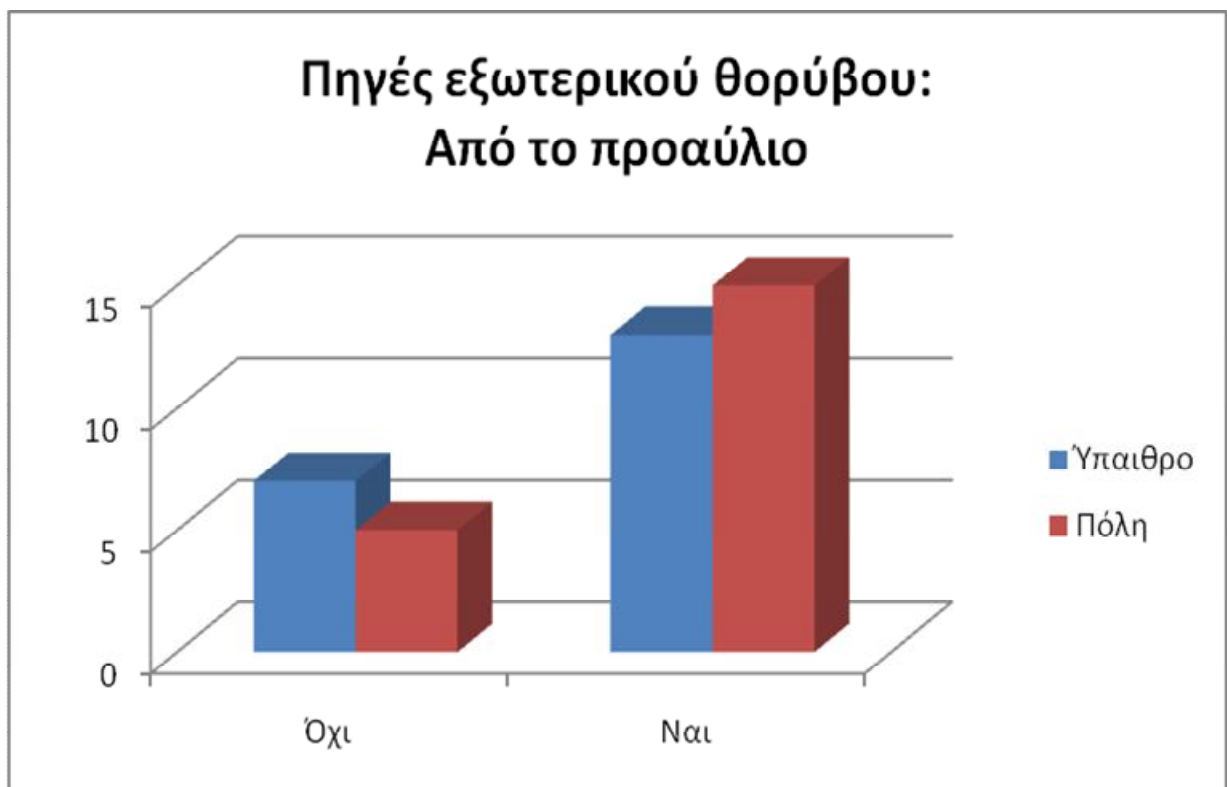
Πίνακας 8.



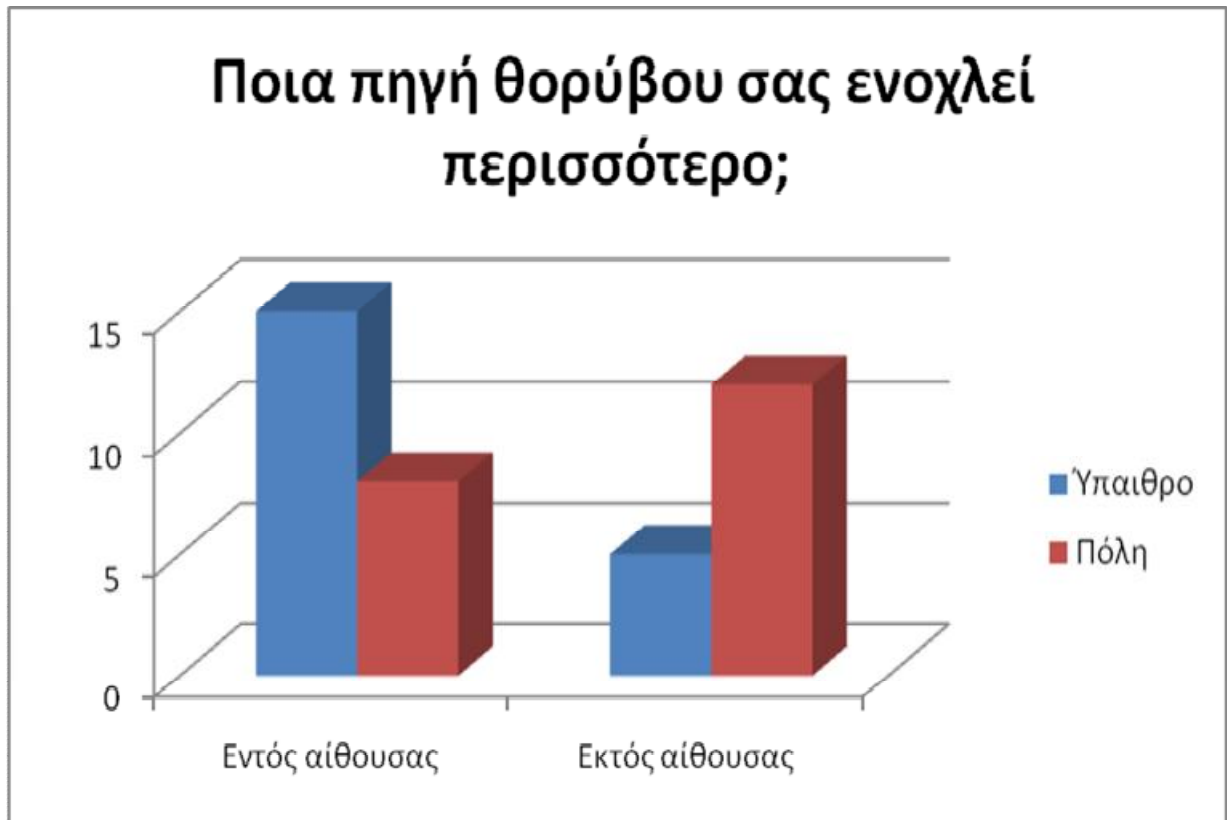
Πίνακας 9.



Πίνακας 10.

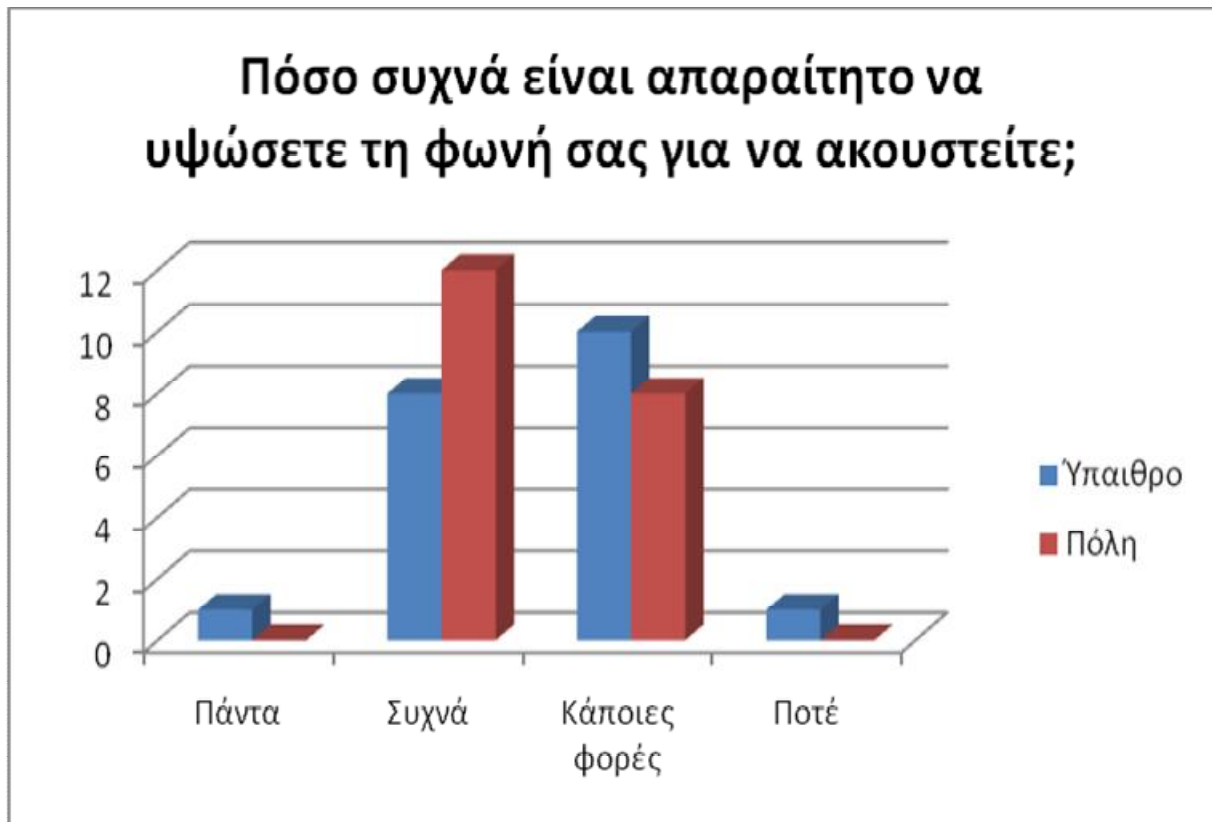


Πίνακας 11.



Τέλος, η 4^η κατηγορία «Φωνητική Προσπάθεια» μας βοηθά να σχηματίσουμε μία εικόνα για τα επίπεδα θορύβου των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, εφόσον η συχνότητα που απαιτείται από τις νηπιαγωγούς να υψώνουν τη φωνή τους για να ακουστούν μας βοηθά να καταλάβουμε αντιληπτικά αν και πόσο τα επίπεδα θορύβου υπερβαίνουν των φυσιολογικών ορίων. Δεδομένου ότι για να υψώσει κάποιος τη φωνή του για να ακουστεί θα πρέπει να συνυπάρχει θόρυβος, τον οποίο θέλει να ξεπεράσει. Οι απαντήσεις λοιπόν των νηπιαγωγών υπαίθρου μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά πάσα πιθανότητα Κάποιες Φορές (10/20) χρειάζεται να υψώσουν τη φωνή τους για να ακουστούν επομένως Κάποιες Φορές τα επίπεδα θορύβου είναι τόσο υψηλά ώστε να απαιτείται από αυτές να ανεβάσουν την ένταση της φωνής τους για να επικαλύψουν το θόρυβο της αίθουσας. Στην αντίστοιχη ερώτηση ωστόσο οι νηπιαγωγοί της Πάτρας απάντησαν ότι απαιτείται Συχνά από αυτές (12/20) να υψώσουν τη φωνή τους για να ακουστούν, που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι Συχνά τα επίπεδα θορύβου της αίθουσας μάλλον υπερβαίνουν τα όρια της φυσιολογικής έντασης ομιλίας και απαιτείται από τις νηπιαγωγούς να αυξήσουν την ένταση στη φωνή τους. (Πίνακας 12.)

Πίνακας 12.



ΕΝΟΤΗΤΑ V

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την καταγραφή, ανάλυση και συζήτηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η τα επίπεδα θορύβου που καταγράφηκαν τόσο στην περιοχή υπαίθρου της Πάτρας, όσο στην πόλη της Πάτρας δεν συνάδουν με αυτά που ορίζουν τα διεθνή πρότυπα (ANSI S12.60-2002, ΠΟΥ και UK Building Bulletin 93). Μάλιστα βρίσκονται μεταξύ των ανώτερων επιπέδων θορύβου που έχουν καταγραφεί και από άλλες έρευνες.

Επίσης, το ακουστικό περιβάλλον της περιοχής υπαίθρου της Πάτρας βρέθηκε να είναι καλύτερο από αυτό της πόλης της Πάτρας. Το συμπέρασμα στηρίζεται τόσο από τα ευρήματα των ακουστικών μετρήσεων, όσο και από τις απαντήσεις που έδωσαν οι νηπιαγωγοί στο ερωτηματολόγιο.

Θα πρέπει ωστόσο να υπάρξει περαιτέρω έρευνα για να διερευνηθούν και οι άλλοι παράγοντες καλής ακουστικής μιας αίθουσας νηπιαγωγείου, ούτως ώστε να αποκτηθεί μια πιο σφαιρική γνώση τόσο για τις ακουστικές παραμέτρους που επικρατούν, όσο και για τις επιπτώσεις του θορύβου στα παιδιά των ελληνικών νηπιαγωγείων.

ΕΝΟΤΗΤΑ VI

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- *American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools*,(2002). American National Standards Institute ANSI S12.60-2002 (Acoustical Society of America, Melville, New York).
- American Speech-Language-Hearing Association. (2005). “*Acoustics in Educational Settings: Position Statement*” [Position Statement].
- American Speech-Language-Hearing Association. (2005). “*Acoustics in Educational Settings: Technical Report*” [Technical Report].
- American Speech-Language-Hearing Association. (1991). *Sound Field Measurement Tutorial* [Relevant Paper].
- Bistafa & Bradley (2000). Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics, *Journal of Acoustical Society of America*,107 (2), 861-875
- Choi, C.Y. and McPherson B. (2005) “Noise Levels in Hong Kong Primary Schools: Implications for classroom listening”, *International Journal of Disability, Development and Education*, 52 (4), 345 -360.
- Crandell & Smaldino.(2000). Classroom Acoustics for Children With Normal Hearing and With Hearing Impairment, American Speech-Language-Hearing Association, 31, 362–370
- Dockrell J. & Shield B. . The effect of acute noise exposure on children’s processing of verbal and non-verbal tasks. [Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.sea-acustica.es/Sevilla02/hea02011.pdf>]
- Dockrell J. & Shield B. . (2003).“The effects of noise on children at school: a review”. *Journal of Building Acoustics* 10 (2), 97-106.

- Dockrell J. & Shield B. . (2004). “External and internal noise surveys of London primary schools”. *Journal of Acoustical Society of America*, 115 (2), 730-738.
- Dockrell J. & Shield B. . (2008). “The effects of classroom and environmental noise on children’s academic performance”. *Presented at the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), Foxwoods, CT.*
- Grebennikov & Leonid (2006). “Preschool teachers' exposure to classroom noise”. *International Journal of Early Years Education*, 14 (1), 35 - 44.
- Hodgson M. & Nosal E. M. (2002). “Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms”. *Journal of Acoustical Society of America*, 111 (2), 931-939.
- Hodgson, M. (2002). “Rating, ranking, and understanding acoustical quality in university classrooms”. *Journal of Acoustical Society of America*, 112 (2), 568-575.
- Lucus, M. N. (2008 December). *Background Noise Levels and Reverberation Times in Six Mississippi Public School Classrooms*. The University of Southern Mississippi. [Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο http://www.usm.edu/honors/coh_example_prospectus1.pdf]
- Manlove, E. E. , Frank T. et al. (2001), “Why Should We Care About Noise in Classrooms and Child Care Settings?”, *Child & Youth Care Forum* 30 (1), 55-64.
- Maxwell L. E. & Evans G. W. (2000). “The effects of noise on pre-school children’s pre-reading skills”. *Journal of Environmental Psychology*, 20 (1), 91-97.
- Nelson P. B., Sigfrid S. D. et al. (2002). “Classroom Acoustics II: Acoustical Barriers to Learning”. *A publication of the Technical Committee on Speech Communication of the Acoustical Society of America, Melville, New York.*
- Wilson O. & Valentine J. , Halstead M. et al. (2002). *Classroom Acoustics: A New Zealand Perspective. The Oticon Foundation in New Zealand, Wellington.*

- Martin F. N. & Clark J. G. (2008). Στο Τρίμης Ν.(Επιμέλ.). *Ακουσλογία*. (Γερμανά Ε. & Λινάρδου Γ. , Μεταφρ.). Αθήνα: ΈΛΛΗΝ
- Δ. Σκαρλάτος (2003). *Εφαρμοσμένη Ακουστική*. Πάτρα: ΦΙΛΟΜΑΘΕΙΑ
- Everest, F. Alton (1998). *Εγχειρίδιο Ακουστικής*. Θεσσαλονίκη: Α. ΤΖΙΟΛΑ Ε.

ΕΝΟΤΗΤΑ VII

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1. Ερωτηματολόγιο

Έρευνα για την ακουστική των αιθουσών διδασκαλίας των νηπιαγωγείων Πάτρας

Ευχαριστούμε που συμπληρώνετε αυτό το ερωτηματολόγιο. Ερευνούμε την άποψη των νηπιαγωγών για την ακουστική και τα επίπεδα θορύβου των αιθουσών στις οποίες διδάσκετε κ κατά πόσο μπορούν τα παιδιά να επηρεαστούν από αυτό.

Για να προστατεύσουμε τα στοιχεία σας και να διατηρηθεί ανωνυμία οι αίθουσες θα αναγνωρίζονται από έναν αύξοντα αριθμό, όταν παρουσιαστούν τα αποτελέσματα.

Ημερομηνία: _____

Σχολείο: _____

Συστεγάζεστε με κάποιο άλλο σχολείο; _____

Αριθμός αίθουσας: _____

Ηλικία παιδιών στην αίθουσα: από _____ έως _____

Σχολικό έτος: _____

Αριθμός μαθητών: _____

Υπάρχουν μαθητές με πρόβλημα ακοής (με διάγνωση);

ΟΧΙ

ΝΑΙ Πόσοι;

- Στο ερωτηματολόγιο που ακολουθεί σημειώστε τη σωστή απάντηση βάζοντας X

Χαρακτηριστικά αίθουσας

1. Κατά τη γνώμη σας ποιοι τομείς από τους παρακάτω είναι πιο σημαντικοί για την αίθουσά σας; Βαθμολογείστε τις παρακάτω κατηγορίες σύμφωνα με την παρακάτω κλίμακα. (κυκλώστε)

Φωτισμός

- 1- πολύ σημαντικό
- 2- σημαντικό
- 3- μέτριας σημασίας
- 4- λιγότερο σημαντικό
- 5- καθόλου σημαντικό

Εξαερισμός

- 1- πολύ σημαντικό
- 2- σημαντικό
- 3- μέτριας σημασίας
- 4- λιγότερο σημαντικό
- 5- καθόλου σημαντικό

Ακουστική χώρου (ακουστικό περιβάλλον)

- 1- πολύ σημαντικό
- 2- σημαντικό
- 3- μέτριας σημασίας
- 4- λιγότερο σημαντικό
- 5- καθόλου σημαντικό

Εξοπλισμός

- 1- πολύ σημαντικό
- 2- σημαντικό
- 3- μέτριας σημασίας
- 4- λιγότερο σημαντικό
- 5- καθόλου σημαντικό

Επαρκής χώρος

- 1- πολύ σημαντικό
- 2- σημαντικό
- 3- μέτριας σημασίας
- 4- λιγότερο σημαντικό
- 5- καθόλου σημαντικό

2. Πώς θα χαρακτηρίζατε την ακουστική της αίθουσάς σας;

- .. Άνετης/ Ικανοποιητικής ακουστικής
- .. Ενοχλητικής ακουστικής
- .. Με ηχώ (αντίλαλο)

3. Πώς θα βαθμολογούσατε το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσάς σας;

- · Πολύ καλό
- · Καλό
- · Μέτριο/ Αποδεκτό
- · Χαμηλού επιπέδου
- · Πολύ χαμηλού επιπέδου

Πηγές θορύβου – Εντός αίθουσας

1. Έχετε προβλήματα με το θόρυβο που δημιουργείται στην αίθουσα; (αυτό συμπεριλαμβάνει και το θόρυβο που δημιουργούν τα παιδιά)

- · Ναι
- · Όχι

2. Τι ποσοστό θορύβου που δημιουργείται μέσα στην αίθουσα προκαλείται από τα παιδιά;

- · Καθόλου
- · Μερικό
- · Το περισσότερο
- · Όλο

3. Παρακαλώ αναγνωρίστε άλλες πηγές θορύβου μέσα στην αίθουσα.

- · Εξοπλισμός (υπολογιστής, τηλεόραση, ρολόι, κτλ.)
- · Κλιματισμός
- · Θέρμανση
- · Φωτισμός
- · Τίποτα από τα παραπάνω

Πηγές θορύβου – Εκτός αίθουσας

1. Έχετε πρόβλημα με το θόρυβο που εισέρχεται στην αίθουσα από έξω; (αυτό συμπεριλαμβάνει και το θόρυβο που ακούγεται από παρακείμενες αίθουσες)

- · Ναι
- · Όχι

2. Ονομάστε τις πηγές εξωτερικού θορύβου.

- · Κίνηση δρόμου
- · Θόρυβος από τις άλλες αίθουσες
- · Θόρυβος από το προαύλιο
- · Θόρυβος από το διάδρομο
- · Θόρυβος την ώρα που τα παιδιά μπαίνουν στις αίθουσες

3. Πόσο σημαντικό θεωρείτε ότι είναι να μειωθούν οι θόρυβοι για τα παιδιά;

- .. Ασήμαντο
- .. Όχι πολύ σημαντικό
- .. Σημαντικό
- .. Μείζονος σημασίας

4. Ποια πηγή θορύβου σας ενοχλεί περισσότερο;

- .. Ο θόρυβος που δημιουργείται εντός αίθουσας
- .. Ο θόρυβος που εισέρχεται στην αίθουσα από έξω

Φωνητική προσπάθεια

1. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος θεωρείτε ότι διατηρείτε:

- .. Χαμηλή ένταση φωνής
- .. Μέτρια/Φυσιολογική ένταση φωνής
- .. Υψηλή ένταση φωνής

2. Πόσο συχνά είναι απαραίτητο να υψώσετε τη φωνή σας για να ακουστείτε;

- .. Πάντα
- .. Συχνά
- .. Κάποιες φορές
- .. Ποτέ

3. Το επίπεδο που χρειάζεται να μιλάτε «ζορίζει» τη φωνή σας;

- .. Ναι
- .. Όχι

