



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΟΡΘΟΔΟΞΩΝ ΝΑΩΝ ΤΗΣ ΝΕΟΤΕΡΑΣ
ΕΛΛΑΔΟΣ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΗΣ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΩΜΑΣ ΣΕΡΒΕΤΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ
Αναπ. Καθηγήτρια ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΘΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΟΡΘΟΔΟΞΩΝ ΝΑΩΝ ΤΗΣ ΝΕΟΤΕΡΑΣ
ΕΛΛΑΔΟΣ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΗΣ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΩΜΑΣ ΣΕΡΒΕΤΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ
Αναπ. Καθηγήτρια ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΘΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι πρώτες προσπάθειες αποτίμησης της προβληματικής ακουστικής ελληνορθόδοξων ναών της νεωτέρας περιόδου, είναι σχετικά πρόσφατες και βασίζονται είτε σε φυσικές ακουστικές μετρήσεις είτε σε πειράματα της αντίληψης της ακουστικής εντός των ναών. Στην παρούσα μελέτη γίνεται ανασκόπηση αυτών των μελετών. Την τελευταία πενταετία ερευνητική ομάδα του Ε.Μ.Π. έχει πραγματοποιήσει τόσο φυσικές μετρήσεις όσο και πειράματα καταγραφής της αντίληψης της ακουστικής στους ίδιους ναούς.

Παρατηρείται ότι οι μετρήσεις των μεγεθών ομαδοποιούνται ανάλογα με τις χρονολογίες κατασκευής. Οι εργασίες που έχουν ήδη γίνει καταλήγουν ότι, οι τιμές των ακουστικών παραμέτρων που μετρήθηκαν ευρέθησαν εκτός επιθυμητών ορίων· επίσης επιχειρήθηκε στις εργασίες εκείνες, ερμηνεία αυτού του ευρήματος μέσω αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των ναών. Τέλος, επιβεβαιώνεται στις μελέτες εκείνες πειραματικά, ότι η παρουσία μεγαφώνων στους σύγχρονους ελληνορθόδοξους ναούς επικαλύπτει την φυσική ποιότητα του βυζαντινού ακροάματος.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πείραμα αντίληψης της ακουστικής σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο , με αποσπάσματα που έχουν προκύψει μέσω της τεχνικής της ηχητικής εξομοίωσης. Το πείραμα έγινε χρησιμοποιώντας την τεχνική της σημασιολογικής διαφορικής ανάλυσης καθώς και διπολικές κλίμακες καταγραφής της αντίληψης.

Η ανάλυση κατά παράγοντες των πειραματικών δεδομένων παρήγαγε τρεις ανεξάρτητους παράγοντες της αντίληψης, δηλαδή ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (αδύναμος, άδειος, φτωχός), ΧΩΡΙΚΟΤΗΤΑ (παράφωνος, ασαφής, ασταθής) και ΕΝΤΑΣΗ-ΖΩΗΡΟΤΗΤΑ (ήρεμος, ζεστός, μελωδικός).

Τα αποτελέσματα δείχνουν την πληθώρα των λέξεων τις οποίες το κοινό χρησιμοποιεί για να περιγράψει την ακουστική. Περισσότερη έρευνα θα πρέπει να γίνει για τη συσχέτιση της αντίληψης της ακουστικής με τα φυσικά κριτήρια καθώς και τις αρχές σχεδιασμού για τους σύγχρονους ναούς.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διεξαγωγή και η ολοκλήρωση της εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την καθοδήγηση της επιβλέπουσας Αναπληρώτριας Καθηγήτριας Ε.Μ.Π., κυρίας Αλεξάνδρας Σωτηροπούλου, στην οποία εκφράζονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την άψογη συνεργασία μας, καθώς και για τη δυνατότητα που μου έδωσε να συμμετέχουμε με την παρούσα εργασία στο 7ο πανελλήνιο συνέδριο ακουστικής στην Θεσσαλονίκη (Παράρτημα 6).

Θερμές ευχαριστίες στον διδακτορικό φοιτητή Γιάννη Καραγιάννη για την επεξεργασία των αποσπασμάτων ,αλλά και τη βοήθειά του στην εργασία αυτή.

Ευχαριστίες σε όλους του φίλους και συμφοιτητές που πήραν μέρος στο πείραμα χωρίς την συμβολή των οποίων , η διεξαγωγή του δεν θα ήταν εφικτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	10
3.1 Επιλογή Αντικειμένου	10
3.2 Θεωρία Σημασιολογικής Διαφορικής Ανάλυσης.....	11
3.3 Ανάλυση κατά παράγοντες.....	12
3.4 Ανάλυση Διακύμανσης	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	13
4.1 Αντικείμενο του πειράματος	13
4.2 Μέθοδος – Στοιχεία του πειράματος.....	21
4.3 Ηχητική Εξομοίωση (AURALIZATION).....	21
4.4 Κλίμακες Αξιολόγησης	22
4.5 Ερμηνεία Πίνακα Παραγόντων	23
4.5 Στοιχεία του πειράματος.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 –ΕΡΜΗΝΕΙΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	29
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	30
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	32
Π1 Βασική θεωρία του ήχου	33
Π2 Ανάλυση κατά παράγοντες (Factor Analysis).....	64
Π3 Λειτουργία SPSS	71
Π4 Ερωτηματολόγιο.....	88
Π5 Πίνακες Αποτελεσμάτων.....	92
Π6 literature review.....	114

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι νέες εκκλησίες που χτίζονται στην Ελλάδα αναφέρονται σε κάποια συγκεκριμένα πρότυπα που αναπαράγονται σε όλη την επικράτεια. Συγκεκριμένα οι περισσότεροι ελληνορθόδοξοι σύγχρονοι ναοί είναι ρυθμού βασιλικής με τρούλο, τρίκλιτης βασιλικής, οκταγωνικού και σταυροειδούς εγγεγραμμένου σε τρούλο. Οι ρυθμοί αυτοί έχουν τις ρίζες τους στην βυζαντινή ναοδομία, όμως υπάρχουν κάποιες πολύ σημαντικές διαφορές. Μία βασική διαφορά είναι ο πολύ μεγαλύτερος όγκος (διπλάσιος ή τριπλάσιος) σε σύγκριση με τις βυζαντινές. Επίσης η απουσία εσωτερικών χωρισμάτων ώστε να δημιουργούνται ημιχώρια. Ένα στοιχείο που έχει προστεθεί στις σύγχρονες εκκλησίες είναι ο γυναικωνίτης - συνήθως ημιώροφος ή πατάρι - , στοιχείο το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερα ελλειμματική ακουστική.

Ελάχιστες μελέτες στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν διερευνήσει το θέμα της ακουστικής των ελληνορθόδοξων ναών. Οι πρώτες μελέτες στην ακουστική των σύγχρονων εκκλησιών αναφέρονται από ερευνητική ομάδα του Ε.Μ.Π. Η παρούσα εργασία αρχικά ανακεφαλαιώνει το ερευνητικό έργο που έχει παραχθεί και στη συνέχεια διεξάγει πείραμα υποκειμενικής αντίληψης της ακουστικής σε πέντε ναούς κατασκευασμένους τον 20ο αιώνα και ενός συγκεκριμένου αρχιτεκτονικού ρυθμού, αυτού του σταυροειδούς εγγεγραμμένου σε τρούλο, για τους οποίους υπάρχουν φυσικές μετρήσεις ακουστικών μεγεθών από προγενέστερες εργασίες ερευνητών του Ε.Μ.Π. , δεδομένα τα οποία και αξιοποιεί για την επιλογή των ναών. Αφού γίνουν τα παραπάνω θα γίνει συζήτηση αποτελεσμάτων και θα μπορέσουν να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα.

Η ανάπτυξη της επιστήμης της ακουστικής των τελευταίων χρόνων, μας ωθεί στη μελέτη και στην αναζήτηση λύσεων αποδοτικότερης ακουστικής. Συγκεκριμένα κάποιες προϋποθέσεις για τον σχεδιασμό των νέων εκκλησιών είναι :

α) Η εξυπηρέτηση του λειτουργικού τυπικού του ορθοδόξου ναού, έτσι όπως έχει σήμερα αποκρυσταλλωθεί και εφαρμόζεται από την εκκλησία.

β) Η χρησιμοποίηση των νέων υλικών κατά τρόπο συνεπή προς την υφή, τη σύσταση και τις δυνατότητές τους.

γ) Η αναζήτηση νέων μορφών, που να προκύπτουν από την ικανοποίηση της λειτουργίας και της κατασκευής και συγχρόνως να δημιουργούν ένα νέο αρχιτεκτονικό ρυθμό, ένα νέο καλλιτεχνικό ιδεώδες.

Κεφάλαιο 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στο δυτικό κόσμο έχουν γίνει κάποιες μελέτες όσον αφορά την ακουστική χώρων λατρείας και αυτή η ευαισθητοποίηση υπάρχει και για τις εκκλησίες βυζαντινού τύπου. Οι D. Lubman και E. Wetherill [1] επισημαίνουν ότι για την κατασκευή ενός χώρου λατρείας είναι σημαντική η συνδρομή ενός ακουστικολόγου ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ακουστική αυτού. Η πρώτη σημαντική παράμετρος είναι η επιλογή ενός χώρου κατασκευής όπου ο θόρυβος από εξωτερικούς παράγοντες να είναι μειωμένος και σε συνδυασμό με το σχεδιασμό ηχοπροστασίας να ελαχιστοποιείται. Επιπλέον αναφέρεται ότι και σε αυτούς τους χώρους γίνεται εκτεταμένη χρήση μεγαφώνων, αλλά μετά από μελέτη για την καταλληλότερη τοποθέτησή τους μέσα στο χώρο με σκοπό τη βελτίωση της ακουστικής. Τέλος, αναφέρουν τη σημαντικότητα της επιλογής των κατάλληλων υλικών για την κατασκευή των χώρων αυτών, αλλά και για την εσωτερική επένδυσή τους.

Ολιγάριθμοι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη της ακουστικής αυθεντικών βυζαντινών ναών[2,3,4,5]. Μόλις στην τελευταία πενταετία, η ακουστική ελληνορθόδοξων ναών της νεωτέρας περιόδου, έχει αποτελέσει αντικείμενο επιστημονικής έρευνας. Η εργασία της ομάδας του ΕΜΠ συγκαταλέγεται μεταξύ των προσπαθειών σε αυτή την κατεύθυνση [6,7,8,10].

Δύο κατηγορίες ναών της νεώτερης Αθήνας μελετώνται από την ομάδα του ΕΜΠ, ήτοι, ναοί του 19ου και α΄ ημίσεως του 20ου αιώνα, όπως είναι η Χρυσοσπηλαιώτισσα, ο Άγ. Γεώργιος Καρύτση, ο Άγ. Βασίλειος στην οδό Μπουμπουλίνας στο κέντρο της πόλης κλπ. Οι ναοί της δεύτερης ομάδας ανήκουν στο β΄ ήμισυ του 20ου αιώνα, όπως είναι η Αγ. Σοφία Ν. Ψυχικού κλπ. και έχουν κατά κανόνα ενιαίους (συνεχείς) και σχετικά μεγάλους όγκους. Οι δώδεκα εκκλησίες που επελέγησαν από τις δύο ομάδες, είναι αντίγραφα ναών τύπου είτε σταυροειδούς μετά τρούλου είτε βασιλικής μετά τρούλου. Οι ακουστικές μετρήσεις έγιναν χωρίς εκκλησίασμα, σε αντιπροσωπευτικές θέσεις για τον κάθε ναό. Αποτιμήθηκαν ευρείας χρήσης ακουστικές παράμετροι σε όλο το φάσμα, ήτοι ο χρόνος αντήχησης, ο χρόνος απόσβεσης των πρώτων ανακλάσεων (Early Decay Time), το κλάσμα των πρώτων

ανακλάσεων (50ms Early Energy Fraction), ο λόγος των πρώτων προς τις καθυστερημένες ανακλάσεις (80ms Early-to-Late Sound) και ο θόρυβος βάθους.

Σύγκριση μεταξύ των ναών των διαφόρων περιόδων αναδεικνύει τα εξής. Ως ήτο αναμενόμενο οι χρόνοι αντήχησης των ναών αυξάνουν γραμμικά με τον όγκο των, αλλά με διαφορετική γραμμική τάσης. Έτσι παρόλο που η ομάδα ναών του 19^{ου} και του α΄ ημίσεως του 20^{ου} αιώνα έχει όγκους συγκρίσιμους με τους ναούς του β΄ ημίσεως του 20^{ου} αιώνα, εν τούτοις οι χρόνοι αντήχησης της πρώτης (αρχαιότερης) ομάδας ναών είναι σχετικά χαμηλότεροι, και οριακά κοντά στις επιθυμητές τιμές. Αυτό, όπως γράφει η Καρποντίνη [7], μπορεί να αποδοθεί στην διαφορετική διάταξη του όγκου των δύο ομάδων ναών· η συγγραφέας εξηγεί δανειζόμενη τα λόγια του Τζεκάκη [2] από προγενέστερη εργασία του «...η υποδιαίρεση του όγκου σε μια σειρά μικρότερων συνδυασμένων όγκων (στις πιο κλασικές εκκλησίες) καταλήγει σε σχετικά χαμηλούς χρόνους αντήχησης χωρίς τη βοήθεια ηχοαπορροφητικών υλικών...». Όσον αφορά στις υπόλοιπες φυσικές παραμέτρους ήτοι στο κλάσμα των πρώτων ανακλάσεων και στο λόγο των πρώτων προς τις καθυστερημένες ανακλάσεις, οι τιμές ιδιαίτερα για τις εκκλησίες του β΄ ημίσεως του 20ού αιώνα είναι εκτός επιθυμητών ορίων· ήτοι επικρατούν σχετικά λίγες πρώτες ανακλάσεις και/ή σχετικά αυξημένες καθυστερημένες ανακλάσεις. Αυτό, ερμηνεύει η Καρποντίνη [7], αποδίδεται στην έλλειψη ανακλαστικών επιφανειών εγγύς προς το εκκλησίασμα. Το φαινόμενο αυτό, είναι ακόμη πιο έντονο, στον γυναικωνίτη των νεοτέρων ναών, λόγω της σχετικής απομόνωσης του όγκου των.

Όσον αφορά στην διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής ελληνορθόδοξων ναών της νεότερης περιόδου μία μελέτη που αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία [10], προέρχεται από ομάδα του Ε.Μ.Π. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει πειραματική καταγραφή της αντίληψης της ακουστικής κατά τη διάρκεια ζωντανής λειτουργίας σε σύγχρονους ναούς στην οποία συμμετείχε το εκκλησίασμα. Τα πειράματα διεξήχθησαν αφενός, με την παρουσία μεγαφώνων, δηλαδή όπως διεξάγεται σήμερα η Θεία λειτουργία στις σύγχρονες εκκλησίες, και αφετέρου χωρίς μεγάφωνα. Τα αποτελέσματα από τις δύο κατηγορίες πειραμάτων ανέδειξαν τρεις ανεξάρτητους παράγοντες της ακουστικής αντίληψης· συγκεκριμένα, την ΔΥΝΑΜΗ (ισχυρός, γεμάτος, πλούσιος), την ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ (αρμονικός-παράφωτος, ευκρινής, καθαρός) και την ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ (ήρεμος, ζεστός,

αρμονικός-άτονος). Ο παράγων ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ βρέθηκε να έχει πρωταρχική σημασία στα πειράματα χωρίς μεγάφωνα και με αυτόν τον παράγοντα βρέθηκε να σχετίζεται η συνολική ευχαρίστηση της ακρόασης της λειτουργίας. Αντίθετα στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν μεγάφωνα, κύριος παράγοντας της αντίληψης της ακρόασης αναδείχτηκε η ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ του ήχου.

Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για να αναδείξει φυσικές ακουστικές παραμέτρους υποκειμενικώς σημαντικές, και συνακόλουθες αρχές και τεχνικές σχεδιασμού για τους σύγχρονους Ελληνορθόδοξους ναούς.

Κεφάλαιο 3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Σε συνέχεια του ερευνητικού έργου για τον ακουστικό σχεδιασμό της σύγχρονης ελληνορθόδοξης αρχιτεκτονικής, αποφασίστηκε να γίνει επιλογή 5 ναών για τους οποίους αφενός υπάρχουν αρκετά δεδομένα , αφετέρου είναι χαρακτηριστικά δείγματα της επικρατούσας αρχιτεκτονικής αντίληψης .

Στη συνέχεια, για περεταίρω εμβάθυνση της επιστημονικής γνώσης γύρω από το αντικείμενο αποφασίστηκε η πραγματοποίηση πειράματος υποκειμενικής αντίληψης της ακουστικής. Η διαφοροποίηση του πειράματος από το προηγούμενο έγκειται στο ότι η διαδικασία δεν θα πραγματοποιηθεί εντός των εκκλησιών με τυχαίο εκκλησίασμα, αλλά στο εργαστήριο. Οι συμμετέχοντες θα ακούσουν ένα απόσπασμα για κάθε εκκλησία .

Αφού αξιοποιήθηκαν τα ακουστικά χαρακτηριστικά των εκκλησιών , προέκυψαν αποσπάσματα μέσω της τεχνικής της ηχητικής εξομοίωσης (auralization) για κάθε μία. Τα χαρακτηριστικά αποσπάσματα για κάθε εκκλησία έχουν ως βάση απόσπασμα από ανηχοϊκή εγγραφή λειτουργίας.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με την επιτόπου έρευνα:

- ο ίδιος άνθρωπος μπορεί να αξιολογήσει σχεδόν ταυτόχρονα την ακουστική όλων των εκκλησιών, χωρίς δηλαδή να μεσολαβεί χρόνος ανάμεσα στις αξιολογήσεις.
- όλες οι αξιολογήσεις γίνονται στο ίδιο περιβάλλον , μέσα στο ίδιο χρονικό διάστημα με σταθερούς αμετάβλητους εξωγενείς παράγοντες (διακυμάνσεις φωτισμού, ώρας , οπτικές αποσπάσεις κλπ), ελαχιστοποιώντας έτσι την επιρροή τους και επομένως την αλλοίωση του αποτελέσματος (διακυμάνσεις φωτισμού, ώρας , οπτικές αποσπάσεις κλπ)

- ο χώρος στον οποίο θα γίνει το πείραμα θα είναι κατάλληλα διαμορφωμένος για τις ανάγκες του πειράματος

Η μέθοδος της ηχητικής εξομοίωσης , ελαχιστοποιεί το τυχαίο σφάλμα για όλους τους παραπάνω λόγους, και για αυτό την επιλέξαμε.

3.2 ΘΕΩΡΙΑ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η θεωρία της σημασιολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory) που αναπτύχθηκε από τον C. Osgood (Osgood et al 1957) αποτελεί μια σημαντική θεωρία της επιστήμης της Ψυχολογίας με κεντρικό στοιχείο τον ισχυρισμό ότι η αντίληψη του ανθρώπου οργανώνεται πάνω σε ένα πεπερασμένο αριθμό ανεξάρτητων διαστάσεων (παραγόντων). Οι διαστάσεις αυτές μπορούν να καθορισθούν στην πράξη με την υποκειμενική αντίληψη σε ένα σύνολο διαφορετικών κρίσεων. Αυτό μπορεί να γίνει με την υποκειμενική κρίση πάνω σε έναν αριθμό κλιμάκων υποκειμενικής αξιολόγησης και στη συνέχεια με χρήση της κατάλληλης μαθηματικής μεθόδου όπως η παραγοντική ανάλυση.

Η τεχνική της σημασιολογικής διαφορικής ανάλυσης χρησιμοποιεί σαν εργαλείο μέτρησης την κλίμακα σημασιολογικής διαβάθμισης (semantic rating scale) έτσι ώστε να μετρηθούν υποκειμενικές απαντήσεις.

Η κλίμακα σημασιολογικής διαβάθμισης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία αποτελείται από μια ευθεία γραμμή που στα άκρα της εμφανίζονται αντίθετες λέξεις που περιγράφουν την ποιότητα του ήχου. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας κλίμακας που είναι μια συνεχής γραμμή παρουσιάζεται παρακάτω.

Καθαρός —————|————— Θαμπός

Ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να σημειώσουν πάνω στην κλίμακα την αξιολόγησή τους για την ποιότητα της ακουστικής και όχι του περιεχομένου.

Η κλίμακα σημασιολογικής διαβάθμισης είναι μια διαστημική κλίμακα ίσων διαστημάτων. Το κέντρο της γραμμής της κλίμακας θεωρείται ως το ουδέτερο

σημείο. Ίσες ποσότητες αλλαγής της ποιότητας του ήχου αντιστοιχούν σε ίσα διαστήματα στην κλίμακα. Η κλίμακα σημασιολογικής διαβάθμισης θεωρείται και αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατη.

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Η ανάλυση κατά παράγοντες χρησιμοποιεί συσχετίσεις για να παράγει ένα μικρότερο αριθμό διαστάσεων. Αντί για διάσταση χρησιμοποιούμε τη λέξη παράγοντας όταν αναφερόμαστε στα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες. Το μαθηματικό μοντέλο περιγράφεται στο Παράρτημα 2. Εν συνεχεία πάρα πολύ σημαντική είναι η επιλογή του αριθμού των παραγόντων ώστε τα αποτελέσματά μας να ερμηνεύονται αφού βεβαίως έχει προηγηθεί η παραγωγή των παραγόντων αυτών και η περιστροφή τους. Η περιστροφή είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία που μας επιτρέπει να καταλήξουμε σε απλούς και ταυτόχρονα ερμηνεύσιμους παράγοντες. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί ορθογώνια περιστροφή για την παραγωγή ανεξάρτητων παραγόντων.

3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

Τέλος , μετά την εξαγωγή των παραγόντων θα γίνει έλεγχος ανάλυσης διακύμανσης για κάθε παράγοντα για να διαπιστωθεί εάν οι διαφορές μεταξύ των εκκλησιών είναι στατιστικά σημαντικές. Η Ανάλυση της Διακύμανσης χρησιμοποιείται για να εξετασθεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές δύο ή περισσότερων δειγμάτων είναι ίσες, με την προϋπόθεση ότι τα δείγματα ακολουθούν κανονική κατανομή. Το ANOVA test δείχνει σε πιο ποσοστό σημαντικότητας οι τιμές που προέκυψαν είναι πραγματικά διαφορετικές ή η διακύμανση τους είναι τυχαία.

Κεφάλαιο 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

4.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πραγματοποιήθηκε πείραμα υποκειμενικής αντίληψης της ακουστικής για τους εξής 5 ναούς :

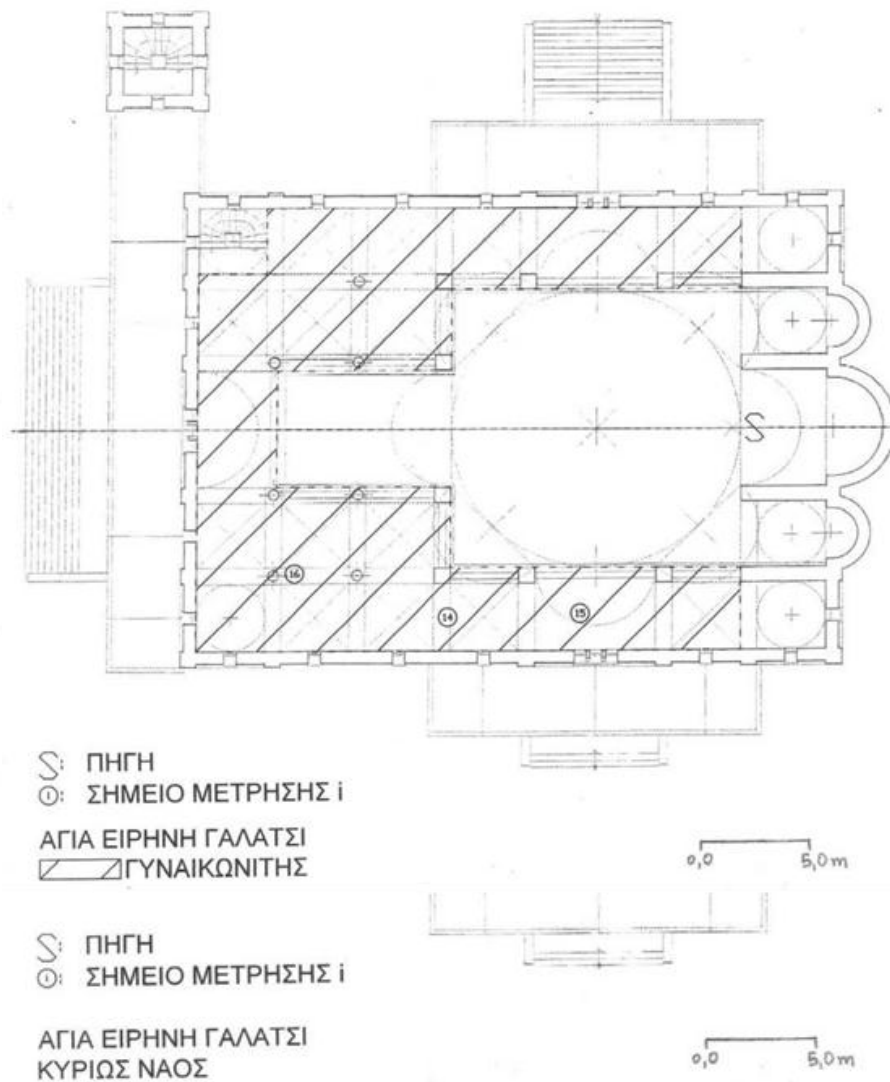
- Α. Αγία Ειρήνη Γαλασίου
- Β. Αγία Τριάδα Χολαργού
- C. Αγία Σοφία Νέου Ψυχικού
- D. Αγία Τριάδα Αμπελοκήπων
- E. Άγιος Θεράποντας

Συνοπτικά κάποια στοιχεία για τον κάθε ναό, καθώς και οι κατόψεις με τα σημεία μέτρησης αντίστοιχα:

A. Αγία Ειρήνη Γαλασίου



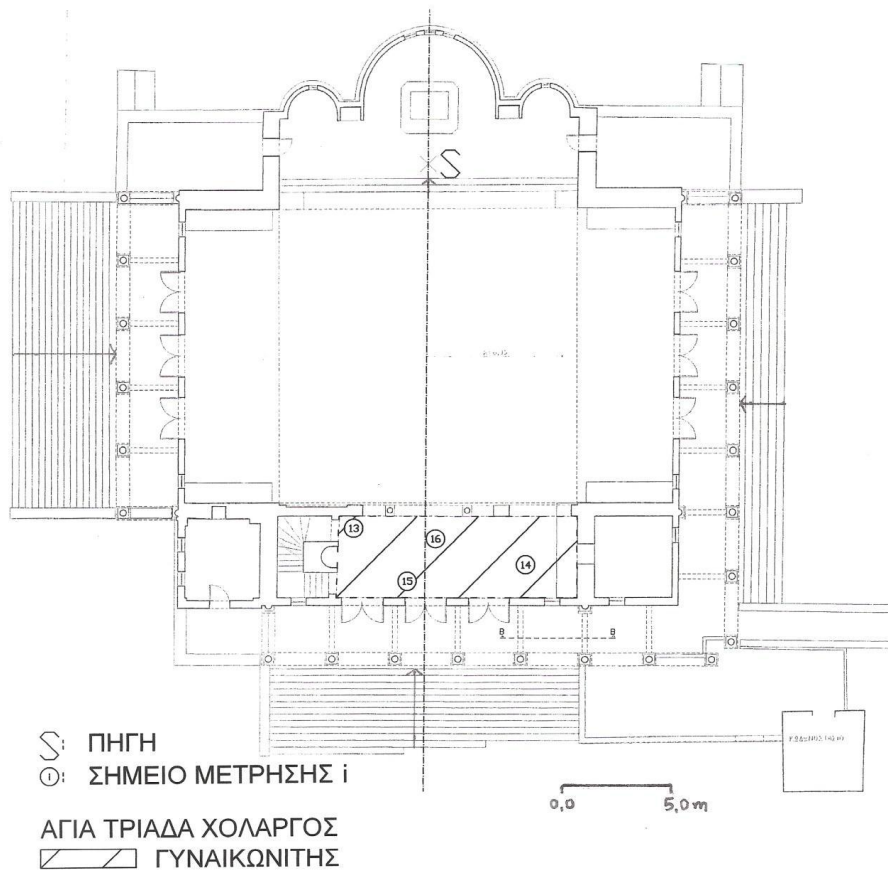
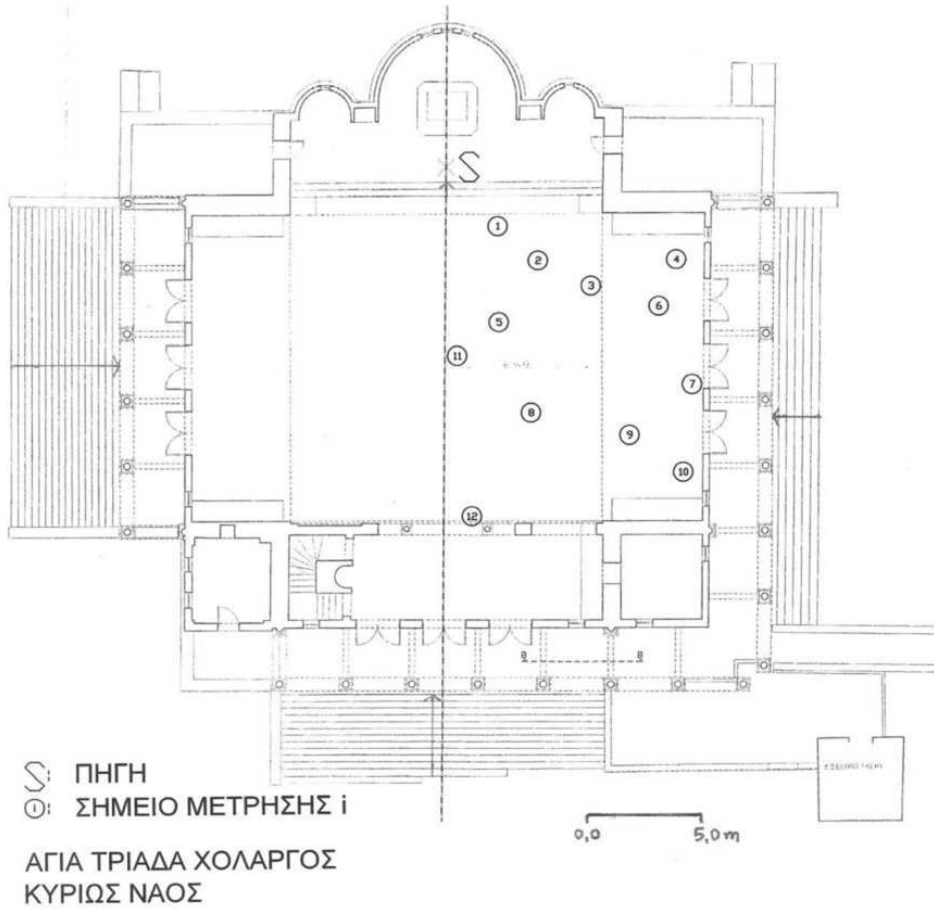
Βρίσκεται επί των οδών Πανουργία και Αλκυόνης στο Γαλάτσι Αττικής. Ο κύριος ναός κατασκευάστηκε το 1982, η σημερινή του επιφάνεια είναι 700 τετραγωνικά μέτρα και ο όγκος του υπολογίστηκε σε 7445 κυβικά μέτρα.



Β. Αγία Τριάδα Χολαργού



Βρίσκεται επί της οδού Αθανασίου Διάκου, κοντά στο Άλσος Χολαργού. Η κατασκευή του κύριου ναού ολοκληρώθηκε το 1981 και το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ότι δεν υπάρχει καμία κολώνα στο εσωτερικό του. Η επιφάνειά του είναι 530 τετραγωνικών μέτρων και ο όγκος του ανέρχεται στα 4645 κυβικά μέτρα.



Κ. Αγία Σοφία Νέου Ψυχικού



Η θεμελίωση του τωρινού ναού της Αγίας Σοφίας Νέου Ψυχικού έγινε στις 22-10-1961 και η ολοκλήρωσή του έγινε το 1968. Βρίσκεται στην πλατεία της Αγίας Σοφίας και ο όγκος του υπολογίστηκε σε 5345 κυβικά μέτρα.

D. Αγία Τριάδα Αμπελοκήπων

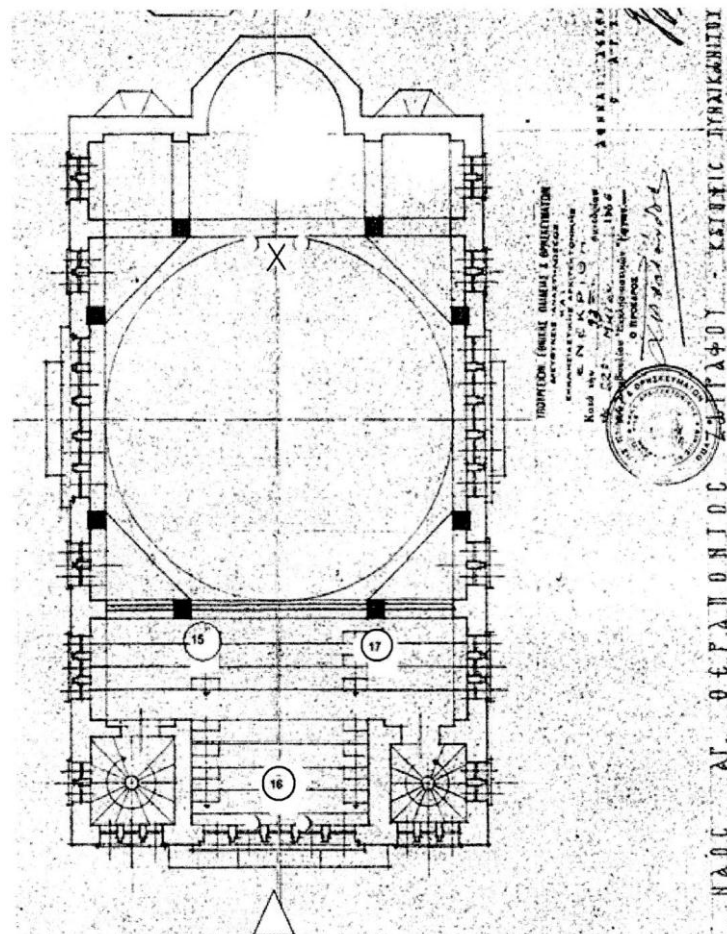
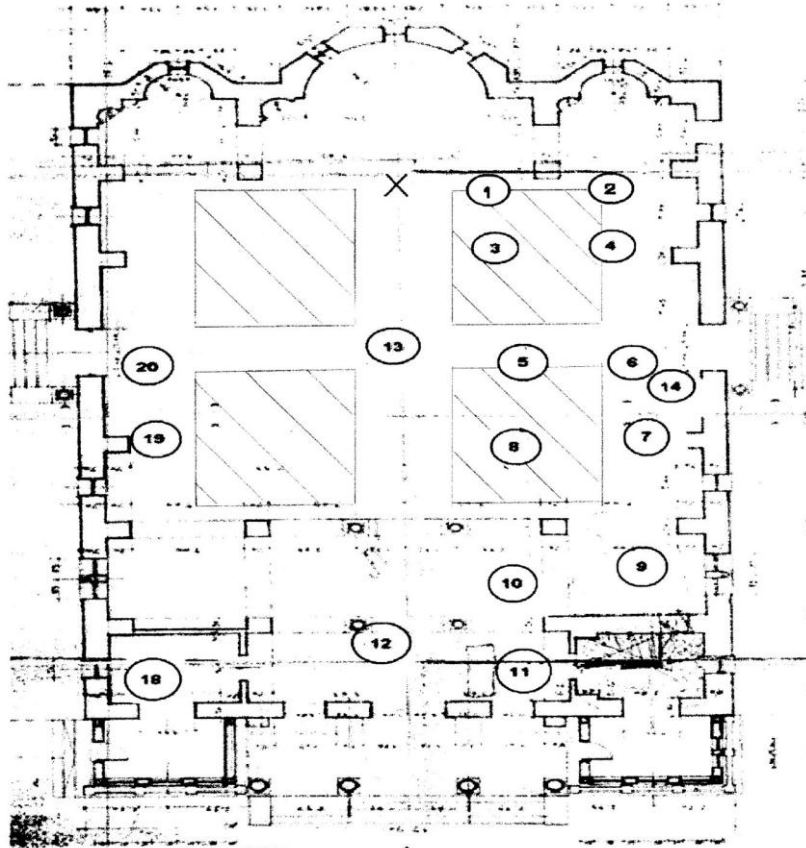


Ο παλαιότερος και μικρότερος σε όγκο ναός που επιλέχθηκε για το πείραμα είναι η Αγία Τριάδα, που βρίσκεται επί της λεωφόρου Κηφισίας στο ύψος των Αμπελοκήπων. Εκεί τελούνται Ιερά Μυστήρια από το 1930 και ο όγκος του ναού δεν ξεπερνά τα 3965 κυβικά μέτρα.

Ε. Άγιος Θεράποντας Ζωγράφου



Η θεμελίωση του αρχικού μικρού ναού του Αγίου Θεράποντα έγινε το 1922, όμως με τις ανάγκες της περιοχής να αλλάζουν γι' αυτό και το 1952 έχουμε την ανέγερση του καινούριου ναού, ο οποίος λειτουργεί κανονικά, αλλά τα εγκαίνιά του γίνονται πολύ αργότερα και συγκεκριμένα το 1964. Ο όγκος του ναού υπολογίζεται στα 6150 κυβικά μέτρα.



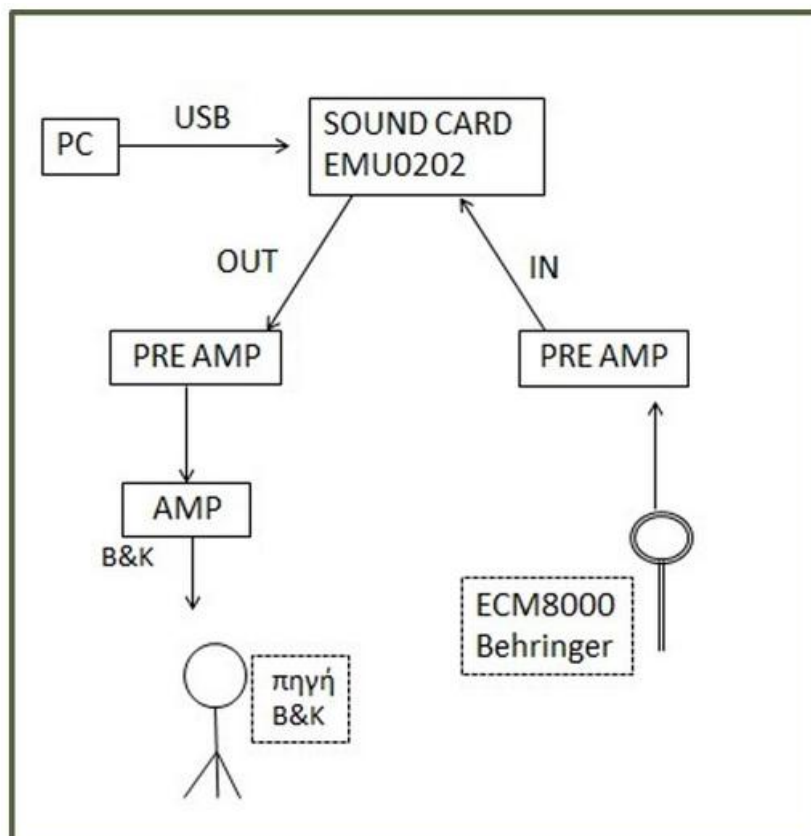
4.2 ΜΕΘΟΔΟΣ-ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα χρησιμοποιεί τη μέθοδο της σημασιολογικής διαφορικής ανάλυσης για την επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από ερωτηματολόγια με κλίμακες σημασιολογικής διαβάθμισης για την αξιολόγηση της αντίληψης. Σε αντίθεση με το προηγούμενο πείραμα υποκειμενικής αξιολόγησης που έχει πραγματοποιηθεί, οι συμμετέχοντες άκουσαν και ταυτόχρονα αξιολόγησαν ηχητικό απόσπασμα το οποίο προέκυψε μέσω της τεχνικής της ηχητικής εξομοίωσης (auralization) αξιοποιώντας τα υπάρχοντα δεδομένα που διατίθενται από τις προηγούμενες εργασίες.

4.3 ΗΧΗΤΙΚΗ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ (AURALIZATION)

Κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων στις εκκλησίες καταγράφηκε η απόκριση σε κρουστική διέγερση του χώρου (impulse response) στις διάφορες θέσεις. Αυτό έγινε με τη χρήση του λογισμικού Dirac της εταιρείας B&K

Η διάταξη μέτρησης είναι η εξής:



Χρησιμοποιήθηκε δείγμα βυζαντινής μουσικής που ηχογραφήθηκε σε ανηχοϊκό θάλαμο. Στη συνέχεια μέσω του Plug-in “pristine space” της Voxengo και χρησιμοποιώντας ως host εφαρμογή το “Nuendo 4” της Steinberg διαμορφώθηκε το αρχικό ανηχοϊκό δείγμα προσαρμόζοντας σε αυτό τις πληροφορίες του impulse response για την κάθε προς μελέτη θέση. Στη συνέχεια έγινε export σε αρχείο [.wav 44100Hz 16bit]

4.4 ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Το ερωτηματολόγιο για λόγους σύγκρισης αποτελεσμάτων και συμβατότητας της εργασίας με τις προηγούμενες, είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στο προηγούμενο πείραμα, περιέχει δε μια λίστα λέξεων ικανών να περιγράψουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ακουστικής. Οι λέξεις αυτές εντοπίστηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία όπου χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν την ποιότητα του ήχου σε αντίστοιχους χώρους. Χρησιμοποιήθηκαν κάποια μεταφραστικά λεξικά λόγω της προέλευσης των λέξεων αυτών από την Αγγλική γλώσσα. Η λίστα αυτή περιλαμβάνει 19 ζεύγη αντίθετων λέξεων.

Ο τρόπος που προέκυψαν οι 19 αυτές αντίθετες λέξεις ήταν αντικείμενο προηγούμενης εργασίας και είναι ο εξής:

Δόθηκε με τη μορφή ερωτηματολογίου σε 30 πολίτες διαφορετικών ηλικιών μια πρώτη λίστα λέξεων στους οποίους και ζητήθηκε να επιλέξουν ποιες από αυτές θα χρησιμοποιούσαν για την περιγραφή της ακουστικής του χώρου καθώς επίσης να συμπληρώσουν τα αντώνυμα και να προσθέσουν κάποια λέξη που θεωρούσαν ότι λείπει. Εν συνεχεία συλλέχθηκαν όλες οι απαντήσεις και σύμφωνα με το δείκτη σχετικότητας (R.I.), δηλαδή τον αριθμό των ίδιων αντωνύμων ως προς το συνολικό αριθμό των απαντήσεων, δημιουργήθηκαν δεκαεννιά ζεύγη λέξεων. Αυτά τα ζεύγη αποτέλεσαν το ερωτηματολόγιο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή της υποκειμενικής αντίληψης της ακουστικής των εκκλησιών. Ένα κατάλληλα επεξεργασμένο ηχητικό απόσπασμα αντιστοιχεί σε κάθε μία εκκλησία

4.5 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΠΙΝΑΚΑ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Για να γίνει η ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων μετά την περιστροφή του θα πρέπει να εξεταστεί η φόρτιση που έχει κάθε κλίμακα σε κάθε παράγοντα. Το όνομα που δίνουμε στον κάθε παράγοντα είναι μια απλοποιημένη έννοια και αποφασίζεται με βάση τις κλίμακες που έχουν την υψηλότερη φόρτιση στον παράγοντα αυτόν.

4.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα έλαβε χώρα σε χώρο 20 m² κατάλληλα διαμορφωμένο αποκλειστικά για τις ανάγκες του πειράματος στην οικία μου, στον οποίο δεν υπήρχαν ηχητικές αλλά και οπτικές αποσπάσεις. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν κλειστού τύπου studio ακουστικά (AKG- K271) και μία κάρτα ήχου (Focusrite Saffire pro 14). Οι συμμετέχοντες άκουγαν το ηχητικό απόσπασμα και ταυτόχρονα σημείωναν τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια που τους είχαν δοθεί. Ο συνολικός αριθμός των συμμετεχόντων είναι 50 άτομα καθένα από τα οποία αξιολόγησε την ακουστική και των πέντε εκκλησιών. Αξίζει να αναφερθεί πως η μεγάλη πλειοψηφία των συμμετεχόντων στο πείραμα ανήκαν στην ηλικιακή κατηγορία 20-30. Επίσης τα δεδομένα βρίσκονται στην διάθεση των επόμενων ερευνητών για περαιτέρω επεξεργασία.

Κεφάλαιο 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά την ταυτόχρονη ανάλυση για όλες τις εκκλησίες φαίνονται συνοπτικά τα εξής αποτελέσματα (*αναλυτικά όλα τα αποτελέσματα στο παράρτημα 6 , ** η διαδικασία περιγράφεται στα παραρτήματα 2 και 3) :

Rotated Component Matrix			
	Component		
	1	2	3
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,790	-,075	,076
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,775	-,120	,058
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,733	,037	,133
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,701	-,244	-,096
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,697	-,166	-,109
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,619	,222	,051
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,564	,074	-,112
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,550	,440	,071
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,544	,058	,216
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,398	,393	,032
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	,027	,787	-,103
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,189	-,681	-,103
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,341	,621	-,188
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,316	-,596	-,014
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,495	-,553	,192
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	-,012	-,062	,727
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,362	,026	,634
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,508	-,077	-,587
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,096	,474	-,554

Το αποτέλεσμα του ελέγχου της ανάλυσης διακύμανσης (one way ANOVA)

είναι :

			ANOVA				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups		82,313	49	1,680	2,016	,000
	Within Groups		166,687	200	,833		
	Total		249,000	249			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups		90,503	49	1,847	2,331	,000
	Within Groups		158,497	200	,792		
	Total		249,000	249			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups		109,373	49	2,232	3,197	,000
	Within Groups		139,627	200	,698		
	Total		249,000	249			

Το οποίο δείχνει ότι οι διαφορές μεταξύ των εκκλησιών είναι στατιστικά σημαντικές. Αξίζει να σημειωθεί ότι το επίπεδο σημαντικότητας είναι άριστο.

Με την αφαίρεση των κλιμάκων που είχαν φόρτιση κοντά στα όρια του τυπικού σφάλματος αλλά και των κλιμάκων που εμφανίζονται με παρόμοια φόρτιση σε 2 ή περισσότερους παράγοντες (floating) προκύπτει ο παρακάτω πίνακας στον οποίο φαίνονται και τα ποσοστά της διακύμανσης που εξηγεί ο κάθε παράγοντας αλλά και η συνολική διακύμανση που εξηγείται από τους 3 παράγοντες.

Παράγων		
1.ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,790
	ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,775
	ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,733
	ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,701
	ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,697
	ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,619
	ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,564
	ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,550
	ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,544
	% of variance	26,80
2.ΧΩΡΙΚΟΤΗΤΑ	ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	,787
	ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,681
	ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	,621
	ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	-,596
	ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	-,553
% of variance	15,15	
3.ΕΝΤΑΣΗ-ΖΩΗΡΟΤΗΤΑ	ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	,727
	ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,634
	ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	-,587
	ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,554
% of variance	9,43	
Cumulative % of variance	51,38	

- Τυπικό σφάλμα για τον πρώτο παράγοντα : $S.e.l_1 = 0.163$
- Τυπικό σφάλμα για τον δευτερο παράγοντα : $S.e.l_2 = 0.167$
- Τυπικό σφάλμα για τον τρίτο παράγοντα : $S.e.l_3 = 0.172$

Κεφάλαιο 6. ΕΡΜΗΝΕΙΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Καταρχήν το συνολικό ποσοστό της διακύμανσης που εξηγείται από τους τρεις παράγοντες είναι ικανοποιητικό , περισσότερα από τα μισά δεδομένα (51,4%) εξηγούνται από τους παράγοντες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα ζευγάρια λέξεων που χρησιμοποιήθηκαν για τις κλίμακες αξιολόγησης αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων κλιμάκων. Επίσης δείχνουν ότι υπάρχουν παραπάνω από ένας τέτοιοι παράγοντες, κάτι που επιβεβαιώνει τη θεωρία της σημασιολογικής διαφορικής ανάλυσης και μας δείχνει ότι το απλό εκκλησίασμα δεν ανταποκρίνεται μόνο σε μια εμπειρία.

Ο πρώτος παράγων που εξήχθη κατέχοντας το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης (26,8 %) είναι παράγων καθαρότητας, ισορροπίας και αρμονικότητας και καθορίζει την ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ . Η ταυτότητα του παράγοντα καθορίστηκε από τις κλίμακες «προτιμητέος - μη προτιμητέος» , «ευχάριστος – δυσάρεστος», «ευκρινής - ασαφής» αλλά και «αρμονικός – παράφωνος» , «ισορροπημένος – χωρίς ισορροπία». Δηλαδή ένα άκουσμα που αξιολογείται «αρμονικό» , «ευκρινές», «ισορροπημένο» και «καθαρό» θα είναι ταυτόχρονα και «προτιμητέο», «ευχάριστο», «ξεχωριστό» αλλά επίσης θα είναι «ζεστό» και «εγγύς»

Ο παράγοντας ΧΩΡΙΚΟΤΗΤΑ είναι ο δεύτερος παράγοντας που εξάγουμε (15,15%) με τις κλίμακες «ρηχός – βαθύς» , «μακρύς – σύντομος» , «άδειος – γεμάτος» , «ευρύς – περιορισμένος» να τον καθορίζουν. Εδώ φαίνεται ότι ένας «βαθύς» , «μακρύς» και «ευρύς» ήχος αξιολογείται ως «γεμάτος» και «πλούσιος» .

Ο τρίτος παράγων που προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων , είναι ο παράγων ΕΝΤΑΣΗ- ΖΩΗΡΟΤΗΤΑ του ήχου (9,43%), ο οποίος καθορίζεται από τις κλίμακες «έντονος – ήρεμος» , «ζωηρός – υποτονικός», «απαλός – σκληρός» και «αδύναμος – ισχυρός». Παρατηρούμε πως ένας ήχος που χαρακτηρίζεται «ήρεμος» , «υποτονικός» και «αδύναμος» χαρακτηρίζεται ταυτόχρονα και «απαλός»

Η κλίμακα «άτονος – μελωδικός» εμφανίστηκε με την ίδια φόρτιση και στους δύο πρώτους παράγοντες. Για αυτό τον λόγο αλλά και λόγω της σχετικά χαμηλής φόρτισής της αποκλείστηκε από τους παράγοντες.

Επίσης η κλίμακα «πλούσιος – φτωχός» εμφανίζεται και στους 2 πρώτους παράγοντες με ελαφρώς υψηλότερη φόρτιση στον παράγοντα ΧΩΡΙΚΟΤΗΤΑ.

Για κάθε παράγοντα εφαρμόστηκε το τεστ της ανάλυσης διακύμανσης για τους δείκτες αξιολόγησης μεταξύ των πέντε εκκλησιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά στους δείκτες αξιολόγησης μεταξύ των πέντε εκκλησιών για αρκετά υψηλότερο επίπεδο εμπιστοσύνης από το 1% που θέσαμε ως περιορισμό. Αυτό σημαίνει είτε ότι οι πέντε εκκλησίες που εξετάστηκαν πραγματικά δεν διαφέρουν μεταξύ τους, είτε ότι η διακύμανση των απαντήσεων μέσα σε κάθε εκκλησία υπήρξε μεγαλύτερη από τη διακύμανση των μέσων δεικτών αξιολόγησης μεταξύ των πέντε εκκλησιών.

Τέλος υπάρχει ένδειξη ότι οι ναοί διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ακουστική τους. Η αναζήτηση φυσικών ακουστικών παραμέτρων στις οποίες μπορεί να οφείλεται η ως άνω διαφοροποίηση των εκκλησιών μπορεί να μας οδηγήσει στη διατύπωση αρχών σχεδιασμού για τους ναούς.

Κεφάλαιο 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αντίληψη της ακουστικής δεν είναι ένα μονοδιάστατο μέγεθος αλλά μια έννοια που οργανώνεται γύρω από ένα μικρό αριθμό ανεξάρτητων παραγόντων.
- Τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας επιβεβαιώνουν τη θεωρία της σημασιολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory). Βρέθηκε δηλαδή ότι η αντίληψη της ακουστικής ναών της νεωτέρας Ελλάδος οργανώνεται πάνω σε έναν μικρό αριθμό ανεξάρτητων παραγόντων.
- Χρησιμοποιώντας την τεχνική της εξομοίωσης (auralization) μειώνεται το τυχαίο σφάλμα και τα αποτελέσματα είναι αρκετά πιο σαφή
- Οι εκκλησίες όπως αποτιμήθηκαν από τους ίδιους ανθρώπους διαφέρουν μεταξύ τους υποκειμενικά
- Η καθαρότητα , ισορροπία και αρμονικότητα του ακούσματος συσχετίζονται με την ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ.
- Ο παράγοντας ΧΩΡΙΚΟΤΗΤΑ του ήχου είναι ο δεύτερος παράγων που εξήχθη και συσχετίζεται με την διάρκεια και το εύρος του ήχου.
- Ο παράγοντας ΕΝΤΑΣΗ-ΖΩΗΡΟΤΗΤΑ του ήχου είναι ο τρίτος παράγων που εξήχθη και συσχετίζεται με την σκληρότητα αλλά και την δύναμη του ήχου.

Κεφάλαιο 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Lubman D. and Wetherill E.A. (eds) 'Acoustics of worship spaces'. in *106th Meeting of Acoust. Soc. Am*, San Diego, CA, USA, 7-11 Nov. Am. Inst. Physics publ., N. York (1983) .
- [2] Tzekakis E. 'Data of the Acoustics of Byzantine Churches of Thessaloniki'. *Acustica*, Vol. 43, pp. 275 (1979).
- [3] Tzekakis E. 'Reverberation time of Rotunda of Thessaloniki'. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 57, No. 5, pp. 1207 (1975).
- [4] Καραμπατζάκης Π. «Ακουστικές μετρήσεις σε έντεκα βυζαντινούς ναούς της Θεσσαλονίκης», in *Πρακτικά 4^ο Συνέδριου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2008*, Ξάνθη (2009).
- [5] Καραμπατζάκης Π. «Σύγκριση των ακουστικών παραμέτρων των Μνημείων Αχειροποιήτου και του Παναγίας Χαλκέων με την χρήση μετρήσεων και μαθηματικών μοντέλων», in *Πρακτικά 4^ο Συνέδριου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2010*, Αθήνα (2010) .
- [6] Δασκαλόπουλος Π. & Κυριακόπουλος Π. «Η Ακουστική Ελληνορθόδοξης ναοδομίας» επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Αν. Καθ. Α. Σωτηροπούλου Σχ. Πολ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π. (2010).
- [7] Καρποντίνη Μ. «Ακουστικός σχεδιασμός στην ελληνορθόδοξη ναοδομία» επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Αν. Καθ. Α. Σωτηροπούλου Σχ. Πολ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π.(2011).
- [8] Ρουβάς Σ. & Βελτσίστας Ι. «Ακουστικές Μετρήσεις σε σύγχρονους ελληνορθόδοξους ναούς», επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Καθ. Γ. Πουλάκος Σχ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π. (2011) .
- [9] Cremer L. & Müller H. *Principles and Applications of Room Acoustics volume 1*, London and New York (1982).
- [10] Αχαμνός Π. «Η αντίληψη της ακουστικής σε ελληνορθόδοξους ναούς της νεωτέρας Ελλάδος», επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Αν. Καθ. Α. Σωτηροπούλου Σχ. Πολ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π. (2013).
- [11] SRL *Practical building acoustics*. Sound research laboratories limited, London (1976).
- [12] Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design* E & FN SPON , London (1993).

[13]Σωτηροπούλου Α., Εμβάθυνση στο σχεδιασμό χώρων ακρόασης (1996).

[14]Beranek, L. L. (1996), Concert and Opera Hall, How they sound. AIP Press, London.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Π1 : ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	33
Π2 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ (Factor analysis).....	64
Π3 : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ SPSS.....	71
Π4 : ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	88
Π5 : ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	92
Π6 : LITERATURE REVIEW.....	114

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. βασική θεωρία του ήχου

1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

1.1.1 Γένεση του ήχου και ηχητικές παράμετροι

Με τον όρο **ήχος** καλείται η μορφή ενέργειας που διαδίδεται σε ένα ελαστικό μέσο (αέρα, νερό, στερεό) με συγκεκριμένη ταχύτητα και διεγείρει το ακουστικό νεύρο προκαλώντας το αίσθημα της ακοής. Ο ήχος δεν είναι τίποτα άλλο, παρά το αποτέλεσμα της γρήγορης δόνησης ενός σωματιδίου, η οποία προκαλεί ένα ακουστικό κύμα στο ελαστικό μέσο στο οποίο πραγματοποιείται αυτή η δόνηση.

Το φάσμα συχνοτήτων στο οποίο μπορεί να κυμαίνεται ένας ήχος είναι πολύ μεγάλο. Για παράδειγμα η συχνότητα μιας ανθρώπινης φωνής ποικίλει μεταξύ 70 Hz και 2.000 Hz, ο ήχος ενός πιάνου μεταξύ 30 Hz και 3.500 Hz ενώ ο ήχος μιας νυχτερίδας κυμαίνεται σε επίπεδα άνω των 20.000 Hz. Ένας άνθρωπος χωρίς πρόβλημα ακοής ανταποκρίνεται σε ήχους μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz. Συχνότητες πάνω από 10.000 Hz θεωρούνται αμελητέας σημασίας.

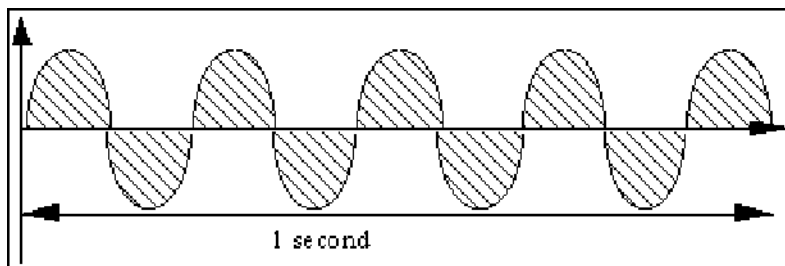
Η **ταχύτητα ήχου (c)** είναι η ηχητική παράμετρος που μας δείχνει την ταχύτητα με την οποία διαδίδονται τα ηχητικά κύματα μέσα σε ένα ελαστικό μέσο. Μονάδα μέτρησης της παραμέτρου είναι το μέτρο ανά δευτερόλεπτο (m/s). Η ταχύτητα του ήχου διαφέρει από στερεό σε στερεό και από υγρό σε υγρό σε σχέση με τον αέρα. Έτσι στο θαλασσινό νερό η ταχύτητα του ήχου φτάνει τα 1.500 m/s ενώ στο νερό των ποταμών τα 1.440 m/s και στο ξύλο τα 4.000 m/s σε αντίθεση με το σίδηρο που φτάνει τα 5.100 m/s. Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα του ήχου είναι και η θερμοκρασία που επικρατεί στο εκάστοτε ελαστικό μέσο. Όσον αφορά στην ακουστική χώρων, που είναι το αντικείμενό μας, λαμβάνουμε ως ταχύτητα ήχου ίση με 340 m/s που αντιστοιχεί στην ταχύτητα ήχου στον αέρα δωματίου σε 20°C και είναι ίδια σε όλες τις συχνότητες.

Ως **περίοδος ήχου (T)** ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται το ηχητικό κύμα για να πραγματοποιήσει έναν πλήρη κύκλο. Μονάδα μέτρησης της περιόδου του ήχου είναι το

δευτερόλεπτο (s).

Η **συχνότητα του ήχου (f)** ορίζει τον αριθμό των ταλαντώσεων που παράγονται στη διάρκεια ενός δευτερολέπτου. Μονάδα μέτρησης της συχνότητας του ήχου είναι το Hertz (Hz). Η συχνότητα και η περίοδος του ήχου είναι μεγέθη αντίστροφα, έτσι ισχύει :

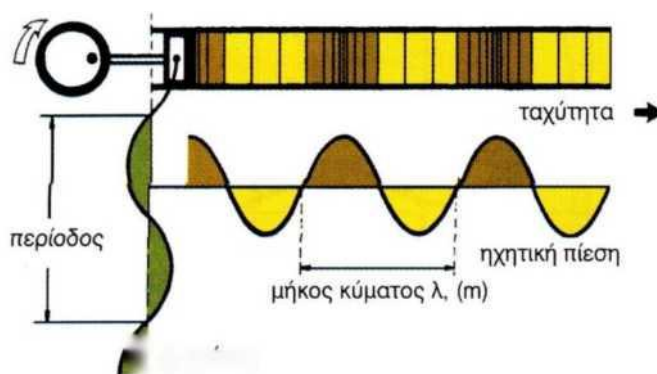
$$f = \frac{1}{T}$$



Σχήμα 2.1 Σχηματική παράσταση της συχνότητας του ήχου

Ως **μήκος κύματος του ήχου (λ)** ορίζεται η απόσταση που χρειάζεται να διανύσει ένα ηχητικό κύμα ώστε να συμπληρώσει έναν πλήρη κύκλο. Μονάδα μέτρησης του μήκους κύματος του ήχου είναι το μέτρο (m).

Οι παράμετροι του ήχου (ταχύτητα, περίοδος, συχνότητα και μήκος κύματος) συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση $c = \lambda * f$ ή $c = \lambda/T$

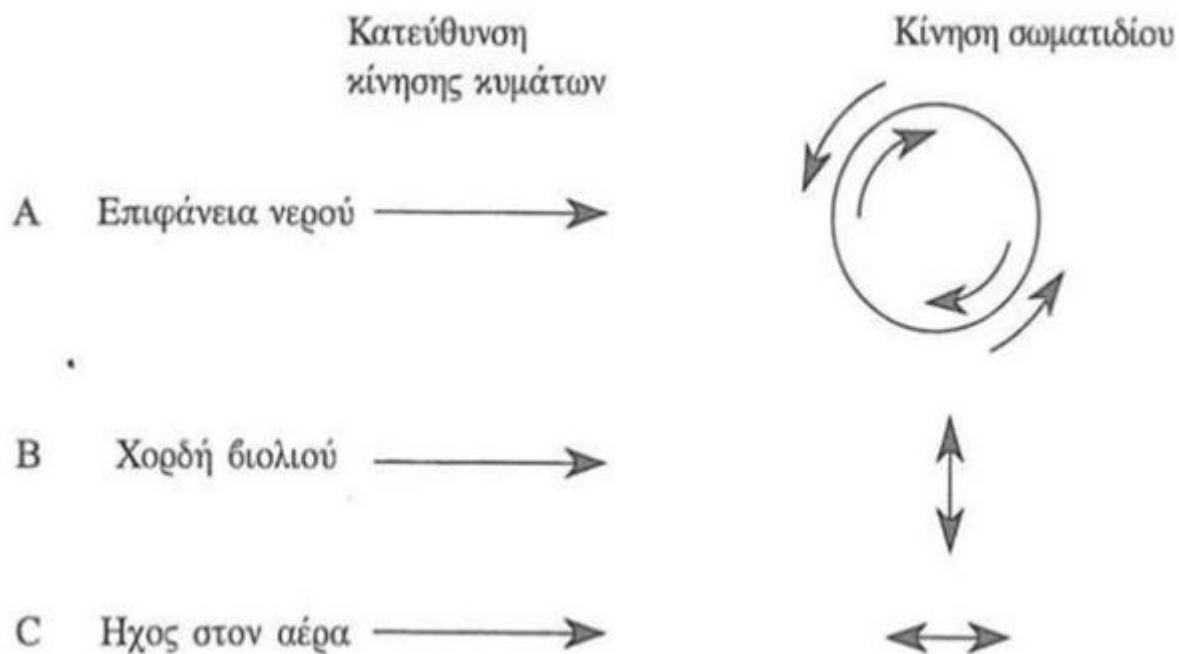


Σχήμα 2.2 Σχηματική παράσταση των φυσικών ιδιοτήτων του ήχου

1.1.2 Ηχητικά κύματα

Αν ένα σωματίδιο αέρα απομακρυνθεί από την αρχική του θέση, οι ελαστικές δυνάμεις του αέρα τείνουν να το αποκαταστήσουν στην αρχική του θέση. Εξαιτίας της αδράνειάς του, το σωματίδιο προσπερνά τη θέση ηρεμίας, ενεργοποιώντας ελαστικές δυνάμεις προς την αντίθετη κατεύθυνση, και ούτω καθεξής. Ο ήχος διαδίδεται εύκολα σε αέρια, υγρά και στερεά όπως ο αέρας, το νερό, το ατσάλι, το μπετόν και λοιπά, που όλα τους είναι ελαστικά μέσα.

Χωρίς μέσο διάδοσης, ο ήχος δεν μπορεί να διαδοθεί. Η διάδοση του ήχου στα αέρια γίνεται μόνο με διαμήκη κύματα, ενώ στα υγρά με διαμήκη και επιφανειακά. Στα στερεά η διάδοση του ήχου γίνεται με όλους τους τύπους των κυμάτων. Το ημιτονοειδές κύμα, με το οποίο διαδίδεται ο ήχος, είναι μια βασική κυματομορφή που έχει στενή σχέση με την απλή αρμονική κίνηση.



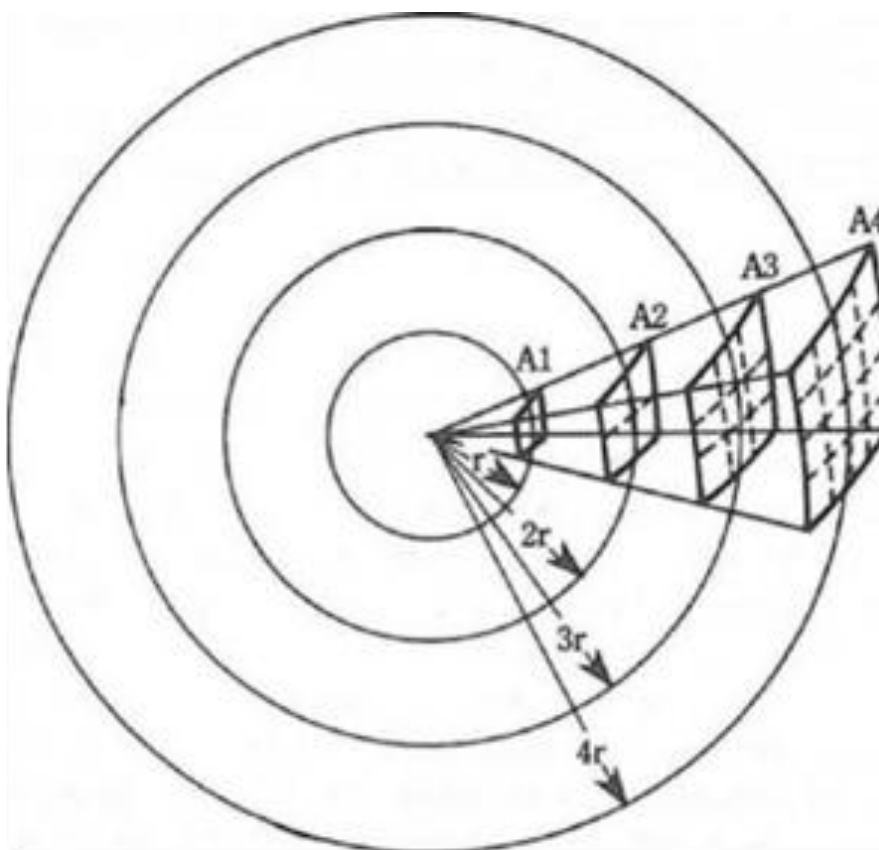
Σχήμα 2.3 Τα σωματίδια που έχουν σχέση με τη διάδοση των ηχητικών κυμάτων μπορούν να κινούνται με κυκλικές, εγκάρσιες, ή διαμήκεις κινήσεις [3].

1.1.3 Θεμελιώδεις παραδοχές

α) Η πηγή είναι το μέσο παραγωγής των ηχητικών κυμάτων. Τα φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με την παραγωγή του ήχου είναι:

- Δυνάμεις ή ροπές δυνάμεων μεταβαλλόμενες σε αντικείμενα (π.χ. θόρυβος κατά την κρούση σωμάτων).
- Δυνάμεις ή ροπές δυνάμεων μεταβαλλόμενες σε ρευστά (π.χ. ο θόρυβος της έλικας των αεροπλάνων).
- Διακύμανση ροής μιας μάζας σε ένα ελαστικό μέσο (π.χ. ο θόρυβος των jet).

Η ένταση του ήχου ελαττώνεται καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή. Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου ορίζει ότι η ένταση του ήχου σε ελεύθερο πεδίο είναι αντίστροφα ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή.



Σχ. 1-8 Στην στερεά γωνία του σχήματος, η ίδια ηχητική ενέργεια κατανέμεται σε σφαιρικές επιφάνειες αυξανόμενου εμβαδού καθώς αυξάνει το r . Η ένταση του ήχου είναι αντίστροφα ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης από την σημειακή πηγή.

Από άποψη παραγωγής ο ήχος διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Κτυπογενής: είναι ο ήχος που προέρχεται από ταλαντευόμενες επιφάνειες
- Αεροδυναμικός: είναι ο ήχος που παράγεται από τις διακυμάνσεις της πίεσης σε μη στρωτή ροή ρευστών (π.χ. θόρυβος ακροφυσίων).

β) Το μέσο διάδοσης είναι ένα ελαστικό μέσο που μπορεί να είναι στερεό, υγρό ή αέριο. Η κυματική φύση του ήχου - ο ήχος μεταδίδεται με μηχανικά κύματα - κάνει απαραίτητη την ύπαρξη του μέσου διάδοσης.

γ) Ο δέκτης είναι το αισθητήριο (ανθρώπινο αυτί, μικρόφωνο) που διεγείρεται από τις μεταβολές της πίεσης που δημιουργεί ο ήχος στο μέσο διάδοσης.

1.1.4 Στάθμη του ήχου

Ως ηχητικό πεδίο ορίζεται ο χώρος που υφίσταται ηχητικά κύματα, καθώς και η ηχητική κατάσταση που προκύπτει από τα εν λόγω κύματα.

Ως ηχητική ενέργεια (W) ορίζεται η ενέργεια που περιέχει ένα ελαστικό μέσο, λόγω της παρουσίας ηχητικού πεδίου. Μονάδα μέτρησης της ηχητικής ενέργειας είναι το Joule (J).

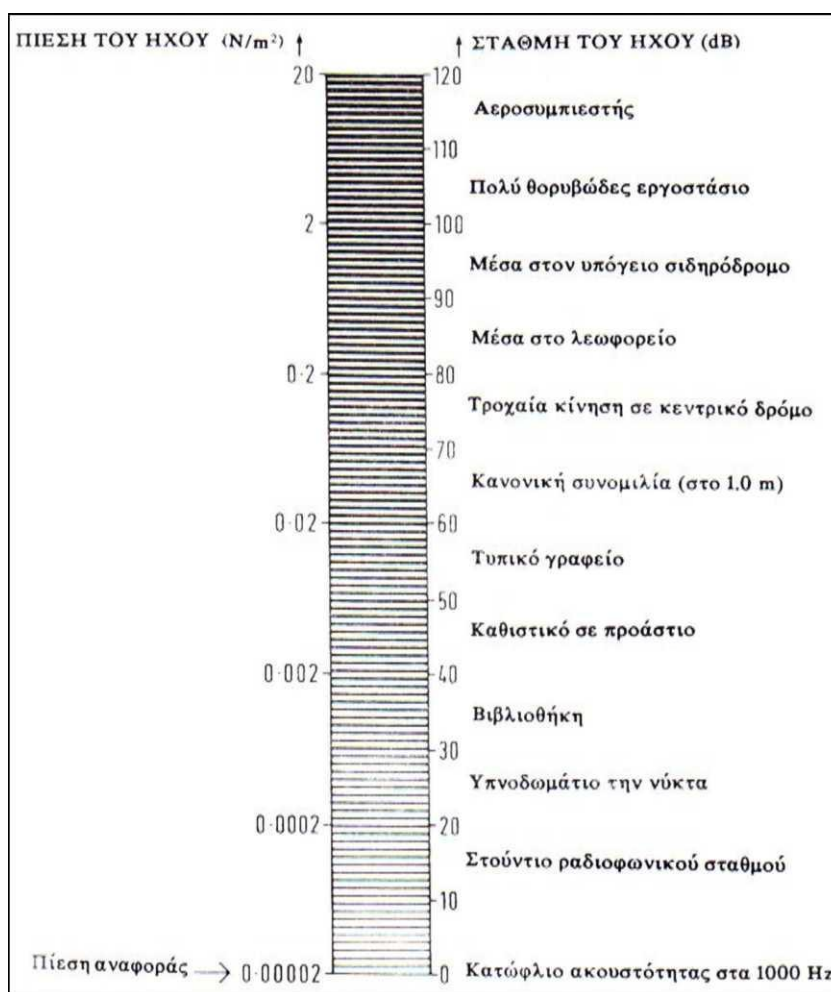
Ως ηχητική πίεση (p) σε συγκεκριμένο σημείο του ηχητικού πεδίου ορίζεται η διαφορά της στατικής πίεσης του μέσου από την ολική πίεση που υπάρχει σε αυτό το σημείο. Μονάδα μέτρησης της ηχητικής πίεσης είναι το Pascal (Pa).

Ως ηχητική στάθμη ορίζεται το μέγεθος $10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$, όπου p η ενεργός τιμή της ηχητικής πίεσης και p₀ η ηχητική πίεση αναφοράς για την οποία στον αέρα ισχύει :

$$p_0 = 20 \mu\text{Pa} \text{ ή } p_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2.$$

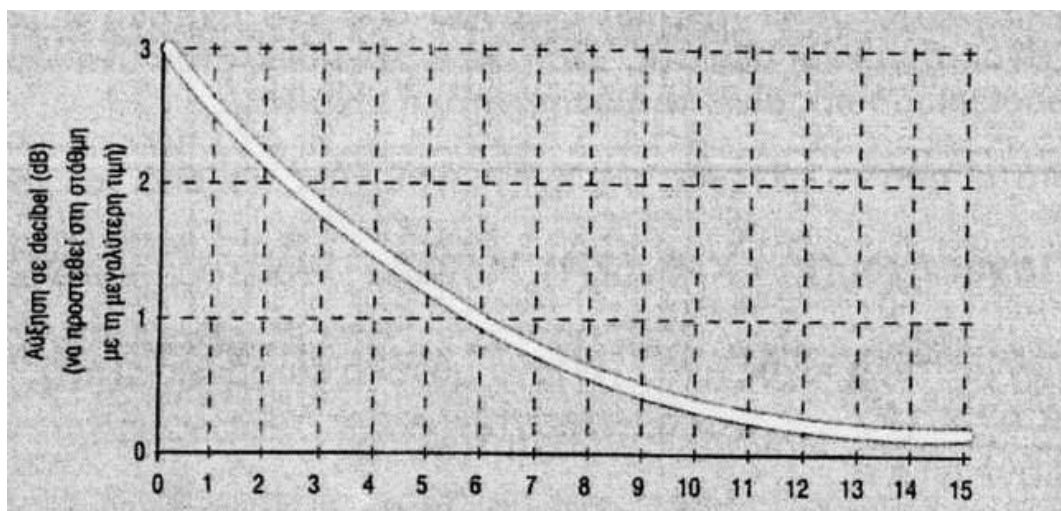
$\text{ΣΤΑΘΜΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ} = 10 \log \left(\frac{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}}{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ}} \right)^2, (\text{dB})$

Ως μονάδα μέτρησης της στάθμης ήχου χρησιμοποιείται το decibel (dB). Ο λογάριθμος χρησιμοποιείται διότι συμβαδίζει απόλυτα με τον λογαριθμικό τρόπο λειτουργίας του οργάνου της ακοής, του αυτιού. Δηλαδή ίσες μεταβολές στην αντίληψη ενός φυσικού ακουστικού μεγέθους αντιστοιχούν σε ίσες μεταβολές του λόγου του φυσικού μεγέθους. Όσον αφορά τους συνεχείς ήχους τα 3 dB είναι η μικρότερη αλλαγή της στάθμης της ηχητικής πίεσης η οποία μπορεί να γίνει αντιληπτή. Παρακάτω φαίνεται η στάθμη του ήχου σε σχέση με την πίεση του ήχου σε κάποιες χαρακτηριστικές στάθμες.



Σχήμα 2.4 Σχηματική απεικόνιση της πίεσης του ήχου με τη στάθμη του ήχου

Όσον αφορά τα dB πρέπει να αναφέρουμε ότι δεν προστίθενται αλγεβρικά. Αντίθετα χρησιμοποιούνται λογαριθμικές σχέσεις ή για μεγαλύτερη ταχύτητα χρησιμοποιούνται ειδικά γραφήματα, όπως τα παρακάτω, στα οποία για κάθε διαφορά στάθμης δύο ηχητικών πηγών που επιθυμούμε να προσθέσουμε, αντιστοιχεί ένας συγκεκριμένος αριθμός τον οποίο προσθέτουμε στη στάθμη με τη μεγαλύτερη τιμή.



Σχήμα 2.5 Γράφημα πρόσθεσης dB

Από το γράφημα παρατηρούμε ότι όταν μεταξύ δύο πηγών η διαφορά στάθμης είναι μεγαλύτερη των 15 dB, ο πιο σιγανός από αυτούς δε συνεισφέρει στην συνολική ένταση, είναι δηλαδή σαν να μην υπάρχει.

1.1.5 Οκτάβα, τριτοοκτάβα

Οι περισσότεροι ήχοι αποτελούνται από διάφορες συχνότητες (χαμηλές, μεσαίες, υψηλές). Έτσι λοιπόν, τα ακουστικά προβλήματα αντιμετωπίζονται σε συνάρτηση με τη συχνότητα των ήχων.

Ως οκτάβα ορίζεται κάθε ζώνη συχνοτήτων, που ο λόγος της αρχικής συχνότητας f_1 προς την τελική f_2 ισούται με 2, $\frac{f_2}{f_1} = 2$. Η οκτάβα είναι μονάδα μέτρησης διαστήματος συχνοτήτων και λαμβάνει την ονομασία της από την κεντρική συχνότητα του κάθε διαστήματος $f_0 = \sqrt{f_1 * f_2}$. Ο λόγος των κεντρικών συχνοτήτων

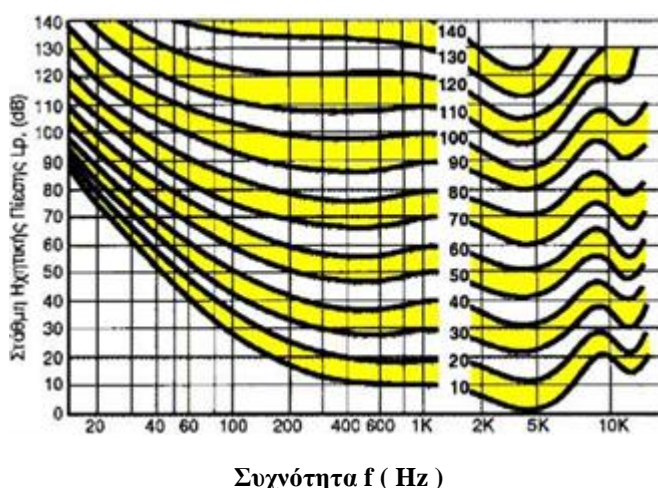
σε δύο διαδοχικές οκτάβες ισούται με δύο. Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20 , 40 , 80 , 160 , 315 , 630, 1.250 , 2.500 , 5.000, 10.000, 20.000 Hz και οι κεντρικές συχνότητες από τις οκτάβες που χρησιμοποιούνται για την ακουστική χώρου είναι οι 125, 250, 500, 1.000, 2.000 και 4.000 Hz. Ορισμένες φορές, για μεγαλύτερη ανάλυση, χρησιμοποιούμε την τριτοοκτάβα, ζώνη συχνοτήτων στην οποία ισχύει $\frac{f_1}{f_2} = \sqrt[3]{2}$.

1.2 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

1.2.1 Ακουστότητα

Με τον όρο ακουστότητα, θεωρείται η υποκειμενική αντίληψη της στάθμης ενός ήχου και μετράται σε phons. Δύο ήχοι της αυτής στάθμης είναι πιθανόν να μην έχουν την ίδια ακουστότητα, αν ανήκουν σε διαφορετικές συχνότητες.

Οι ισοφωνικές καμπύλες καθαρών τόνων αποτελούν το γεωμετρικό τόπο των ήχων, οι οποίοι αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη τιμή ακουστότητας. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα για ένα ηχητικό κύμα συχνότητας 1000 Hz η στάθμη της έντασης του dB ισούται με τα phon της ηχηρότητας του αισθήματος που προκαλεί. Επίσης οι απεικονιζόμενες καμπύλες είναι καμπύλες ισοακουστότητας καθαρών τόνων, δηλαδή ο γεωμετρικός τόπος των ήχων της ίδιας ακουστότητας κατά Fletcher και Munson, 1993.



Σχήμα 2.6 Καμπύλες ισοακουστότητας.

Σύμφωνα με το διάγραμμα των καμπύλων ισοακουστότητας μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

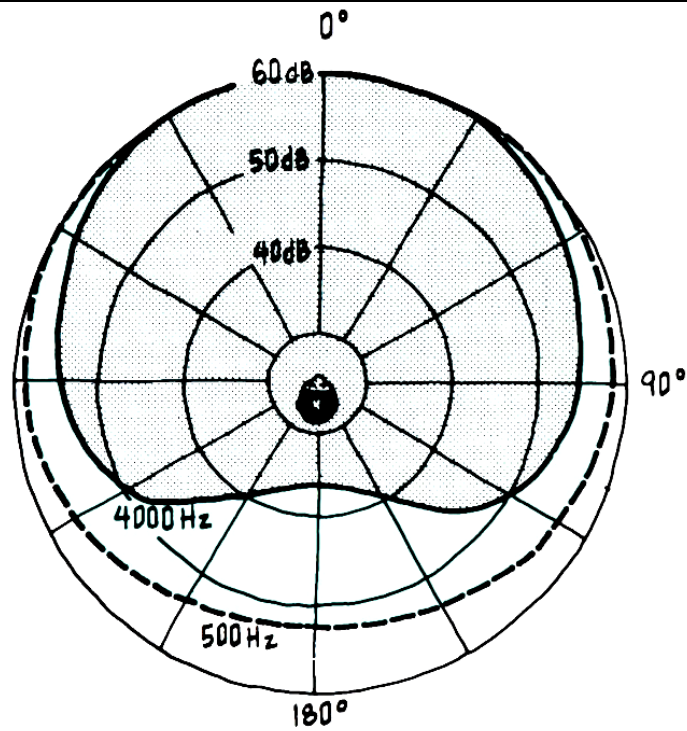
- Όσο προχωράμε σε χαμηλές συχνότητες, τόσο μειώνεται σταδιακά η ευαισθησία του οργάνου της ακοής.
- Μεταξύ των 3.000 Hz και των 4.000 Hz παρατηρείται η μέγιστη ευαισθησία του οργάνου της ακοής, ενώ πάνω από 5000 Hz η ευαισθησία μειώνεται σημαντικά. Γι' αυτό και όλες οι ακουστικές μελέτες διενεργούνται μέχρι την συχνότητα των 4.000 Hz.
- Ήχοι με την ίδια στάθμη δεν είναι απαραίτητο να ανήκουν στην ίδια καμπύλη ισοακουστότητας, αν αντιστοιχούν σε διαφορετικές συχνότητες

Ως ηχοστάθμη καλείται εκείνο το φυσικό μέγεθος που μετρά τη στάθμη του ήχου σε dB ενώ παράλληλα λαμβάνει υπόψη την ποικιλία ευαισθησίας του αυτιού σε διάφορες συχνότητες. Μονάδα μέτρησης της ηχοστάθμης είναι το dBA.

Η στάθμη ενός ήχου σε dBA είναι δυνατόν να μετρηθεί με τη χρήση ενός ηχώμετρου.

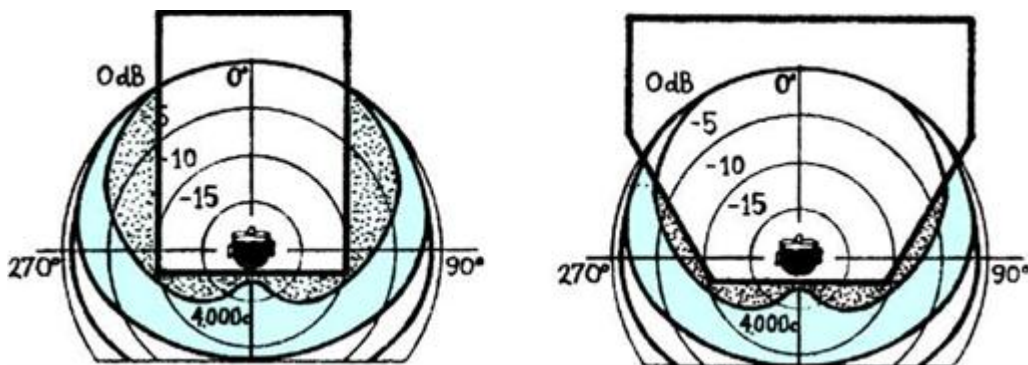
1.2.2 Κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής

Σε ένα ελεύθερο ηχητικό πεδίο, τα ηχητικά κύματα της ανθρώπινης φωνής μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Είναι λογικό όμως η ηχητική ένταση να οδηγείται σε μεγαλύτερο βαθμό προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Χρησιμοποιώντας τα πολικά έχουμε ως σκοπό να απεικονίσουμε την κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής.



Σχήμα 2.7 Πολικό διάγραμμα κατευθυντικότητας της ανθρώπινης φωνής σε οριζόντιο επίπεδο.

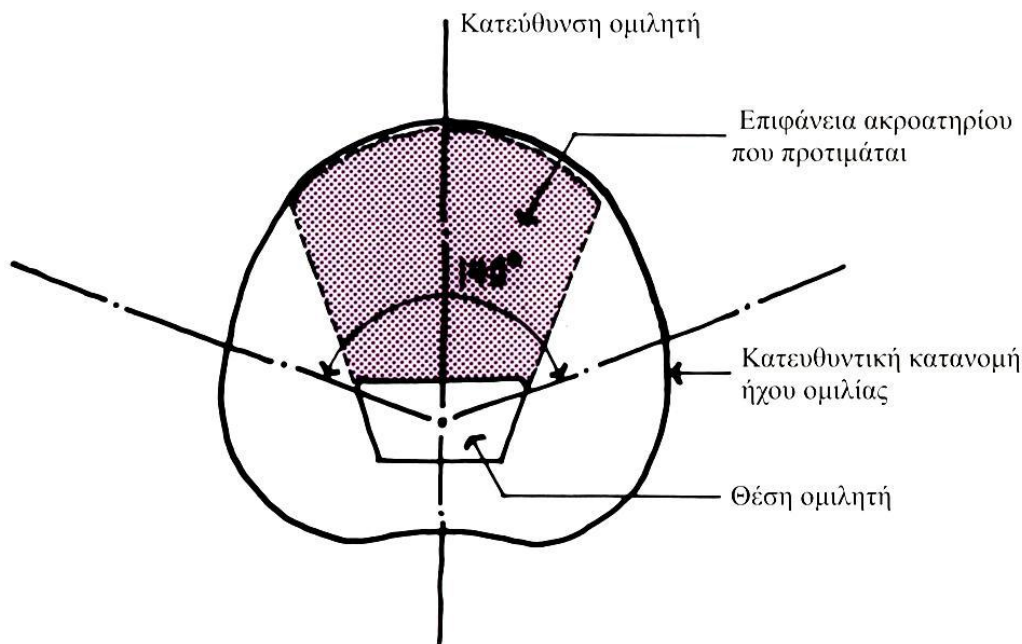
Στο συγκεκριμένο πολικό διάγραμμα η γωνία 0° είναι η κατεύθυνση προς την οποία κοιτάζει ο ομιλητής κατά τη διάρκεια της ομιλίας του, ενώ εκείνη των 180° η κατεύθυνση πίσω ακριβώς από τον ομιλητή. Πράγματι παρατηρούμε ότι τα ηχητικά κύματα μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις, όπως επίσης και ότι στις χαμηλές συχνότητες παρατηρούνται μεγάλες γωνίες εκπομπής και αντίστροφα. Επίσης σύμφωνα με το πολικό διάγραμμα στις χαμηλές συχνότητες η μείωση της ηχητικής έντασης δεξιά και αριστερά του ομιλητή είναι ελάχιστη σε αντίθεση με τις υψηλές συχνότητες όπου εκεί η μείωση είναι μεγαλύτερη.



Σχήμα 2.8 Διαφοροποίηση της κατευθυντικότητας της ανθρώπινης φωνής μεταξύ ενός ορθογώνιου και ενός τραπεζοειδούς χώρου.

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα ένας χώρος με τραπεζοειδή μορφή προσαρμόζεται καλύτερα σε αντίθεση με ένα χώρο ορθογωνικής μορφής.

Μετά από μελέτες φάνηκε ότι είναι καλύτερο για την ακουστικότητα η κατασκευή του χώρου να είναι τέτοια ώστε η όλη επιφάνεια των ακροατών να εμπεριέχεται σε γωνία μικρότερη ή ίση με 140° .



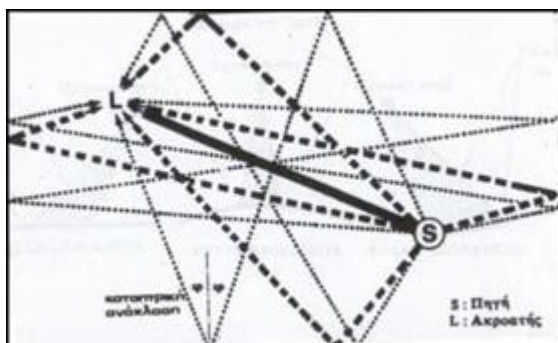
Σχήμα 2.9 Βέλτιστη τοποθέτηση της επιφάνειας των ακροατών σε χώρο ακρόασης ομιλίας με βάση την κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής.

1.3 ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η διάδοση του ήχου σε κλειστούς χώρους δημιουργεί ακουστικά φαινόμενα, όπως η ανάκλαση του ήχου, η διάχυση, η περίθλαση και η ηχοαπορρόφηση. Τις ιδιότητες αυτών των ακουστικών φαινομένων προσπαθούμε να τις εκμεταλλευτούμε και να τις αξιοποιήσουμε κατά τον ακουστικό σχεδιασμό.

1.3.1 Ανάκλαση

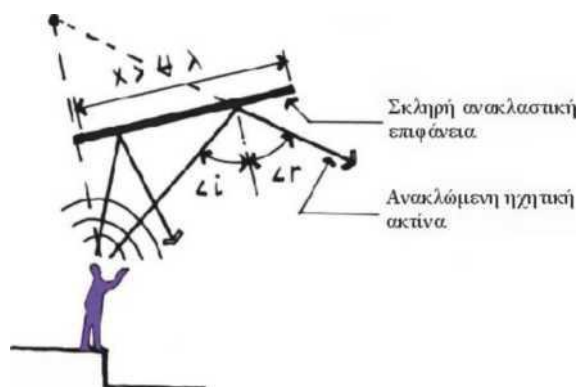
Ως ανάκλαση ορίζεται η αλλαγή στην πορεία του ήχου κατά την πρόσπτωσή του στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων. Το αποτέλεσμα του φαινομένου της ανάκλασης εκφράζεται με την ηχώ και με την αντήχηση.



Σχήμα 2.10 Παράσταση ανακλάσεων [6].

Εάν η διάσταση ρ της ανακλαστικής επιφάνειας είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο ή το τετραπλάσιο του μήκους κύματος λ του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος, τότε η γωνία πρόσπτωσης i ισούται με τη γωνία ανάκλασης r . Στο σχήμα που ακολουθεί, η πηγή και το είδωλο απέχουν ίση απόσταση από την ανακλαστική επιφάνεια, ενώ το είδωλο βρίσκεται στην προέκταση της ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας.

Είδωλο



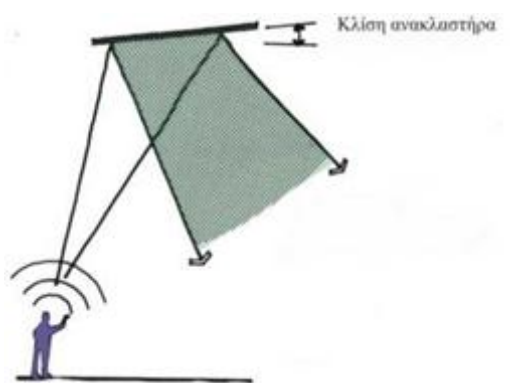
Σχήμα 2.11 Ανάκλαση [5].

Οι ανακλαστές είναι επιφάνειες με την ιδιότητα να ανακλούν τον ήχο που προσπίπτει πάνω τους. Η χρήση των ανακλαστήρων κατά το σχεδιασμό χώρων ακρόασης ομιλίας έχει σαν αποτέλεσμα την αξιοποίηση του φαινομένου της ανάκλασης.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανακλαστήρων μερικοί από τους οποίους έχουν ευεργετικά αποτελέσματα ανάλογα με τη μορφή τους:

1. Επίπεδοι

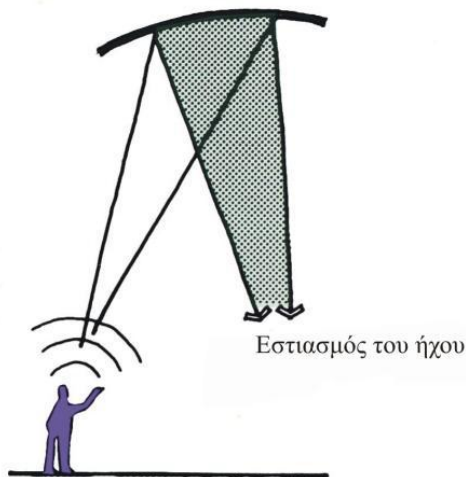
Είναι κυρίως επίπεδες σκληρές επιφάνειες οι οποίες αν είναι αρκετά μεγάλες και έχουν τοποθετηθεί με κλίση, μπορούν να διανείμουν αποτελεσματικά τον ανακλώμενο ήχο.



Σχήμα 2.12 Επίπεδος ανακλαστήρας με κλίση για την προώθηση της ηχητικής ενέργειας προς το πίσω μέρος του ακροατηρίου [5].

2. Κοίλοι

Οι κοίλοι ανακλαστές προκαλούν εστίαση του ήχου σε ορισμένα μόνο σημεία μέσα σε μια αίθουσα ακρόασης, κάτι που είναι όμως ανεπιθύμητο και καλό είναι να αποφεύγονται.



Σχήμα 2.13 Κοίλος ανακλαστήρας [5].

3. Κυρτοί

Ο κυρτός ανακλαστήρας, αν έχει μεγάλο μέγεθος, είναι το πιο αποτελεσματικό είδος ανακλαστήρα, αφού διαχέει τον ανακλώμενο ήχο σε μεγάλο εύρος.

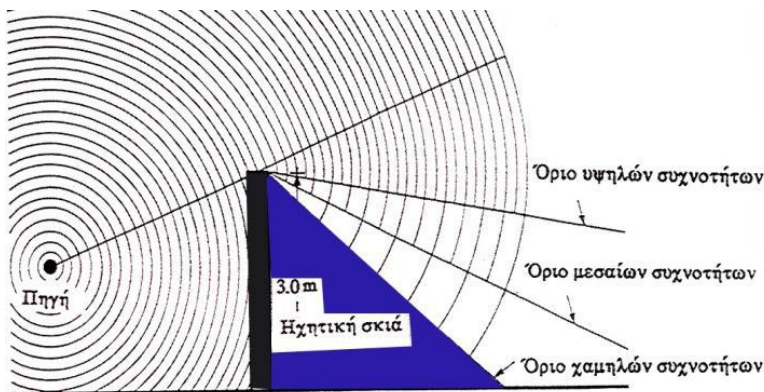


Σχήμα 2.14 Κυρτός ανακλαστήρας [5].

Πέρα από τη μορφή του κάθε ανακλαστήρα, μεγάλη σημασία έχει και το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος (ξύλο, ειδικά μεταλλικά φύλλα, διαφανή υλικά).

1.3.2 Περίθλαση

Ως περίθλαση ορίζεται η ανακοπή της διάδοσης του ηχητικού κύματος στο χώρο λόγω κάποιου εμποδίου με αποτέλεσμα την δημιουργία ασαφούς ηχητικής σκιάς, δηλαδή μείωσης της στάθμης του ήχου.

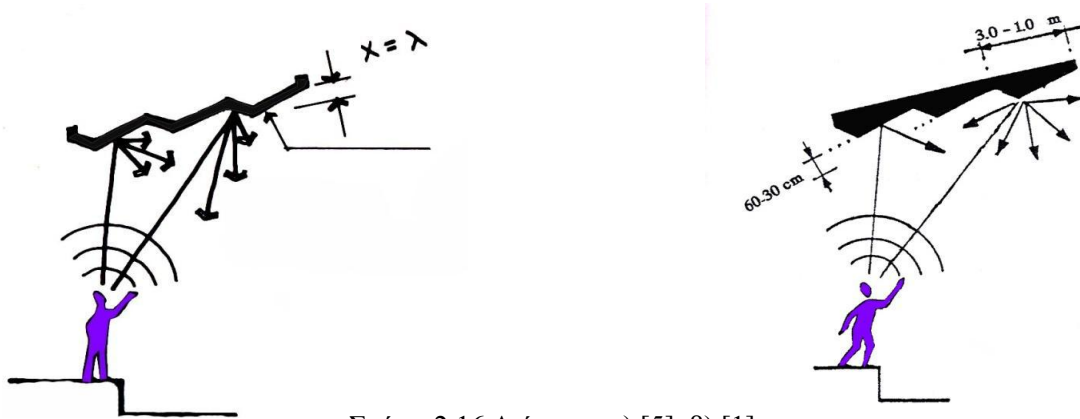


Σχήμα 2.15 Περίθλαση (Webb 1978).

Το φαινόμενο της περίθλασης εξαρτάται από το μήκος κύματος του ήχου σε σχέση με το μέγεθος του εμποδίου. Αν το μήκος κύματος του ήχου είναι μικρό σε σχέση με το μέγεθος του εμποδίου, τότε ο ήχος δε θα λυγίσει. Για συχνότητες από 125 Hz και πάνω η περίθλαση είναι σημαντική.

1.3.3 Διάχυση

Με τον όρο διάχυση καλείται ο σκεδασμός μιας ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας σε ασθενέστερες ακτίνες τυχαίας κατανομής και υφίσταται όταν το μήκος κύματος του ήχου ισούται με το μέγεθος ρ της ανακλαστικής επιφάνειας.

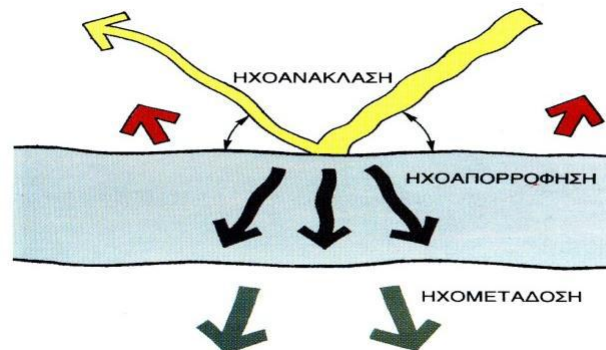


Σχήμα 2.16 Διάχυση, α) [5], β) [1].

Σε αίθουσες ακρόασης ομιλίας, ένα μικρό ποσοστό διάχυσης επαρκεί και μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και με την εναλλάξ χρήση ανακλαστικού και απορροφητικού υλικού. Αντίθετα σε μια αίθουσα συναυλιών, όπου ο ακροατής πρέπει να έχει την αίσθηση ότι ο ήχος έρχεται από παντού, επιβάλλεται να έχει πολύ υψηλό ποσοστό.

1.3.4 Ηχοαπορρόφηση και αντήχηση

Κατά τη πρόσπτωση του ήχου σε κάποιο πέτασμα ενός χώρου, ένα ποσό του ανακλάται και ένα άλλο απορροφάται. Με τον όρο ηχοαπορρόφηση καλείται η ιδιότητα των υλικών να απορροφούν την ηχητική ενέργεια. Ένα μέρος από την απορροφούμενη ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα εντός του υλικού και το υπόλοιπο μεταδίδεται ως ηχητική ενέργεια στο μέσο, που υπάρχει πίσω από το πέτασμα (ηχομετάδοση).

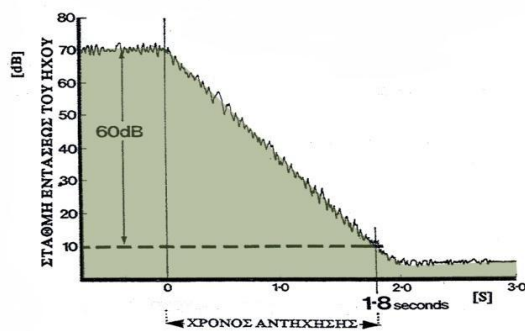


Σχήμα 2.17 Σχήμα με ηχοανάκλαση, ηχοαπορρόφηση και ηχομετάδοση (N. Τσινίκας 2005).

Η ηχοαπορρόφηση ενός υλικού δεν είναι ίδια για κάθε συχνότητα. Η ολική ηχοαπορρόφηση ενός χώρου εξαρτάται από τη θέση και την ποσότητα των ηχοαπορροφητικών υλικών.

Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης ενός υλικού σε συγκεκριμένη συχνότητα και συγκεκριμένες συνθήκες είναι το ποσοστό εκ του προσπίπτοντος επί του υλικού ήχου, που δεν ανακλάται και συνδέεται άμεσα με τη γωνία πρόσπτωσης. Η τιμή του συντελεστή ηχοαπορρόφησης κυμαίνεται από το 0 έως το 1, με την τιμή 0 να την έχουν οι πλήρως ανακλαστικές επιφάνειες και τη τιμή 1 οι πλήρως ηχοαπορροφητικές επιφάνειες.

Κατά τον υπολογισμό της ηχοαπορρόφησης, ο χρόνος αντήχησης αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Με τον όρο αντήχηση καλείται το σύνολο των ανακλάσεων των επιφανειών ενός χώρου, που φτάνουν στο δέκτη με καθυστέρηση μικρότερη από 1/25 sec, με τη προϋπόθεση αυτές οι ανακλάσεις να μην προκαλούν ηχώ. Ως χρόνος αντήχησης (RT) καλείται ο χρόνος που χρειάζεται ο ήχος για να χάσει 60 dB από την αρχική του ένταση, από τη στιγμή της διακοπής παραγωγής του μέσα σε ένα χώρο. Εξαρτάται από τον όγκο του χώρου και την ηχοαπορρόφηση.



Σχήμα 2.18 Διάγραμμα εντάσεως του ήχου [1].

Γνωρίζοντας το βέλτιστο χρόνο αντήχησης του χώρου που σχεδιάζουμε, μπορούμε με τη χρήση του τύπου του Sabine, να προσδιορίσουμε με μια πρώτη προσέγγιση, το εμβαδόν των ηχοαπορροφητικών επιφανειών που απαιτούνται.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύει ο τύπος του χρόνου αντήχησης κατά τον Sabine, είναι η επάρκεια ηχοδιάχυσης στο χώρο.

τύπος του Sabine:
$$RT = \frac{0.16V}{\sum_1^n F_i a_i + Vx}$$

R.T. [s] είναι ο χρόνος αντήχησης

V [m³] είναι ο όγκος του χώρου

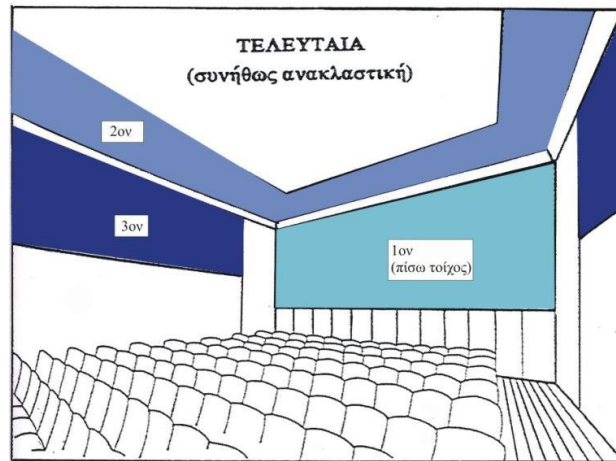
F [m²] είναι η επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου a [Sab] είναι ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης του νιοστού υλικού του χώρου

x [m² Sab / m³] είναι η ηχοαπορρόφηση του αέρα ανά μονάδα όγκου

n είναι το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών του χώρου

Μία ακόμη παράμετρος, που παίζει ρόλο για τον υπολογισμό της ηχοαπορρόφησης, είναι ο χρόνος απόσβεσης των πρώτων ανακλάσεων (EDT) που εκφράζει το χρόνο που χρειάζεται ο ήχος για να χάσει 10 dB από την αρχική του ένταση.

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η θέση, στην οποία τοποθετούνται τα ηχοαπορροφητικά υλικά. Σκοπός μας είναι αυτά τα υλικά να συμβάλουν στην καλύτερη ακουστική του χώρου και όχι να μας δημιουργούν πρόβλημα. Συνήθως, προτιμάμε να τα τοποθετούμε στα τμήματα του χώρου με σειρά προτεραιότητας όπως αυτή που απεικονίζεται στο σχήμα 2.19.



Σχήμα 2.19 Τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο [1].

Ηχοαπορροφητικά υλικά ονομάζονται τα υλικά με σχετικά μεγάλη ικανότητα ηχοαπορρόφησης και ορισμένα από αυτά είναι ο αέρας, που υπάρχει σε κάθε χώρο, οι επενδύσεις των επιφανειών του, τα άτομα, τα καθίσματα, οι κουρτίνες, τα χαλιά και οι οπές εξαερισμού που περιλαμβάνει.

Πιο σύγχρονα υλικά είναι λόγω χάρη οι ηχοαπορροφητικές ταπετσαρίες ή τα ηχοαπορροφητικά επιχρίσματα και βαφές. Μια ηχοαπορροφητική ταπετσαρία μειώνει την αντήχηση του ήχου, βελτιώνοντας αισθητά την δυνατότητα επικοινωνίας σε αίθουσες συναντήσεων, συνεδρίων κλπ. Τα ακουστικά επιχρίσματα είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις που κατασκευές ξηράς δόμησης δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν για τεχνικούς λόγους σχετικούς με την δομή του κτιρίου. Τα αισθητικά τελειώματά τους ποικίλουν από λεπτόκκοκα έως αδρά, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου.

Υπάρχουν επίσης τρισδιάστατα ηχοαπορροφητικά υλικά όπως σφαίρα, διπλός κώνος ή κύβος, γνωστά με το όνομα «λειτουργικά ηχοαπορροφητικά» (functional absorber). Αυτά τα ηχοαπορροφητικά κρέμονται ελεύθερα μέσα στο χώρο, σε κάποια απόσταση από τα όριά του και καθώς τα ηχητικά κύματα περιθλώνται γύρω τους επιτυγχάνουν μια πολύ καλή απορρόφηση. Η εφαρμογή των στερεών ηχοαπορροφητικών χώρου εξασφαλίζει μία πρωτότυπη και σίγουρη λύση μείωσης της στάθμης θορύβου και των αντηχήσεων ενός δωματίου βελτιώνοντας την ακουστική του χώρου. Τα συστήματα αυτά (όχι μόνο αναρτημένα στην οροφή, αλλά

και εφαρμοσμένα στον τοίχο ή τοποθετημένα στο δάπεδο) παρέχουν ακουστικές λύσεις υψηλής αισθητικής για κάθε τύπο εσωτερικού χώρου. Τα πανέλα, οι κύβοι και οι κώνοι αποτελούνται από μεταλλικό σκελετό και αφρώδες υλικό επενδεδυμένο με ύφασμα. Είναι ελαφριά και βιδώνονται σε οποιαδήποτε επιφάνεια. Διατίθεται σε πολλούς χρωματισμούς.

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά κατατάσσονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τις περιοχές συχνοτήτων που αποδίδουν πιο πολύ. Έτσι λοιπόν έχουμε τις εξής κατηγορίες:

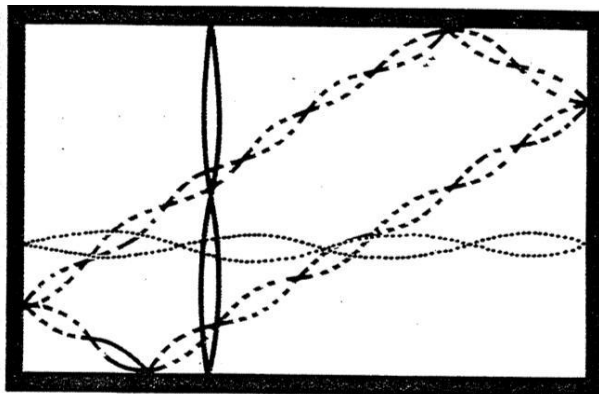
- πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά υψηλών έως μεσαίων συχνοτήτων
- συνηχητές μεμβράνης χαμηλών συχνοτήτων
- συνηχητές κοιλότητας μεσαίων συχνοτήτων.

1.4 ΗΧΗΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Η διάδοση του ήχου σε κλειστό χώρο μπορεί να παρουσιάσει αρκετά προβλήματα όπως είναι ο συντονισμός, η ηχώ, ο πλαταγιασμός και ο εστιασμός του ήχου. Κατά τον ακουστικό σχεδιασμό λαμβάνουμε μέτρα αντιμετώπισής τους ή ακόμα καλύτερα, αποφυγής τους, διότι σε κάθε άλλη περίπτωση θα έχουμε τη δημιουργία ενός ακατάλληλου ακουστικού περιβάλλοντος.

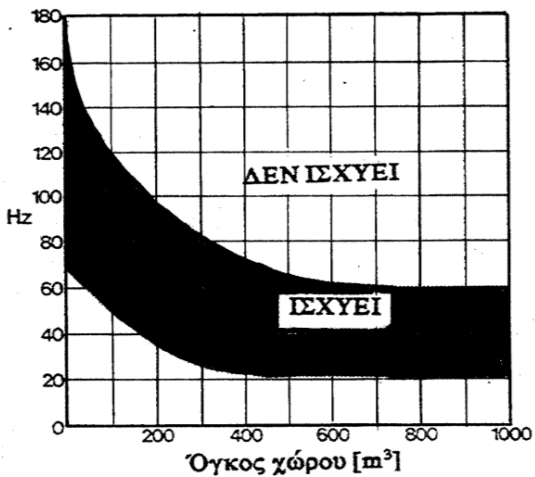
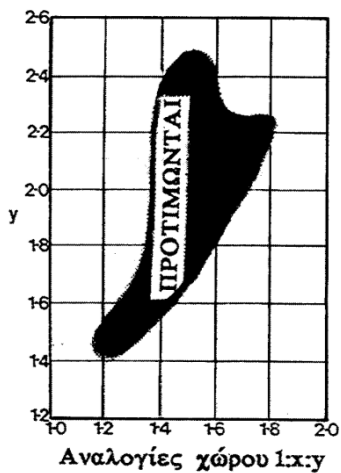
1.4.1 Συντονισμός

Κάθε χώρος που περικλείεται από τοιχώματα τα οποία ανακλούν τα ηχητικά κύματα έχει μια ιδιοσυχνότητα. Αν αυτός ο χώρος διεγερθεί από ένα ηχητικό κύμα του οποίου η ιδιοσυχνότητα είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του χώρου τότε παρουσιάζεται το φαινόμενο του συντονισμού, δηλαδή ένα στάσιμο κύμα με σημεία μέγιστου και ελάχιστου πλάτους. Ο συντονισμός δημιουργείται σε ορθογώνιους χώρους, που αποτελούνται από ανακλαστικές επιφάνειες και οι εμπλεκόμενες αποστάσεις είναι ακέραια πολλαπλάσια του μισού του μήκους κύματος του ήχου. Η παρουσία συχνοτήτων συντονισμού στο χώρο, οδηγεί στη μείωση της ακουστικής ποιότητας.



Σχήμα 2.20 Συντονισμός [1].

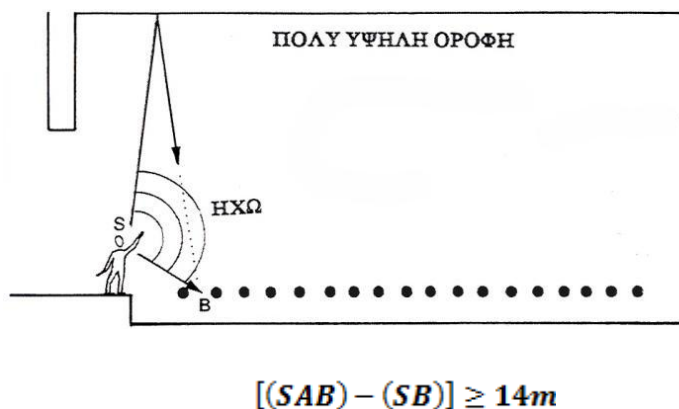
Αν ο χώρος που σχεδιάζουμε έχει διαστάσεις μεγαλύτερες από 8,5 m, ο συντονισμός δε δημιουργεί προβλήματα, καθώς η χαμηλότερη συχνότητα συντονισμού βρίσκεται κάτω από το όριο ακουστών συχνοτήτων. Όταν όμως οι διαστάσεις του χώρου είναι μικρότερες κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Ένα από τα μέτρα είναι η χρήση απορροφητικών υλικών.



Σχήμα 2.21 Διαγράμματα που αφορούν τις διαστάσεις του χώρου για την αποφυγή του συντονισμού [1].

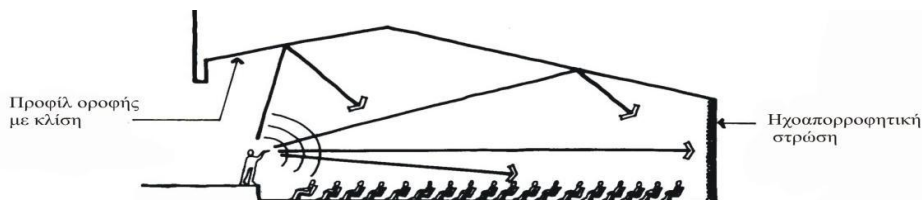
1.4.2 Ηχώ (Echo)

Ως ηχώ ορίζεται η καθυστερημένη και σχετικά έντονη ανάκλαση η οποία είναι διακριτή σε σχέση με τον απευθείας ήχο. Η ηχώ δεν αλλοιώνει τον τόνο του ήχου, απλά τον αναμεταδίδει. Το φαινόμενο αυτό δύναται να προκληθεί από την οροφή του χώρου, από τον πίσω τοίχο ή από συνδυασμό και των δύο. Πιο συγκεκριμένα, η ηχώ δημιουργείται όταν η διαφορά της διαδρομής του ήχου που ανακλάται από την διαδρομή του απευθείας ήχου είναι μεγαλύτερη από 14 m.



Σχήμα 2.22 Δημιουργία ηχούς [1].

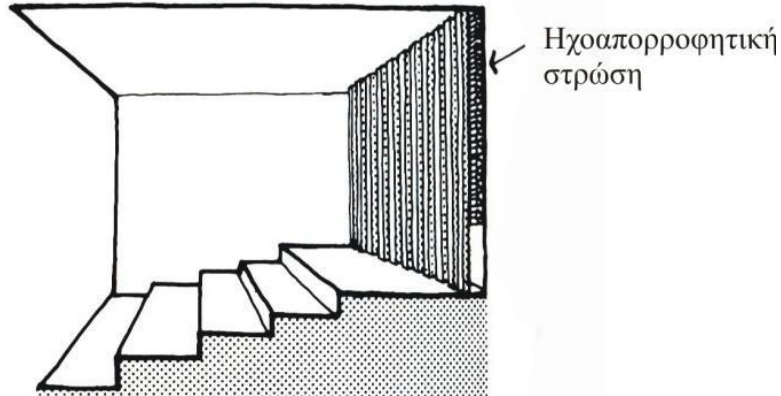
Ένας τρόπος σχεδιασμού του χώρου, για την αποφυγή της ηχούς, είναι η κατ'ασκευή της οροφής με τέτοια κλίση ώστε να ισχύει η σχέση $[(SAB)-(SB)] < 14m$ και η τοποθέτηση ηχοαπορροφητικής στρώσης στον πίσω τοίχο.



Σχήμα 2.23 Σχεδιασμός χώρου με σκοπό την αποφυγή της ηχούς [5].

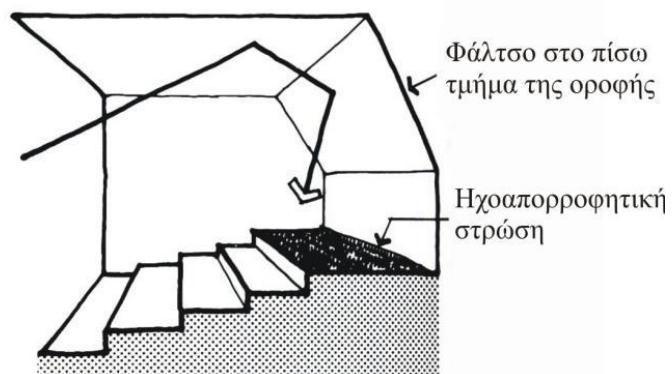
Για να αποφύγουμε τη δημιουργία ηχούς από τον πίσω τοίχο, προβαίνουμε στις εξής ενέργειες:

- Τοποθέτηση ηχοαπορροφητικής στρώσης στον πίσω τοίχο



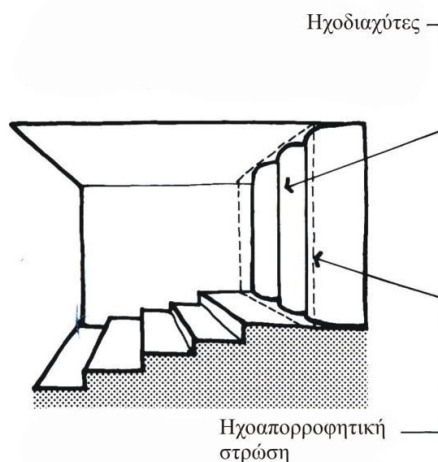
Σχήμα 2.24 Σχεδιασμός πίσω τοίχου με σκοπό την αποφυγή της ηχούς [5]

- Κατασκευή φάλτσου στο πίσω τμήμα της οροφής και τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού υλικού στο τμήμα που φαίνεται στο σχήμα:



Σχήμα 2.25 Σχεδιασμός πίσω τοίχου με σκοπό την αποφυγή της ηχούς [5].

- Τοποθέτηση στοιχείων διάχυσης του ήχου στον πίσω τοίχο



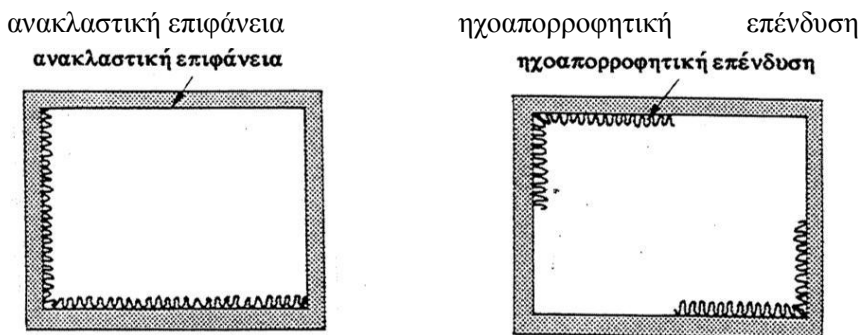
Σχήμα 2.26 Σχεδιασμός πίσω τοίχου με σκοπό την αποφυγή της ηχούς [5].

1.4.3 Πλαταγιασμός (Flutter Echo)

Το φαινόμενο της επαναλαμβανόμενης ανάκλασης με σχετικά υψηλή ένταση ορίζεται ως πλαταγιασμός. Επαναλαμβανόμενη ανάκλαση μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ παράλληλων ανακλαστικών επιφανειών με την προϋπόθεση ότι οι άλλες επιφάνειες του χώρου είναι ηχοαπορροφητικές. Ο πλαταγιασμός συνήθως συνοδεύεται από κάποια αλλοίωση του ήχου, καθώς ορισμένες συχνότητές του αντιστοιχούν σε συχνότητες συντονισμού του χώρου.

Υπάρχουν τρόποι με τους οποίους μπορούμε να αποφύγουμε την εμφάνιση του φαινομένου του πλαταγιασμού:

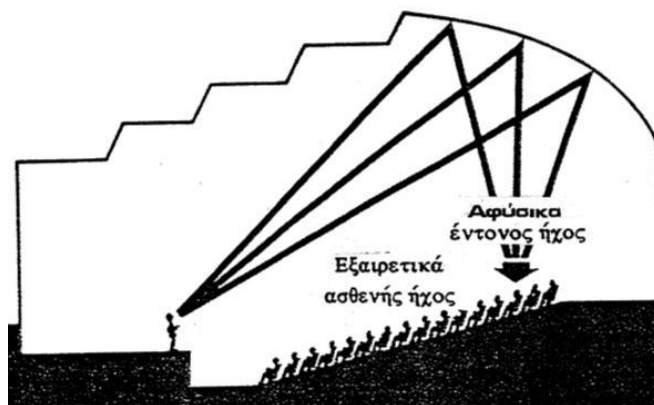
1. Οι αντικριστές παρειές του χώρου να μη σχεδιάζονται παράλληλες.
2. Να τοποθετούνται ηχοαπορροφητικές επενδύσεις σε μια από τις δύο παράλληλες παρειές.
3. Να τοποθετούνται διαχύτες σε μια από τις παράλληλες παρειές.



Σχήμα 2.27 Σχεδιασμός με σκοπό την αποφυγή του πλαταγισμού [1].

1.4.4 Εστιασμός του ήχου

Ο εστιασμός του ήχου προκαλείται όταν υπάρχουν στο χώρο κοίλες ανακλαστικές επιφάνειες τοποθετημένες στην οροφή ή στον πίσω τοίχο, με αποτέλεσμα οι ανακλάσεις να συγκεντρώνονται σε ένα σημείο. Η ένταση σε αυτό το εστιακό σημείο πολλαπλασιάζεται με αποτέλεσμα να παρατηρείται ανομοιομορφία στην κατανομή και να μην ισχύει η σταδιακή μείωση με την απόσταση.



Σχήμα 2.28 Εστιασμός ήχου λόγω του κοίλου τμήματος της οροφής [1].

Ένας τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου του εστιασμού του ήχου είναι η αποφυγή χρήσης κοίλων επιφανειών στους χώρους. Σε περίπτωση όμως ύπαρξής τους, τοποθετούμε σε αυτές διαχύτες ή ηχοαπορροφητικές επενδύσεις. Τέλος,

μπορούμε να σχεδιάσουμε το χώρο έτσι ώστε τα εστιακά σημεία της κοίλης επιφάνειας να βρίσκονται πάνω από το επίπεδο ακρόασης, κάτι που επιτυγχάνεται με τον σχεδιασμό υψηλής οροφής.

1.4.5 Στοιχεία θορύβου - Είδη θορύβου

Θόρυβος είναι κάθε ανεπιθύμητος ήχος. Ο θόρυβος γενικά επιδρά δυσμενώς στον άνθρωπο. Οι επιδράσεις του θορύβου συνοψίζονται στα εξής κυρίως φαινόμενα:

- Ενόχληση
- Επικάλυψη θορύβου
- Απώλεια ακοής
- Παθολογικές βλάβες, κόπωση
- Μείωση στην απόδοση κατά την εργασία

Ο θόρυβος οφείλεται στις ηχητικές συνθήκες του χώρου και προκαλείται από την συμβολή πολλών ηχογόνων παραγόντων (άνεμος, αστική κίνηση, βιομηχανία, ανθρώπινες δραστηριότητες).

Λευκός θόρυβος είναι ο θόρυβος που έχει συνεχές ηχητικό φάσμα σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων που ενδιαφέρει και σταθερή φασματική πυκνότητα.

Η στάθμη ζώνης για το λευκό θόρυβο εκτός από τη φασματική στάθμη (που για το λευκό θόρυβο είναι σταθερή ανεξάρτητα από τη συχνότητα του ήχου), περιλαμβάνει και την ποσότητα $10 \log \Delta f$, όπου Δf το εύρος ζώνης. Το εύρος αυτό για τις διαδοχικές οκτάβες διπλασιάζεται σύμφωνα με τον ορισμό, συνεπώς η στάθμη ζώνης του λευκού θορύβου θα παρουσιάζει μία αύξηση +3dB/οκτάβα.

Ροζ θόρυβος είναι ο θόρυβος που έχει συνεχές ηχητικό φάσμα με σταθερή ηχητική ισχύ σε κάθε φασματική ζώνη σταθερού σχετικού ζωνικού εύρους. Το φάσμα του ροζ θορύβου, όταν αυτό ληφθεί με φίλτρα σταθερού εύρους ή ψηφιακά μέσω FFT λόγω της παραπάνω ιδιότητας θα αποτελείται από μία ευθεία γραμμή με κλίση -3dB/οκτάβα. Όταν το φάσμα ληφθεί μέσω φίλτρων μεταβλητού εύρους λόγω του ότι

το εύρος των φίλτρων αυξάνει με τη συχνότητα με ρυθμό αντίστροφο από ότι ελαττώνεται το τετράγωνο της rms πίεσης τότε οι τιμές του φάσματος που αντιστοιχούν στις κεντρικές συχνότητες των διαφόρων ζωνών θα βρίσκονται σε ευθεία γραμμή παράλληλη με τον άξονα των συχνοτήτων.

Θόρυβος περιβάλλοντος είναι ο θόρυβος που εκπέμπεται από συγκεκριμένες πηγές που δε μας ενδιαφέρουν κατά τη στιγμή της μέτρησης. Παράδειγμα τέτοιου θορύβου είναι ο θόρυβος ενός κλιματιστικού μηχανήματος σε αίθουσα διδασκαλίας.

Θόρυβος βάθους ονομάζεται ο θόρυβος που εκπέμπεται από όλες τις πηγές που βρίσκονται στο περιβάλλον και δε μας ενδιαφέρουν. Ο θόρυβος περιβάλλοντος είναι μέρος του θορύβου βάθους.

1.4.6 Κριτήριο επιλογής θορύβου

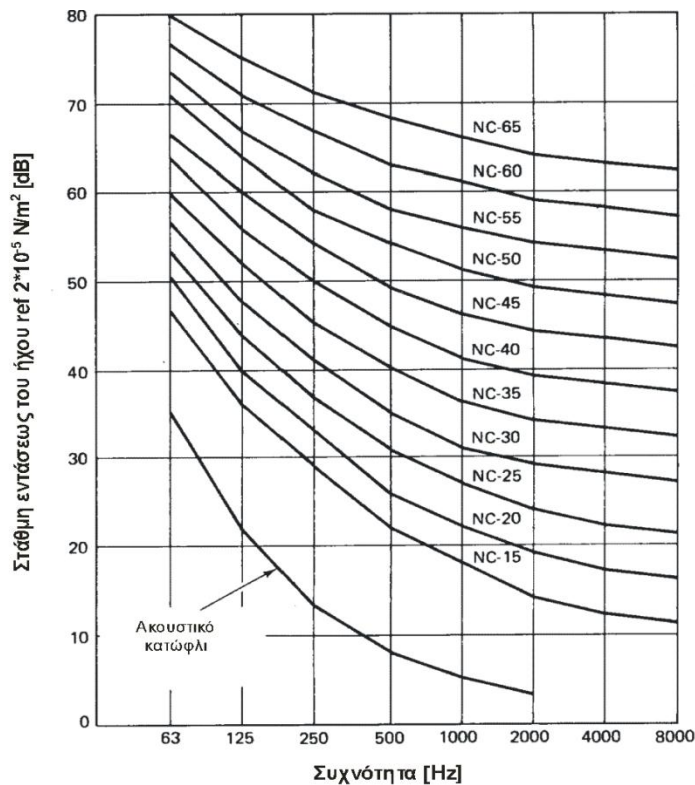
Ο θόρυβος βάθους προέρχεται είτε από εξωτερικούς παράγοντες, όπως τα μεταφορικά μέσα, ο άνεμος, η βροχή, το χαλάζι, το τρίξιμο των τζαμιών, η συγκέντρωση ανθρώπων είτε από εσωτερικούς, όπως το σύστημα κλιματισμού, τα φώτα, το ακροατήριο του χώρου.

Η εκτίμηση της ανεκτής στάθμης θορύβου δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη, διότι σημαντικό ρόλο στο θέμα αυτό παίζει ο υποκειμενικός παράγοντας. Βέβαια, έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία τιμές ανεκτής στάθμης θορύβου σε συνάρτηση με τη χρήση του χώρου και ονομάζονται κριτήρια θορύβου (Noise Criteria - NC).

Δραστηριότητα	NC
Αποδεκτές συνθήκες εργασίας με την ελάχιστη λεκτική παρέμβαση. (Βιομηχανικές περιοχές, εμπορικές περιοχές, όπως γκαράζ, κλειστά πάρκινγκ αυτοκινήτων, πλυντήρια, κ.τ.λ.)	45 - 55
Αποδεκτές οι μέτριες συνθήκες ακουστικής. (Χώροι με μηχανήματα γραφείου, καφετέριες, χώροι εργοστασίων, διάδρομοι, μπάνια, κ.τ.λ.)	40 - 45
Απαιτούμενες οι σχετικά καλές συνθήκες ακουστικής. (Μεγάλα γραφεία, εστιατόρια, κ.τ.λ.)	35 - 40
Απαιτούμενες οι καλές συνθήκες ακουστικής. (Ιδιωτικά γραφεία, τάξεις, βιβλιοθήκες, κ.τ.λ.)	30 - 35
Ύπνος, ξεκούραση. (Σπίτια, διαμερίσματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.τ.λ.)	20 - 30
Απαιτούμενες οι πολύ καλές συνθήκες ακουστικής. (Αμφιθέατρα, θέατρα, εκκλησίες, κ.τ.λ.)	25
Απαιτούμενες οι άριστες συνθήκες ακουστικής. (Αίθουσες συναυλιών, τηλεοπτικά στούντιο.)	20
Απαιτούμενες οι εξειδικευμένες συνθήκες ακουστικής. (Πειραματικά ακουστικά εργαστήρια, κ.τ.λ.)	15

Σχήμα 2.29 Κριτήρια θορύβου (αποδεκτές τιμές θορύβου) ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου [6].

Έχει καθιερωθεί το διάγραμμα καμπύλων κριτηρίων θορύβου (σχήμα 2.30), στο οποίο τοποθετούμε τις μετρήσεις του θορύβου βάθους συναρτήσει της συχνότητας, έτσι ώστε να βρούμε την καμπύλη που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο χώρο και είναι αυτή με τη χαμηλότερη τιμή, την οποία δεν ξεπερνά το φάσμα θορύβου βάθους. Έπειτα, συγκρίνουμε την τιμή NC στο χώρο με την αποδεκτή τιμή θορύβου (σχήμα 2.29), για να διαπιστώσουμε αν την υπερβαίνει ή όχι.



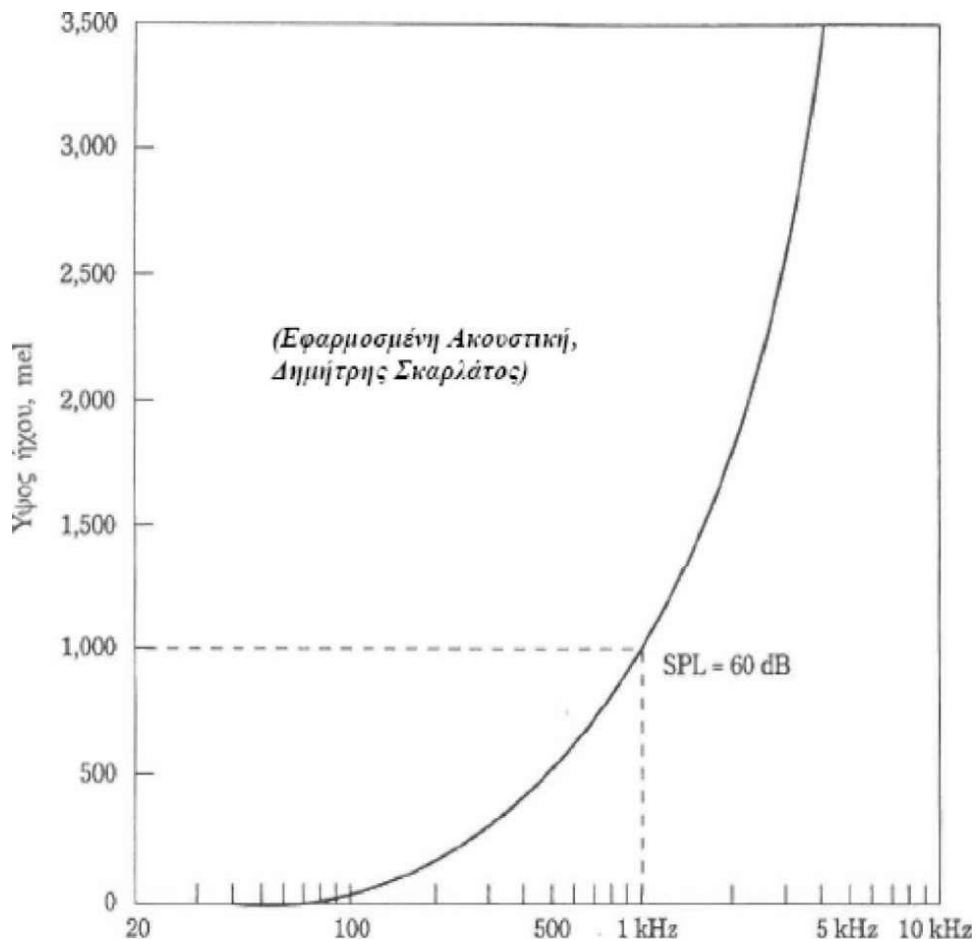
Σχήμα 2.30 Καμπύλες κριτηρίων θορύβου [6].

1.4.7 Απόκριση του αυτιού

Η απόκριση του ανθρώπινου οργάνου στα χαρακτηριστικά του ήχου στάθμη και συχνότητα δεν είναι γραμμική. Μετρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι το αυτί μπορεί να διακρίνει 280 διαφορετικές στάθμες και 1.400 διαφορετικές συχνότητες. Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου που σχετίζονται με την απόκριση του ανθρώπου σ' αυτόν είναι τρία: το ύψος, η ακουστότητα και η χροιά.

- Ύψος

Ύψος είναι η υποκειμενική απόκριση του αυτιού στη συχνότητα.



Σχήμα 2.31 Το ύψος ήχου (σε mel, που είναι υποκειμενική μονάδα) [2].

- Χροιά (Timbre)

Χροιά ονομάζουμε τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου τα οποία κάνουν δυνατό το διαχωρισμό δύο τόνων της ίδιας έντασης και θεμελιώδους συχνότητας αλλά διαφορετικών κυματομορφών.

- Ακουστότητα (Loudness)

Σαν ακουστότητα ορίζουμε την υποκειμενική απόκριση του αυτιού στην στάθμη του ήχου.



Σχήμα 2.32 Η περιοχή ακουστότητας του ανθρώπινου αυτιού περιορίζεται από δύο καμπύλες κατωφλιού, (A) το κατώφλιο ακοής και (B) το κατώφλιο αίσθησης [2].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. Ανάλυση κατά παράγοντες (factor analysis)

2.1 ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η παραγοντική ανάλυση είναι μια στατιστική μέθοδος που έχει σκοπό να βρει την ύπαρξη παραγόντων κοινών ανάμεσα σε μια ομάδα μεταβλητών. Έτσι εκφράζοντας αυτούς τους παράγοντες μπορούμε:

- Να μειώσουμε τις διαστάσεις του προβλήματος. Αντί να δουλεύουμε με τις αρχικές μεταβλητές να δουλέψουμε με λιγότερες αφού οι παράγοντες είναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να διατηρούν όσο γίνεται την πληροφορία που υπήρχε στις αρχικές μεταβλητές.

- Να δημιουργήσουμε νέες μεταβλητές, τους παράγοντες, στις οποίες μπορούμε με έναν υποκειμενικό τρόπο να αναγνωρίσουμε ως κάποιες μη μετρήσιμες μεταβλητές όπως η αντίληψη του ήχου από τον ακροατή.

- Να εξηγήσουμε τις συσχετίσεις που υπάρχουν στα δεδομένα, για τις οποίες έχουμε υποθέσει ότι οφείλονται αποκλειστικά στην ύπαρξη κάποιων παραγόντων που δημιούργησαν τα δεδομένα.

Αυτό που πρέπει να έχει κανείς υπόψη του είναι πως η παραγοντική ανάλυση προσπαθεί περισσότερο να ερμηνεύσει την δομή παρά την μεταβλητότητα.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι της παραγοντικής ανάλυσης, η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες (principal component analysis) και η κλασσική Ανάλυση Παραγόντων.

Το μοντέλο της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες εκφράζεται ως:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{in}F_n$$

Όπου: x_i : για $i=1 \dots n$ είναι οι αρχικές μεταβλητές

F_j : για $i=1 \dots n$ είναι οι παράγοντες

N : ο συνολικός αριθμός παραγόντων, που αντιστοιχεί στο σύνολο των μεταβλητών

Η κλασσική παραγοντική ανάλυση εκφράζεται ως:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + d_iU_i$$

Όπου: U_i : μοναδικός παράγοντας που αντιστοιχεί στην μεταβλητή για $i=1 \dots m$

d_j : γ

m : ο συνολικός αριθμός παραγόντων

Το μοντέλο της κλασσικής ανάλυσης παραγόντων υποθέτει την ύπαρξη της μοναδικής συσχέτισης που συνδέεται με κάθε μεταβλητή και την ύπαρξη κάποιας σχέσης μεταξύ των μεταβλητών. Η μοναδική συσχέτιση υπολογίζεται και εξάγεται από τις εξισώσεις έτσι ώστε η λύση των εξισώσεων να βασίζεται μόνο στην συνήθη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Και στα δύο μοντέλα οι συντελεστές a_{ij} επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούν τις ακόλουθες συνθήκες:

- 1) Οι παράγοντες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών
- 2) Οι παράγοντες είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και,
- 3) Οι παράγοντες έχουν εξαχθεί με μειούμενη σειρά ως προς την σημασία, για παράδειγμα ο πρώτος παράγοντας αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων.

Ο υπολογισμός των συντελεστών a_{ij} αποκαλείται φόρτιση παραγόντων.

2.2 ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Ποικιλία μεθόδων είναι διαθέσιμες για την επίλυση μοντέλων της ανάλυσης παραγόντων. Αυτές οι μέθοδοι έχουν σκοπό να καταλήξουν σε αυτό που αποκαλείται

αρχικός πίνακας παραγόντων. Αυτό που είναι κοινό σε όλες τις μεθόδους παραγόντων είναι ότι ο πρώτος παράγοντας που εξάγεται τείνει να είναι ένας γενικός παράγοντας, σχεδόν κάθε μεταβλητή παρουσιάζει σημαντική φόρτιση στο πρώτο παράγοντα.

Δεδομένου του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι πιθανό να αποφασίσει κανείς τον αριθμό των παραγόντων που θα διατηρηθούν. Αν και για αυτή την απόφαση δεν υπάρχει κάποιο απόλυτο κριτήριο, η ανάλυση μπορεί να τερματιστεί όταν ο αριθμός των παραγόντων που έχουν διατηρηθεί ερμηνεύουν ένα σημαντικά υψηλό ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων.

Πληθώρα κριτηρίων είναι διαθέσιμα για την απόφαση των παραγόντων που δεν θα ληφθούν υπόψη. Σύμφωνα με το κριτήριο του Kaiser, παράγοντες με ιδιοτιμή μικρότερη της μονάδας αγνοούνται. Αυτό επειδή τέτοιοι παράγοντες αποτελούνται από διακύμανση σφάλματος που είναι δύσκολο να ερμηνευτεί.

Ένα ακόμη κριτήριο είναι αυτό που βασίζεται στο γράφημα των ιδιοτιμών ως προς τον αύξοντα αριθμό των παραγόντων (scree plot). Το σημείο από το οποίο και μετά η καμπύλη έχει απότομη πτώση υποδεικνύει ότι μέχρι εκεί θα διατηρηθούν και εκτιμηθούν οι παράγοντες.

2.3 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Ο σκοπός της περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι η εύρεση απλών και ερμηνεύσιμων παραγόντων.

Οι βασικές μέθοδοι περιστροφής είναι οι ακόλουθοι :

- Varimax : Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των μεταβλητών που έχουν μεγάλες επιβαρύνσεις για κάθε παράγοντα
- Quartimax : Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των παραγόντων που εξηγούν μια μεταβλητή.
- Equimax : Συνδυασμός των varimax και quartimax

- Oblique : Μη ορθογώνια περιστροφή , οι άξονες που προκύπτουν δεν είναι πια ορθογώνιοι (και οι παράγοντες δεν είναι ανεξάρτητοι). Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι πιο δύσκολη.

2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ο υπολογισμός του τυπικού σφάλματος της φόρτισης που επιδρά σ' ένα παράγοντα μπορεί να υπολογιστεί από τον ακόλουθη σχέση:

$$[\text{τυπικό σφάλμα φόρτισης}] = [\text{τυπικό σφάλμα συσχέτισης}] * \sqrt{\frac{n}{n+1-r}}$$

Όπου n : το πλήθος των μεταβλητών

r : η σειρά εξαγωγής του παράγοντα, π.χ. $r=1,2,3$ για τον πρώτο, δεύτερο και τρίτο παράγοντα αντιστοίχως

Το τυπικό σφάλμα της συσχέτισης για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας (στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε επίπεδο σημαντικότητας 1%) είναι μία συνάρτηση του μεγέθους του δείγματος που χρησιμοποιείται στην ανάλυση και μπορεί να βρεθεί από τον παρακάτω πίνακα (Child 1970).

Τιμές των συσχετίσεων που απαιτούνται		
Μέγεθος του δείγματος	Επίπεδο σημαντικότητας	
	5%	1%
5	0,755	0,875
10	0,576	0,714
15	0,483	0,605
20	0,425	0,538
25	0,380	0,488
30	0,338	0,440
35	0,320	0,417
40	0,300	0,394

45	0,280	0,370
50	0,262	0,346
60	0,248	0,328
70	0,233	0,308
80	0,220	0,290
90	0,206	0,272
100	0,194	0,255
150	0,158	0,209
200	0,137	0,182
250	0,125	0,163
500	0,088	0,115

Το συμπέρασμα που συνάγεται από την εκτίμηση του τυπικού σφάλματος της φόρτισης είναι ότι οι αριθμητικές τιμές της κάθε μεταβλητής ακολουθούν την κανονική κατανομή.

2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ (ANOVA – Analysis of Variance)

Η Ανάλυση της Διακύμανσης χρησιμοποιείται για να εξετασθεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές δύο ή περισσότερων δειγμάτων είναι ίσες, με την προϋπόθεση ότι τα δείγματα ακολουθούν κανονική κατανομή. Το ANOVA test δείχνει σε πιο ποσοστό σημαντικότητας οι τιμές που προέκυψαν είναι πραγματικά διαφορετικές ή η διακύμανση τους είναι τυχαία.

Στην ουσία, ελέγχουμε την παρακάτω μηδενική υπόθεση ως προς την εναλλακτική :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_j$$

Έχουμε τον παρακάτω πίνακα :

Treatment (Επίπεδο)	Παρατηρήσεις				Άθροισμα	Μέσος Όρος
1	Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{1n}	$Y_{1.}$	$\bar{Y}_{1.}$
2	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2n}	$Y_{2.}$	$\bar{Y}_{2.}$
...	
a	Y_{a1}	Y_{a2}	...	Y_{an}	$Y_{a.}$	$\bar{Y}_{a.}$
					$Y_{..}$	$\bar{Y}_{..}$

Όπου :

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^n y_{ij} \ , \ \bar{y}_{i.} = \frac{y_{i.}}{n} \ \text{και} \ y_{.j} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij} \ , \ \bar{y}_{.j} = \frac{y_{.j}}{N}$$

και ειδικότερα

- N : Συνολικός αριθμός παρατηρήσεων
- n : Αριθμός παρατηρήσεων σε κάθε επίπεδο
- $1 < i < a$ και $1 < j < n$

Ένα μοντέλο που θα περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα είναι :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Όπου : τ_i = το ποσό που επιδρά το i επίπεδο στο μοντέλο $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$

μ = σταθερό

ε_{ij} = τα σφάλματα τα οποία είναι ανεξάρτητα και ακολουθούν $N(0, \sigma^2)$

Έτσι προχωράμε στον έλεγχο της υπόθεσης :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a$$

$$H_1 : \tau_i \neq 0 \text{ για τουλάχιστον ένα } i$$

$$SS\tau = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} \quad \text{και} \quad SS\tau_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$SS\tau = SS\tau_r + SS\epsilon$$

Η ποσότητα $SS\epsilon$ (άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων) μετρά την συνολική μεταβλητότητα εντός του δείγματος.

Η ποσότητα $SS\tau_r$ (άθροισμα τετραγώνων αποκλίσεων των μέσων τιμών των δειγμάτων για κάθε παράγοντα, από τον γενικό μέσο) αποτελεί το μέτρο μεταξύ των δειγμάτων μεταβλητότητας.

Οι βαθμοί ελευθερίας είναι για :

- Διασπορά παράγοντα : $a-1$
- Διασπορά υπολοίπων : $a(n-1) = an - a = N - a$
- Οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας είναι $an-1$ (οι βαθμοί ελευθερίας έχουν προσθετική ιδιότητα)

$$\text{Ορίζουμε : } MS_{\tau_r} = \frac{SS_{\tau_r}}{a-1}, \quad MS_E = \frac{SS_E}{N-a} \quad \text{και} \quad F_0 = \frac{MS_{\tau_r}}{MS_E}$$

F_0 είναι ο λόγος των τετραγώνων που οφείλονται στη παλινδρόμηση και στα υπόλοιπα.

$$\text{Αποδεικνύεται ότι : } F_0 = \frac{MS_{\tau_r}}{MS_E} \approx F_{a, a-1, N-a}$$

Παράρτημα 3. Λειτουργία SPSS

3.1 Λειτουργία SPSS

Στο παρόν Παράρτημα γίνεται η παρουσίαση της λειτουργίας του προγράμματος SPSS 16.0.1

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι :

❖ Βήμα 1

Στο παράθυρο Data Editor γίνεται η καταχώρηση των δεδομένων όπως φαίνεται παρακάτω. Στην πρώτη στήλη βάζουμε τον αύξοντα αριθμό κατά ίδιες θέσεις (ομαδοποίηση), στην δεύτερη στήλη βάζουμε την θέση των φοιτητών, στην τρίτη στήλη την αίθουσα που έγινε το πείραμα, στην τέταρτη στήλη την φωνή του ομιλητή και στην πέμπτη στήλη το φύλο αυτού που έλαβε μέρος στον διερεύνηση. Επιλέγουμε έπειτα κάτω αριστερά την επιλογή Variable view, για να μπορέσουμε να ορίσουμε τις παραμέτρους (όνομα, τύπος και πλάτος – σε χαρακτήρες- της μεταβλητής στην Data view κ.α.) κάθε στήλης, όπως στα παρακάτω σχήματα.

	AA	Θέση	Αίθουσα	Φωνή	Φύλο	VAR01	VAR02	VAR03	VAR04	VAR05	VAR06	VAR07	VAR08	VAR09	VAR10	VAR11	VAR12	VAR13	VAR14	VAR15	VAR16	VAR17	VAR18	VAR19
1	1	A	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,63	0,63	0,58	0,72	0,35	0,77	0,21	0,69	0,37	0,73	0,70	0,38	0,53	0,37	0,35	0,86	0,83	0,84	0,73
2	1	A	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,36	0,28	0,72	0,23	0,79	0,33	0,76	0,45	0,63	0,24	0,62	0,72	0,26	0,47	0,70	0,30	0,58	0,35	0,41
3	1	A	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,50	0,32	0,90	0,24	0,51	0,53	0,29	0,74	0,43	0,81	0,77	0,24	0,70	0,58	0,54	0,50	0,53	0,59	0,45
4	2	B	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,75	0,75	0,83	0,74	0,19	0,81	0,21	0,73	0,25	0,80	0,78	0,28	0,44	0,53	0,28	0,81	0,61	0,80	0,75
5	2	B	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,67	0,67	0,34	0,68	0,31	0,74	0,34	0,58	0,34	0,72	0,34	0,34	0,41	0,42	0,40	0,72	0,42	0,74	0,50
6	2	B	Διδ. Αμφ.	Αυδ	Θ	0,70	0,49	0,90	0,92	0,18	0,36	0,19	0,99	0,12	0,71	0,50	0,14	0,25	0,62	0,14	0,79	0,93	0,83	0,20
7	3	Γ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,80	0,30	0,34	0,40	0,64	0,37	0,59	0,32	0,50	0,43	0,37	0,70	0,36	0,68	0,59	0,48	0,39	0,43	0,47
8	3	Γ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,06	0,14	0,19	0,13	0,79	0,07	0,47	0,67	0,83	0,12	0,60	0,93	0,40	0,75	0,74	0,05	0,84	0,11	0,43
9	3	Γ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,12	0,18	0,40	0,38	0,78	0,39	0,72	0,59	0,70	0,24	0,66	0,65	0,64	0,79	0,71	0,27	0,71	0,42	0,76
10	4	E	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,33	0,67	0,54	0,69	0,36	0,59	0,37	0,59	0,48	0,73	0,56	0,37	0,69	0,54	0,35	0,72	0,56	0,75	0,55
11	4	E	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,38	0,53	0,48	0,75	0,22	0,46	0,28	0,67	0,06	0,79	0,88	0,62	0,52	0,39	0,24	0,39	0,13	0,47	0,57
12	4	E	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,90	0,64	0,23	0,89	0,49	0,70	0,28	0,67	0,11	0,78	0,68	0,58	0,38	0,22	0,80	0,66	0,34	0,60	0,38
13	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,80	0,80	0,72	0,73	0,22	0,76	0,21	0,72	0,21	0,77	0,74	0,29	0,75	0,22	0,28	0,80	0,40	0,78	0,77
14	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,62	0,65	0,48	0,64	0,37	0,70	0,38	0,53	0,43	0,65	0,51	0,41	0,48	0,60	0,41	0,47	0,59	0,81	0,68
15	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,60	0,60	0,62	0,65	0,27	0,73	0,22	0,69	0,41	0,51	0,64	0,28	0,65	0,66	0,23	0,67	0,63	0,66	0,66
16	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,31	0,24	0,51	0,36	0,63	0,32	0,63	0,59	0,63	0,35	0,52	0,65	0,37	0,56	0,69	0,40	0,57	0,43	0,30
17	6	Z	Διδ. Αμφ.	Αυδ	Θ	0,56	0,41	0,72	0,33	0,38	0,64	0,59	0,32	0,34	0,62	0,62	0,67	0,18	0,26	0,70	0,27	0,25	0,22	0,34
18	6	Z	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,79	0,22	0,20	0,78	0,20	0,92	0,10	0,85	0,16	0,86	0,76	0,18	0,19	0,13	0,13	0,75	0,18	0,82	0,19
19	6	Z	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,67	0,76	0,69	0,68	0,47	0,47	0,41	0,41	0,41	0,82	0,68	0,73	0,26	0,36	0,60	0,48	0,58	0,54	0,40
20	7	H	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,70	0,75	0,53	0,66	0,39	0,70	0,31	0,67	0,27	0,81	0,37	0,28	0,49	0,51	0,31	0,74	0,42	0,74	0,31
21	7	H	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,90	0,99	0,06	0,89	0,21	0,94	0,06	0,73	0,01	0,96	0,28	0,11	0,08	0,11	0,34	0,91	0,27	0,67	0,19
22	7	H	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,70	0,73	0,76	0,73	0,18	0,80	0,12	0,87	0,33	0,82	0,78	0,27	0,75	0,50	0,17	0,82	0,53	0,79	0,73
23	8	K	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,40	0,39	0,60	0,45	0,61	0,43	0,58	0,47	0,58	0,44	0,50	0,59	0,55	0,52	0,59	0,42	0,50	0,48	0,49
24	8	K	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,29	0,24	0,81	0,18	0,70	0,25	0,75	0,62	0,45	0,23	0,71	0,65	0,53	0,52	0,63	0,32	0,58	0,43	0,53
25	9	Λ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,71	0,19	0,83	0,25	0,84	0,31	0,65	0,39	0,32	0,71	0,16	0,44	0,70	0,86	0,71	0,51	0,76	0,43	0,09
26	9	Λ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,27	0,75	0,39	0,72	0,58	0,81	0,98	0,68	0,25	0,71	0,75	0,29	0,40	0,54	0,27	0,71	0,36	0,85	0,61
27	9	Λ	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,68	0,58	0,53	0,65	0,44	0,58	0,36	0,57	0,36	0,72	0,55	0,49	0,45	0,44	0,47	0,62	0,48	0,60	0,42
28	10	M	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,18	0,43	0,38	0,80	0,34	0,47	0,30	0,60	0,62	0,64	0,40	0,44	0,34	0,43	0,52	0,50	0,48	0,56	0,48
29	10	M	Διδ. Αμφ.	Αυδ	A	0,60	0,63	0,38	0,60	0,42	0,50	0,48	0,57	0,46	0,67	0,40	0,55	0,53	0,38	0,47	0,46	0,41	0,55	0,47
30	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,29	0,23	0,77	0,18	0,81	0,28	0,79	0,49	0,74	0,24	0,48	0,66	0,28	0,49	0,71	0,33	0,51	0,38	0,44
31	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,13	0,13	0,82	0,20	0,84	0,16	0,83	0,91	0,81	0,10	0,91	0,88	0,82	0,88	0,65	0,15	0,90	0,56	0,87
32	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,69	0,52	0,62	0,51	0,30	0,62	0,29	0,50	0,23	0,52	0,68	0,27	0,44	0,49	0,31	0,85	0,68	0,58	0,51
33	2	B	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,44	0,46	0,67	0,38	0,64	0,62	0,37	0,61	0,39	0,45	0,72	0,31	0,76	0,75	0,30	0,75	0,86	0,85	0,67
34	2	B	Διδ. Αμφ.	Γυν	Θ	0,19	0,40	0,48	0,60	0,60	0,77	0,48	0,67	0,98	0,71	0,34	0,27	0,78	0,78	0,60	0,77	0,78	0,66	0,98

Data view

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	A/A	Numeric	2	0	A/A	None	None	3	Right	Nominal
2	Θύση	String	2	0		None	None	3	Left	Nominal
3	Αίθουσα	String	11	0		None	None	6	Left	Nominal
4	Φύλη	String	3	0		None	None	3	Left	Nominal
5	Φύλο	String	5	0		None	None	4	Left	Nominal
6	VAR01	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
7	VAR02	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
8	VAR03	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
9	VAR04	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
10	VAR05	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
11	VAR06	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
12	VAR07	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
13	VAR08	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
14	VAR09	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
15	VAR10	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
16	VAR11	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
17	VAR12	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
18	VAR13	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
19	VAR14	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
20	VAR15	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
21	VAR16	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
22	VAR17	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
23	VAR18	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
24	VAR19	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
25	VAR20	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
26	VAR21	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
27	VAR22	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
28	VAR23	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
29	VAR24	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
30	VAR25	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
31	VAR26	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
32	VAR27	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
33	VAR28	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
34	VAR29	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal
35	VAR30	Dot	4	2		None	None	4	Left	Nominal

Variable view

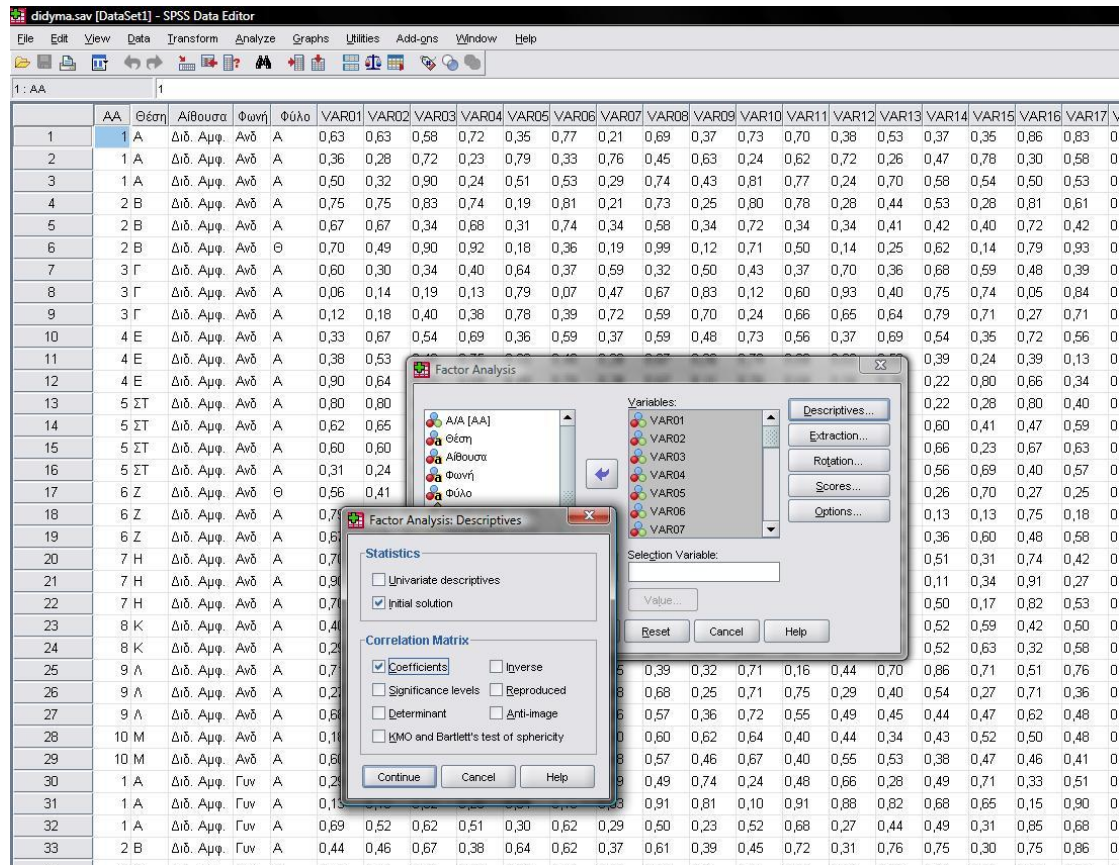
❖ Βήμα 2

Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται επιλογή Analyze και από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Data Reduction.

Στο βήμα αυτό επιλέγουμε τις τριάντα μεταβλητές (VAR01 έως VAR30) και πατώντας το κουμπί με το βέλος τις τοποθετούμε στην θέση Variables.

❖ Βήμα 4

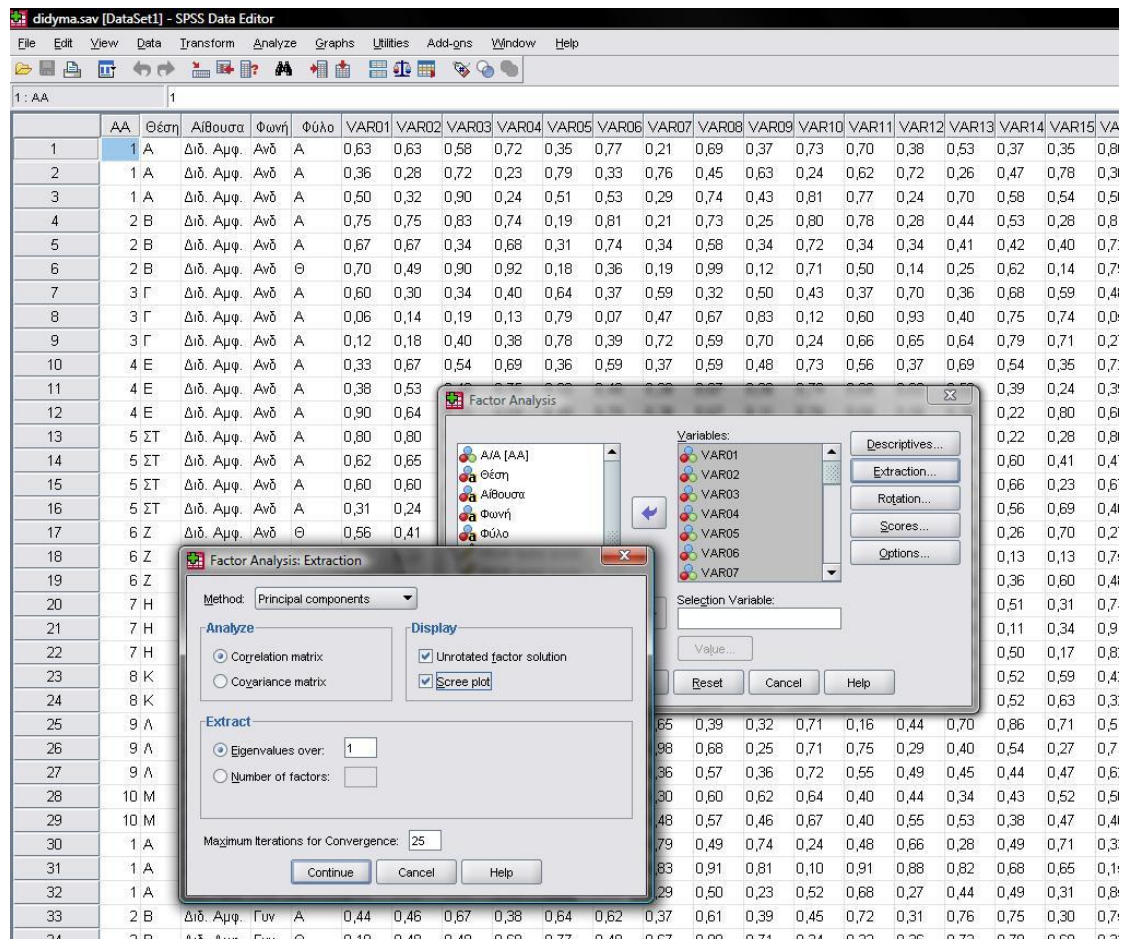
Πατώντας Descriptives εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.



Επιλέγουμε το Coefficients και εν συνεχεία Continue

❖ Βήμα 5

Επιλέγουμε Extraction και στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγεται Scree plot. Όπως φαίνεται η επιλογή Number of factors είναι απενεργοποιημένη, υπάρχει όμως η δυνατότητα να επιλέξουμε εμείς τον αριθμό των παραγόντων σε περίπτωση που το default αποτέλεσμα που προκύψει κριθεί ανεπαρκές.



Γίνεται η επιλογή Continue για να κλείσει αυτό το παράθυρο διαλόγου και στην συνέχεια γίνεται η επιλογή Rotation

❖ Βήμα 6

Όπως φαίνεται στο παρακάτω εικονίδιο εδώ γίνεται η επιλογή της μεθόδου περιστροφής. Για ορθογώνια περιστροφή των παραγόντων γίνεται η επιλογή Varimax

The screenshot shows the SPSS Data Editor window with a dataset named 'didyma.sav'. The data table has columns for demographic variables (AA, Θέση, Αίθουσα, Φωνή, Φύλο) and 15 numbered variables (VAR01-VAR15). Two dialog boxes are open: 'Factor Analysis' and 'Factor Analysis: Rotation'. The 'Factor Analysis' dialog has 'Variables' set to VAR01-VAR07. The 'Factor Analysis: Rotation' dialog has 'Method' set to 'Varimax' and 'Display' checked for 'Rotated solution'. The 'Maximum Iterations for Convergence' is set to 25.

Πατώντας Continue κλείνει αυτό το παράθυρο διαλόγου και ακολούθως γίνεται η επιλογή Scores.

❖ Βήμα 7

Εδώ κάνουμε την επιλογή Save as variables (Regression) έτσι ώστε τα factor scores να εμφανιστούν στο Data view μετά την ανάλυση, ακριβώς δεξιά από την τελευταία μεταβλητή, με την μορφή FACX_1, όπου X ο αριθμός των παραγόντων.

The screenshot displays the SPSS Data Editor interface with a Factor Analysis dialog box open. The dialog box is titled 'Factor Analysis' and shows a list of variables (VAR01-VAR07) selected for analysis. The 'Method' section is set to 'Regression'. Below it, the 'Factor Analysis: Factor Scores' sub-dialog is also open, with 'Save as variables' checked and 'Method' set to 'Regression'. The background shows a data grid with columns for variables VAR14-VAR30 and FAC1_1-FAC3, and rows numbered 1 to 34.

❖ Βήμα 8

Στην ενότητα Options, κάτω από την Coefficient Display Format (Μορφή παρουσίασης συντελεστών) γίνεται η επιλογή Sorted by size (Ταξινόμηση κατά μέγεθος) για να ταξινομηθούν τα φορτία των παραγόντων κατά μέγεθος.

The screenshot shows the SPSS Data Editor window with a data table and two dialog boxes for Factor Analysis. The data table has columns for variables AA, Θέση, Αίθουσα, Φωνή, Φύλο, and VAR01 through VAR16. The Factor Analysis dialog box shows the variables VAR01 through VAR07 selected. The Factor Analysis: Options dialog box shows the 'Missing Values' section with 'Exclude cases listwise' selected and the 'Coefficient Display Format' section with 'Sorted by size' checked.

	AA	Θέση	Αίθουσα	Φωνή	Φύλο	VAR01	VAR02	VAR03	VAR04	VAR05	VAR06	VAR07	VAR08	VAR09	VAR10	VAR11	VAR12	VAR13	VAR14	VAR15	VAR16	VAR17	
1	1	A	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,63	0,63	0,58	0,72	0,35	0,77	0,21	0,69	0,37	0,73	0,70	0,38	0,53	0,37	0,35	0,86	0,8	
2	1	A	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,36	0,28	0,72	0,23	0,79	0,33	0,76	0,45	0,63	0,24	0,62	0,72	0,26	0,47	0,78	0,30	0,5	
3	1	A	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,50	0,32	0,90	0,24	0,51	0,53	0,29	0,74	0,43	0,81	0,77	0,24	0,70	0,58	0,54	0,50	0,5	
4	2	B	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,75	0,75	0,83	0,74	0,19	0,81	0,21	0,73	0,25	0,80	0,78	0,28	0,44	0,53	0,28	0,81	0,6	
5	2	B	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,67	0,67	0,34	0,68	0,31	0,74	0,34	0,58	0,34	0,72	0,34	0,34	0,41	0,42	0,40	0,72	0,4	
6	2	B	Διδ. Αμφ.	Ανδ	Θ	0,70	0,49	0,90	0,92	0,18	0,36	0,19	0,99	0,12	0,71	0,50	0,14	0,25	0,62	0,14	0,79	0,9	
7	3	Γ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,60	0,30	0,34	0,40	0,64	0,37	0,59	0,32	0,50	0,43	0,37	0,70	0,36	0,68	0,59	0,48	0,3	
8	3	Γ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,06	0,14	0,19	0,13	0,79	0,07	0,47	0,67	0,83	0,12	0,60	0,93	0,40	0,75	0,74	0,05	0,8	
9	3	Γ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,12	0,18	0,40	0,38	0,78	0,39	0,72	0,59	0,70	0,24	0,66	0,65	0,64	0,79	0,71	0,27	0,7	
10	4	E	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,33	0,67	0,54	0,69	0,36	0,59	0,37	0,59	0,48	0,73	0,56	0,37	0,69	0,54	0,35	0,72	0,5	
11	4	E	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,38	0,53													0,39	0,24	0,39	0,1
12	4	E	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,90	0,64													0,22	0,80	0,66	0,3
13	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,80	0,80													0,22	0,28	0,80	0,4
14	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,62	0,65													0,60	0,41	0,47	0,5
15	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,60	0,60													0,66	0,23	0,67	0,6
16	5	ΣΤ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,31	0,24													0,56	0,69	0,40	0,5
17	6	Z	Διδ. Αμφ.	Ανδ	Θ	0,56	0,41													0,26	0,70	0,27	0,2
18	6	Z	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A	0,79	0,22													0,13	0,13	0,75	0,1
19	6	Z	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,36	0,60	0,48	0,5
20	7	H	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,51	0,31	0,74	0,4
21	7	H	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,11	0,34	0,91	0,2
22	7	H	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,50	0,17	0,82	0,5
23	8	K	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,52	0,59	0,42	0,5
24	8	K	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,52	0,63	0,32	0,5
25	9	Λ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,52	0,63	0,32	0,5
26	9	Λ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,86	0,71	0,51	0,7
27	9	Λ	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,31	0,98	0,68	0,2
28	10	M	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,58	0,36	0,57	0,36
29	10	M	Διδ. Αμφ.	Ανδ	A															0,47	0,30	0,60	0,62
30	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A															0,50	0,48	0,57	0,46
31	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A															0,28	0,79	0,49	0,74
32	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,13	0,13	0,82	0,20	0,84	0,16	0,83	0,91	0,81	0,10	0,91	0,88	0,82	0,68	0,65	0,15	0,9	
33	1	A	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,69	0,52	0,62	0,51	0,30	0,62	0,29	0,50	0,23	0,52	0,68	0,27	0,44	0,49	0,31	0,85	0,6	
34	2	B	Διδ. Αμφ.	Γυν	A	0,44	0,46	0,67	0,38	0,64	0,62	0,37	0,61	0,39	0,45	0,72	0,31	0,76	0,75	0,30	0,75	0,8	
35	2	B	Διδ. Αμφ.	Γυν	Θ	0,18	0,48	0,48	0,68	0,77	0,48	0,67	0,99	0,74	0,24	0,27	0,38	0,73	0,78	0,60	0,27	0,7	

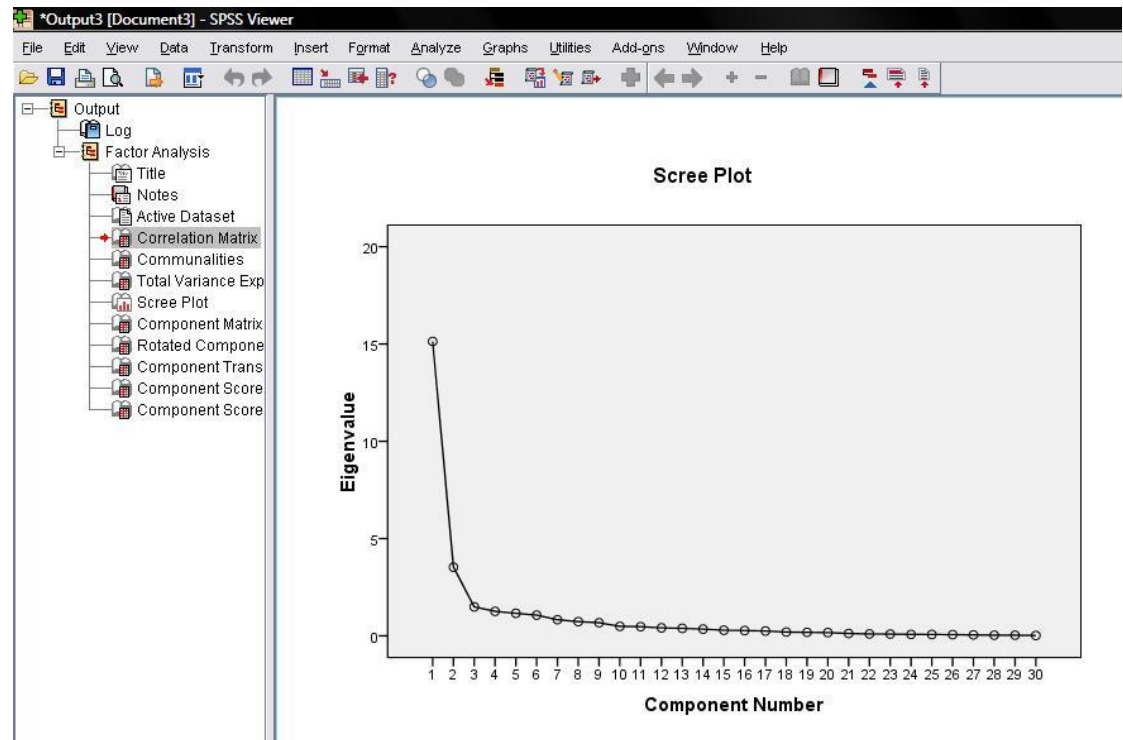
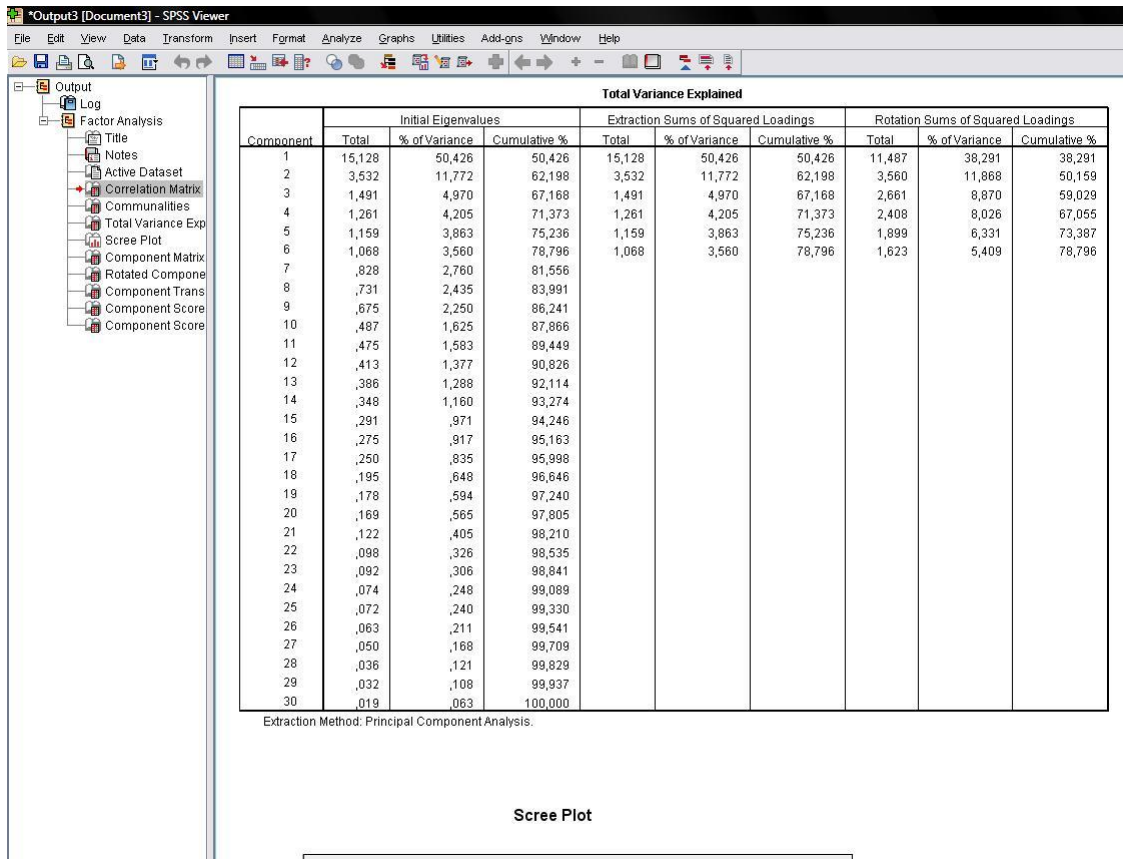
Πατώντας Continue κλείνει αυτό το παράθυρο διαλόγου και στην συνέχεια επιλέγουμε OK . Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.

og
actor Analysis
Title
Notes
Active Dataset
Correlation Matrix
Communalities
Total Variance Exp
Scree Plot
Component Matrix
Related Compon
Component Trans
Component Score
Component Score

Correlation	VAR01	VAR02	VAR03	VAR04	VAR05	VAR06	VAR07	VAR08	VAR09	VAR10	VAR11	VAR12	VAR13	VAR14
VAR01	1,000	,561	-,017	,517	-,553	-,518	-,611	,048	-,561	,829	-,212	-,486	-,257	-,257
VAR02	,561	1,000	-,158	,832	-,631	-,760	-,632	-,023	-,711	,763	-,262	-,562	-,291	-,291
VAR03	-,017	-,158	1,000	-,225	,148	-,201	,224	,209	,113	-,125	,338	-,117	,333	,333
VAR04	,517	,832	-,225	1,000	-,757	-,743	-,726	,095	-,723	,787	-,332	-,610	-,362	-,362
VAR05	-,553	-,631	,148	-,757	1,000	-,571	,741	-,062	,546	-,669	,237	,501	,305	,305
VAR06	,518	,760	-,201	,743	-,571	1,000	-,652	-,129	-,730	,787	-,087	-,628	-,384	-,384
VAR07	-,611	-,632	,224	-,726	,741	-,652	1,000	-,067	,623	-,673	,145	,578	,242	,242
VAR08	,048	-,023	,209	,095	-,062	-,129	-,067	1,000	,117	-,140	,319	-,318	,419	,419
VAR09	-,561	-,711	,113	-,723	,546	-,730	,623	,117	1,000	-,834	,138	,517	,391	,391
VAR10	,829	,763	-,125	,787	-,669	,787	-,673	-,140	-,834	1,000	-,284	-,581	-,373	-,373
VAR11	-,212	-,262	,338	-,332	,237	-,097	,145	,319	,138	-,284	1,000	,111	,359	,359
VAR12	-,486	-,562	-,117	-,610	,501	-,628	,578	-,318	,517	-,581	,111	1,000	,019	,019
VAR13	-,257	-,291	,333	-,362	,305	-,384	,242	,419	,391	-,373	,359	,019	1,000	1,000
VAR14	-,473	-,571	,126	-,537	,593	-,523	,436	,068	,553	-,560	,092	,293	,477	,477
VAR15	-,475	-,601	,022	-,648	,540	-,569	-,596	-,335	,594	-,616	-,051	,640	-,004	-,004
VAR16	,572	,594	,035	,608	-,553	,600	-,580	,270	-,576	,550	-,032	-,803	-,057	-,057
VAR17	-,294	-,497	,279	-,450	,407	-,493	,279	,272	,547	-,568	,199	,217	,432	,432
VAR18	,570	,601	,027	,627	-,487	-,588	-,529	,367	-,381	,520	-,133	-,660	,108	,108
VAR19	-,192	-,092	,156	-,113	,036	-,199	,135	,373	,351	-,315	,339	,030	,669	,669
VAR20	,480	,707	,007	,616	-,505	,531	-,433	-,176	-,564	,704	-,344	-,429	-,323	-,323
VAR21	,528	,769	-,076	,759	-,532	,708	-,646	,236	-,597	,661	-,046	-,627	-,051	-,051
VAR22	,592	,798	-,089	,869	-,772	,771	-,671	-,072	-,759	,886	-,292	-,567	-,403	-,403
VAR23	,264	,664	-,416	,707	-,499	-,598	-,575	,017	-,611	,579	-,203	-,362	-,186	-,186
VAR24	-,558	-,607	,028	-,672	,641	-,630	,543	-,168	,554	-,682	,256	,570	,087	,087
VAR25	,514	,698	-,128	,661	-,511	,764	-,513	-,192	-,732	,782	-,266	-,460	-,284	-,284
VAR26	-,356	-,559	,072	-,622	,495	-,431	,423	-,233	,419	-,511	,262	,545	,060	,060
VAR27	-,515	-,614	-,013	-,706	,624	-,651	,647	-,181	,623	-,636	,088	,632	,045	,045
VAR28	-,476	-,542	,147	-,702	,751	-,481	,706	-,285	,515	-,550	,158	,584	,230	,230
VAR29	-,636	-,738	-,044	-,614	,534	-,679	,513	,011	,648	-,686	,172	,620	,199	,199
VAR30	-,522	-,662	-,003	,679	-,588	,673	-,527	,082	-,568	,662	-,300	-,664	-,045	-,045

Communalities		
	Initial	Extraction
VAR01	1,000	,619
VAR02	1,000	,793
VAR03	1,000	,775
VAR04	1,000	,861
VAR05	1,000	,732
VAR06	1,000	,832
VAR07	1,000	,774
VAR08	1,000	,740
VAR09	1,000	,809
VAR10	1,000	,863

SPSS Processor is ready H: 611, W: 2140 pt.



*Output3 [Document3] - SPSS Viewer

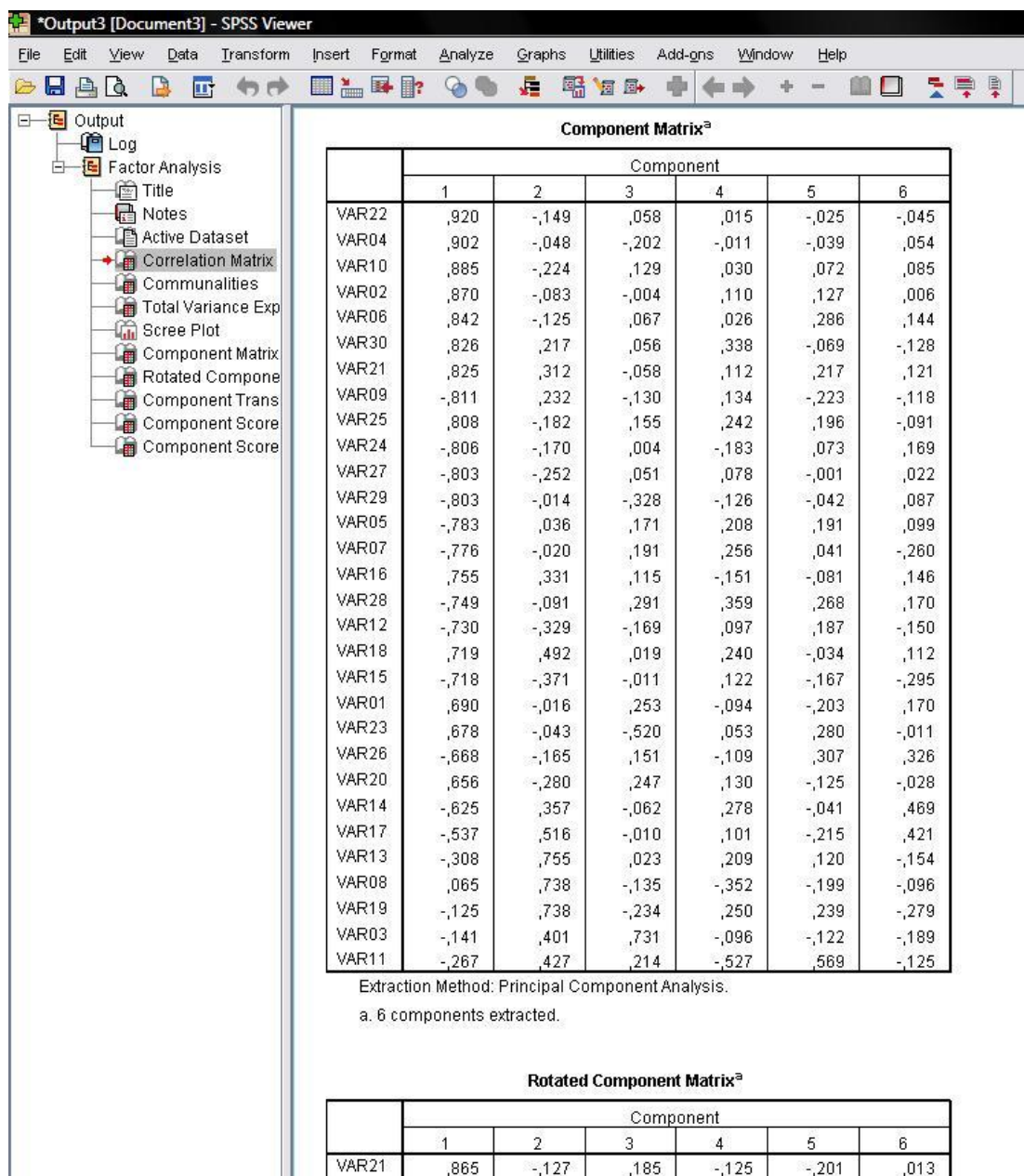
File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Add-ons Window Help

Output

- Log
- Factor Analysis
 - Title
 - Notes
 - Active Dataset
 - Correlation Matrix
 - Communalities
 - Total Variance Explained
 - Scree Plot
 - Component Matrix
 - Rotated Component Matrix**
 - Component Transformation
 - Component Score Coefficient
 - Component Score Covariance

	Component					
	1	2	3	4	5	6
VAR21	,865	-,127	,185	-,125	-,201	,013
VAR15	-,820	-,060	-,050	,235	,115	-,192
VAR18	,816	,044	,302	-,195	,000	-,183
VAR06	,795	-,330	-,191	,049	-,225	,049
VAR30	,771	-,285	,212	-,118	,002	-,364
VAR16	,770	-,041	-,015	-,377	,070	,027
VAR10	,765	-,388	-,309	-,034	-,123	-,122
VAR29	-,757	,392	,064	,015	-,163	,141
VAR02	,757	-,382	-,096	-,057	-,207	-,136
VAR12	-,753	,004	,034	,377	-,150	,069
VAR22	,740	-,446	-,215	-,177	-,113	-,193
VAR27	-,723	,224	-,079	,358	,098	,030
VAR04	,721	-,300	-,138	-,299	-,328	-,187
VAR09	-,711	,387	,344	,023	,156	-,103
VAR25	,710	-,491	-,087	,148	-,093	-,177
VAR24	-,693	,337	-,152	,222	,040	,282
VAR07	-,665	,085	,258	,401	,309	-,033
VAR01	,648	-,118	-,313	-,225	,143	-,129
VAR20	,527	-,367	-,310	,016	,080	-,295
VAR05	-,527	,354	,167	,494	,188	,150
VAR26	-,442	,351	-,180	,436	,039	,408
VAR17	-,204	,809	,246	-,023	,177	,014
VAR14	-,263	,794	,240	,249	,030	-,006
VAR19	,027	,120	,886	-,060	-,033	,093
VAR13	-,053	,300	,764	-,002	,239	,120
VAR28	-,448	,331	,088	,716	,208	,095
VAR08	,111	,230	,424	-,653	,160	,206
VAR03	,054	,037	,167	-,016	,847	,160
VAR23	,502	-,307	,096	-,146	-,660	-,030
VAR11	-,090	-,013	,298	-,037	,219	,877

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 a. Rotation converged in 9 iterations.



Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

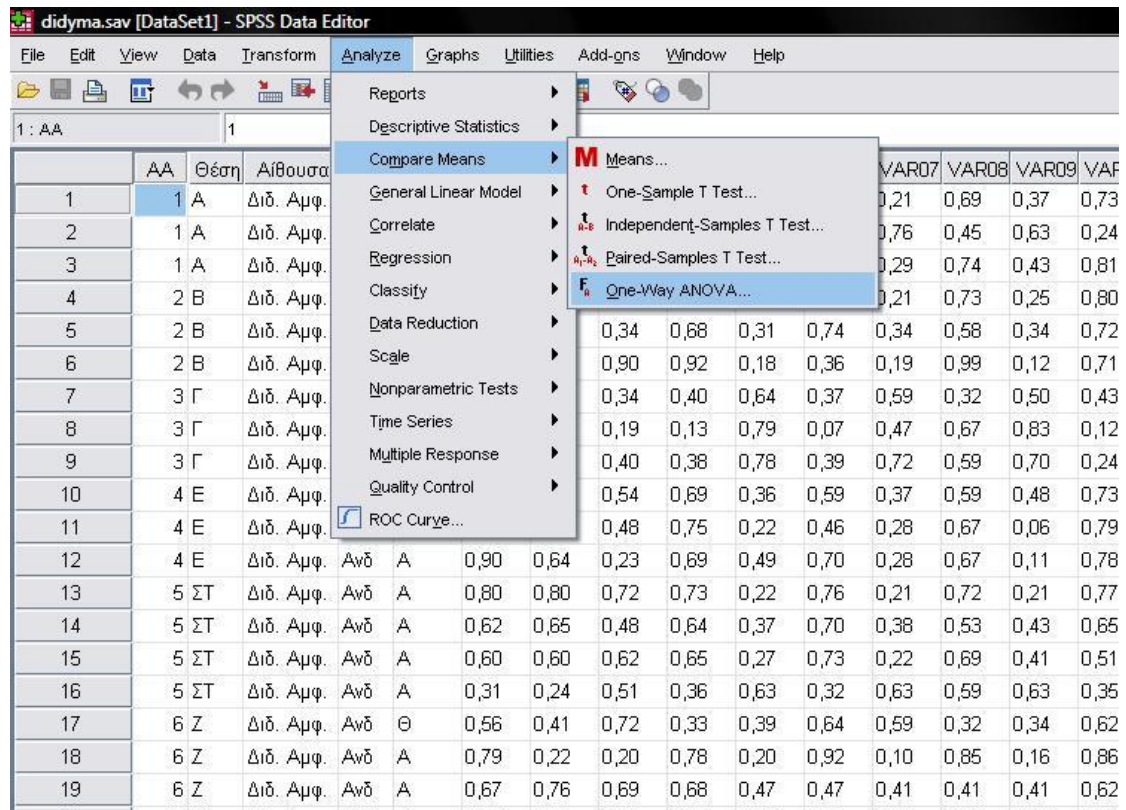
- Correlation matrix (πίνακας συσχετίσεων): Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται μεταβλητές που έχουν ισχυρή συσχέτιση.
- Communalities
- Total Variance Explained (ερμηνεία συνολικής διακύμανσης): Εδώ παρουσιάζονται οι ιδιοτιμές και τα ποσοστά διακύμανσης των παραγόντων. Σημειώνεται ότι παράγοντες με ιδιοτιμή μικρότερη της μονάδας αγνοούνται καθώς αποτελούνται από διακύμανση σφάλματος που είναι δύσκολο να ερμηνευθεί.

- Scree plot: Στο γράφημα αυτό απεικονίζονται οι παράγοντες συναρτήσει των ιδιοτιμών τους.
- Component matrix (πίνακας συντελεστών): Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται οι φορτίσεις των παραγόντων πριν την περιστροφή του.
- Rotated component matrix (περιστρεμμένος πίνακας συντελεστών): Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται οι φορτίσεις των παραγόντων μετά την περιστροφή του.

3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

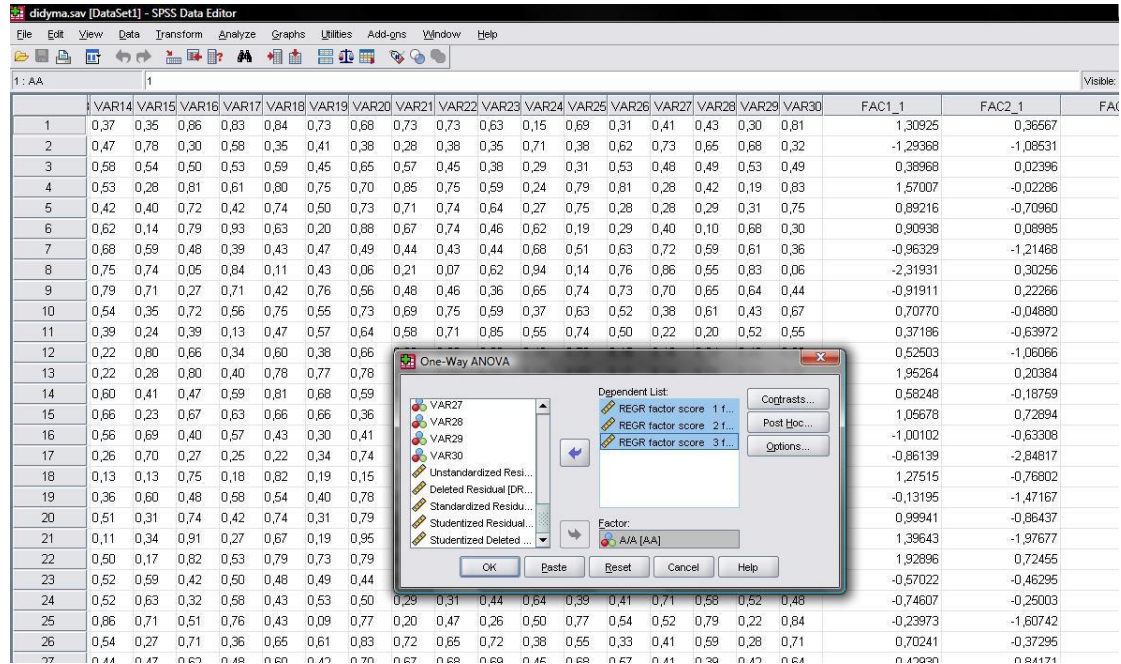
❖ Βήμα 1

Έχοντας τρέξει την ανάλυση, έχουν εξαχθεί τα factor scores (βρίσκονται δεξιά του τελευταίου παράγοντα, σε μορφή FACX_1) από τα προηγούμενα βήματα. Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται η επιλογή Analyze, από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Compare means και στην συνέχεια επιλέγουμε one-way ANOVA.



❖ Βήμα 2

Τώρα έχει ανοίξει το πλαίσιο διαλόγου του One-Way ANOVA. Στην στήλη Dependent list τοποθετούμε όλα τα factor scores (REGR factor score 1 of X), και στην στήλη factor τοποθετούμε την στήλη A/A (πρώτη στήλη με τον αύξοντα αριθμό κατά ίδιες θέσεις - ομαδοποίηση).



❖ Βήμα 3

Επιλέγουμε μόνο τα options και στο νέο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε Descriptive.

The screenshot shows the SPSS One-Way ANOVA dialog boxes. The main dialog has 'Dependent List' containing 'REGR factor score 1 f...', 'REGR factor score 2 f...', and 'REGR factor score 3 f...'. The 'Factor' is 'A/A [AA]'. The 'One-Way ANOVA: Options' dialog is open, showing 'Statistics' with 'Descriptive' checked, and 'Missing Values' with 'Exclude cases analysis by analysis' selected.

❖ Βήμα 4

Επιλέγουμε Continue και στην συνέχεια OK . Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.

*Output3 [Document3] - SPSS Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Add-ons Window Help

Output

- Log
- Factor Analysis
 - Title
 - Notes
 - Active Dataset
 - Correlation Matrix
 - Communalities
 - Total Variance Explained
 - Scree Plot
 - Component Matrix
 - Rotated Component Matrix
 - Component Transformation
 - Component Score Coefficient
 - Component Score Covarian
- Log
- Oneway
 - Title
 - Notes
 - Active Dataset
 - Descriptives
 - ANOVA

Oneway

[DataSet1] C:\Users\root\Desktop\Diplmatikh\Mine\SPSS\didyma.sav

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 1	6	-.1715662	1,13089823	,46168727	-1,3583711	1,0152387	-.1,29368	1,30925
	2	,7913374	,49274601	,20116272	-,2742321	1,3084426	-,11252	1,57007
	3	-1,3484152	,61834558	,25243853	-1,9973291	-,6995013	-,231931	-,81587
	4	,4007402	,57680390	,23547921	-,2045783	1,0060588	-,52754	1,18954
	5	,2597576	1,21299776	,42885947	-,7543339	1,2738491	-,123963	1,95264
	6	-,4453435	,98064445	,40034642	-1,4744668	,5837797	-,1,65455	1,27515
	7	,9146333	,99272005	,40527626	-,1271625	1,9564291	-,96418	1,92896
	8	-,4991721	,20148975	,10074488	-,8197872	-,1785569	-,74607	-,28900
	9	-,0598390	,55651559	,22719654	-,6438663	,5241883	-,73896	,70241
	10	-,1426638	,38941272	,19470636	-,7623063	,4768788	-,72237	,09596
Total	58	,0000000	1,00000000	,13130643	-,2629366	,2629366	-,231931	1,95264
REGR factor score 2 for analysis 1	6	-,0357386	1,04244440	,42557614	-1,1297169	1,0582397	-,1,08531	1,74784
	2	,3856262	,93613449	,38217530	-,5967866	1,3680391	-,70960	1,99854
	3	,0328224	,87940368	,35901505	-,8900551	,9557000	-,1,21468	1,22510
	4	-,1039576	,93102970	,38009128	-1,0810134	,8730981	-,1,06066	1,63780
	5	,0197931	,41848878	,14795813	-,3300722	,3696585	-,63308	,72894
	6	-,7412140	1,27430437	,52023258	-2,0785145	,5960864	-,2,84817	,73461
	7	,0131687	1,22028083	,49817756	-1,2674375	1,2937749	-,1,97677	1,21064
	8	-,0934880	,42107667	,21053834	-,7635149	,5765390	-,4,6295	,51052
	9	,2860423	1,51393016	,61805940	-1,3027300	1,8748146	-,1,60742	2,52677
	10	,2987776	1,29702048	,64851024	-1,7650715	2,3626266	-,76604	2,05378
Total	58	,0000000	1,00000000	,13130643	-,2629366	,2629366	-,2,84817	2,52677
REGR factor score 3 for analysis 1	6	,5980271	,43995094	,17960922	-,1363269	1,0597273	,08070	1,38697
	2	-,0001050	1,09743209	,44802477	-1,1517894	1,1515793	-,1,52231	1,27868
	3	-,7100144	1,36302304	,55645183	-2,1404194	,7203905	-,2,31261	1,31465
	4	-,3040116	,99882407	,40776822	-1,3522132	,7441899	-,1,49816	1,18837
	5	,0812615	,29518524	,10436374	-,1655196	,3280425	-,30947	,52660
	6	,6818324	,96857489	,39541904	-,3346246	1,6982894	-,73995	1,54377
	7	-,4803149	,67076184	,27383737	-1,1842363	,2236064	-,1,62117	,21911
	8	,3813820	,83728826	,41864413	-,9509305	1,17136945	-,33597	1,39342
	9	,0105917	1,27688126	,52128459	-1,3294130	1,3505964	-,1,24041	2,43409
	10	-,2379128	1,54565183	,77282591	-2,6973897	2,2215642	-,1,75048	1,88957
Total	58	,0000000	1,00000000	,13130643	-,2629366	,2629366	-,2,31261	2,43409

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	23,655	9	2,628	3,784	,001
	Within Groups	33,345	48	,695		
	Total	57,000	57			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	5,155	9	,573	,530	,845
	Within Groups	51,845	48	1,080		
	Total	57,000	57			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	10,760	9	1,196	1,241	,293
	Within Groups	46,240	48	,963		
	Total	57,000	57			

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

- Descriptives
- ANOVA: Στον πίνακα αυτό επιστρατεύεται η F στατιστική για να ελεγχθεί η βασική μηδενική υπόθεση. Στην τελευταία στήλη του παρόντος πίνακα εμφανίζεται το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας (Significance level) το οποίο συγκρινόμενο με το επίπεδο σημαντικότητας που έχει υιοθετηθεί κάνει δεκτή ή όχι την αρχική μηδενική υπόθεση (για να είναι αποδεκτή πρέπει το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας να είναι μικρότερο ή ίσο με αυτό που έχει υιοθετηθεί).

Γενικές Πληροφορίες: Αριθμός:...

Ημερομηνία:

Παρακαλώ συμπληρώστε το κατάλληλο κουτί (έναμόνο κουτί ανά ερώτηση).

1. ΦΥΛΟ

Άρρεν

Θήλυ

2. ΗΛΙΚΙΑ

18 – 32

33 – 62

Άνω των 62

3. ΠΟΣΟ ΕΞΟΙΚΕΙΩΜΕΝΟΣ ΕΙΣΤΕ ΜΕ ΤΟ ΑΚΟΥΣΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ;

Πολύ

Μέτρια

Λίγο

Καθόλου

4. ΠΟΣΟ ΕΞΟΙΚΕΙΩΜΕΝΟΣ ΕΙΣΤΕ ΜΕ ΤΟ ΑΚΟΥΣΜΑ ΒΥΖΑΝΤΙΝΗΣ

ΕΛΛΗΝΟΡΘΟΔΟΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ;

Πολύ

Μέτρια

Λίγο

Καθόλου

5. ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΕΙΤΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΟΡΘΟΔΟΞΗ ΕΚΚΛΗΣΙΑ;

Πολύ συχνά

Αρκετά συχνά

Σπάνια

Καθόλου

ΟΔΗΓΙΕΣ:

Το ερωτηματολόγιο χρησιμοποιεί έναν αριθμό από (διπολικές) κλίμακες αξιολόγησης οι οποίες στα δύο άκρα τους (πόλους) έχουν δύο αντίθετες εκφράσεις. Καλείστε να αξιολογήσετε την ακουστική απόδοση της βυζαντινής λειτουργίας σημειώνοντας πάνω σε κάθε κλίμακα, σε κατάλληλη απόσταση από τα άκρα(πόλους).

π.χ. Αν κρίνετε ότι ο ήχος ακούγεται κοντινός μπορείτε να σημειώσετε όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί:

Εγγύς ————|————— **Απόμακρος**

Μη διστάσετε να χρησιμοποιήσετε όλο το εύρος της κλίμακας.

Επίσης θέλω να τονίσω ,όσον αφορά στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, ότι η κρίση σας πρέπει να γίνει με γνώμονα την ποιότητα της ακουστικής και όχι του περιεχομένου.

Μη συλλογίζεστε πάρα πολύ πάνω στις απαντήσεις σας, να είστε αυθόρμητοι.

Παρακαλώ να απαντήσετε όλες τις ερωτήσεις, ευχαριστώ.

Θωμάς Σερβετάς

Καθαρός

Θαμπός

Έντονος

Ήρεμος

Άτονος

Μελωδικός

Ζωηρός

Υποτονικός

Άδειος

Γεμάτος

Ευχάριστος

Δυσάρεστος

Ψυχρός

Ζεστός

Πλούσιος

Φτωχός

Ρηχός

Βαθύς

Προτιμητέος

Μη προτιμητέος

Απαλός _____ Σκληρός

Απόμακρος _____ Εγγύς

Αδύναμος _____ Ισχυρός

Ευκρινής _____ Ασαφής

Αδιάφορος _____ Ξεχωριστός

Αρμονικός _____ Παράφωνος

Ευρύς _____ Περιορισμένος

Ισοροπημένος _____ Χωρίς Ισορροπία

Μακρύς _____ Σύντομος

Παράρτημα 6. Πίνακες Αποτελεσμάτων

Correlation Matrix

	ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜ ΠΟΣ	ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕ ΜΟΣ	ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩ ΔΙΚΟΣ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	1,000	,116	-,179
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	,116	1,000	-,006
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,179	-,006	1,000
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,208	,329	-,171
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,117	-,101	,401
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,298	,054	-,267
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,152	-,019	,370
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,233	,165	-,287
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	-,019	-,103	,223
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,316	,030	-,307
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,127	-,261	-,162
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,272	-,013	,095
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,174	-,246	,144
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,385	,008	-,291
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,387	,111	,277
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,334	,040	-,431
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,157	,109	-,320
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,405	-,004	-,320
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,048	-,011	-,096

Correlation Matrix

	ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤ ΟΝΙΚΟΣ	ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤ ΟΣ	ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_Δ ΥΣΑΡΕΣΤΟΣ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,208	-,117	,298
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	,329	-,101	,054
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,171	,401	-,267
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	1,000	-,185	,363
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,185	1,000	-,224
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,363	-,224	1,000
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,159	,468	-,436
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,272	-,563	,359
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	-,059	,398	-,045
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,307	-,372	,624
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	-,059	-,104	,248
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,152	,304	-,221
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,236	,394	-,091
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,330	-,308	,534
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,163	,297	-,317
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,138	-,288	,462
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,116	-,321	,177
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,123	-,282	,465
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,043	-,197	-,125

Correlation Matrix

	ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤ ΟΣ	ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩ ΧΟΣ	ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	-,152	,233	-,019
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	-,019	,165	-,103
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	,370	-,287	,223
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	-,159	,272	-,059
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	,468	-,563	,398
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	-,436	,359	-,045
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	1,000	-,507	,376
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	-,507	1,000	-,362
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	,376	-,362	1,000
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	-,516	,494	-,127
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	-,364	,195	-,009
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	,333	-,296	,043
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	,142	-,309	,366
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	-,377	,415	-,068
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	,398	-,370	,171
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	-,355	,405	-,118
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	-,315	,455	-,333
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	-,341	,371	-,064
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,060	,216	-,441

Correlation Matrix

	ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ _ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤ ΕΟΣ	ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡ ΟΣ	ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_Ε ΓΓΥΣ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,316	,127	-,272
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	,030	-,261	-,013
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,307	-,162	,095
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,307	-,059	-,152
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,372	-,104	,304
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,624	,248	-,221
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,516	-,364	,333
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,494	,195	-,296
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	-,127	-,009	,043
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	1,000	,335	-,369
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,335	1,000	-,223
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,369	-,223	1,000
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,108	,210	,286
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,565	,318	-,461
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,408	-,308	,507
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,529	,375	-,310
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,227	,227	-,194
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,461	,357	-,311
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,045	,006	,105

Correlation Matrix

	ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧ ΥΡΟΣ	ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑ ΦΗΣ	ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕ ΧΩΡΙΣΤΟΣ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	-,174	,385	-,387
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	-,246	,008	,111
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	,144	-,291	,277
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	-,236	,330	-,163
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	,394	-,308	,297
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	-,091	,534	-,317
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	,142	-,377	,398
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	-,309	,415	-,370
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	,366	-,068	,171
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	-,108	,565	-,408
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,210	,318	-,308
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	,286	-,461	,507
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	1,000	-,166	,210
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	-,166	1,000	-,501
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	,210	-,501	1,000
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	-,155	,560	-,345
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	-,282	,256	-,319
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	-,114	,519	-,342
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,188	,002	-,030

Correlation Matrix

	ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_Π ΑΡΑΦΩΝΟΣ	ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙ ΣΜΕΝΟΣ	ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝ ΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡ ΡΟΠΙΑ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,334	,157	,405
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	,040	,109	-,004
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,431	-,320	-,320
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,138	,116	,123
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,288	-,321	-,282
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,462	,177	,465
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,355	-,315	-,341
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,405	,455	,371
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	-,118	-,333	-,064
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,529	,227	,461
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,375	,227	,357
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,310	-,194	-,311
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,155	-,282	-,114
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,560	,256	,519
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,345	-,319	-,342
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	1,000	,427	,609
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,427	1,000	,371
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,609	,371	1,000
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	,098	,281	,070

Correlation Matrix

	ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	-,048
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	-,011
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,096
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	-,043
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,197
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	-,125
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,060
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,216
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	-,441
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	-,045
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,006
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	,105
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,188
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,002
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,030
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,098
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,281
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,070
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	1,000

Communalities

	Initial	Extraction
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	1,000	,346
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	1,000	,533
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	1,000	,313
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	1,000	,533
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	1,000	,537
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	1,000	,556
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	1,000	,501
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	1,000	,587
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	1,000	,631
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	1,000	,618
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	1,000	,609
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	1,000	,336
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	1,000	,541
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	1,000	,636
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	1,000	,435
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	1,000	,560
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	1,000	,455
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	1,000	,525
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	1,000	,510

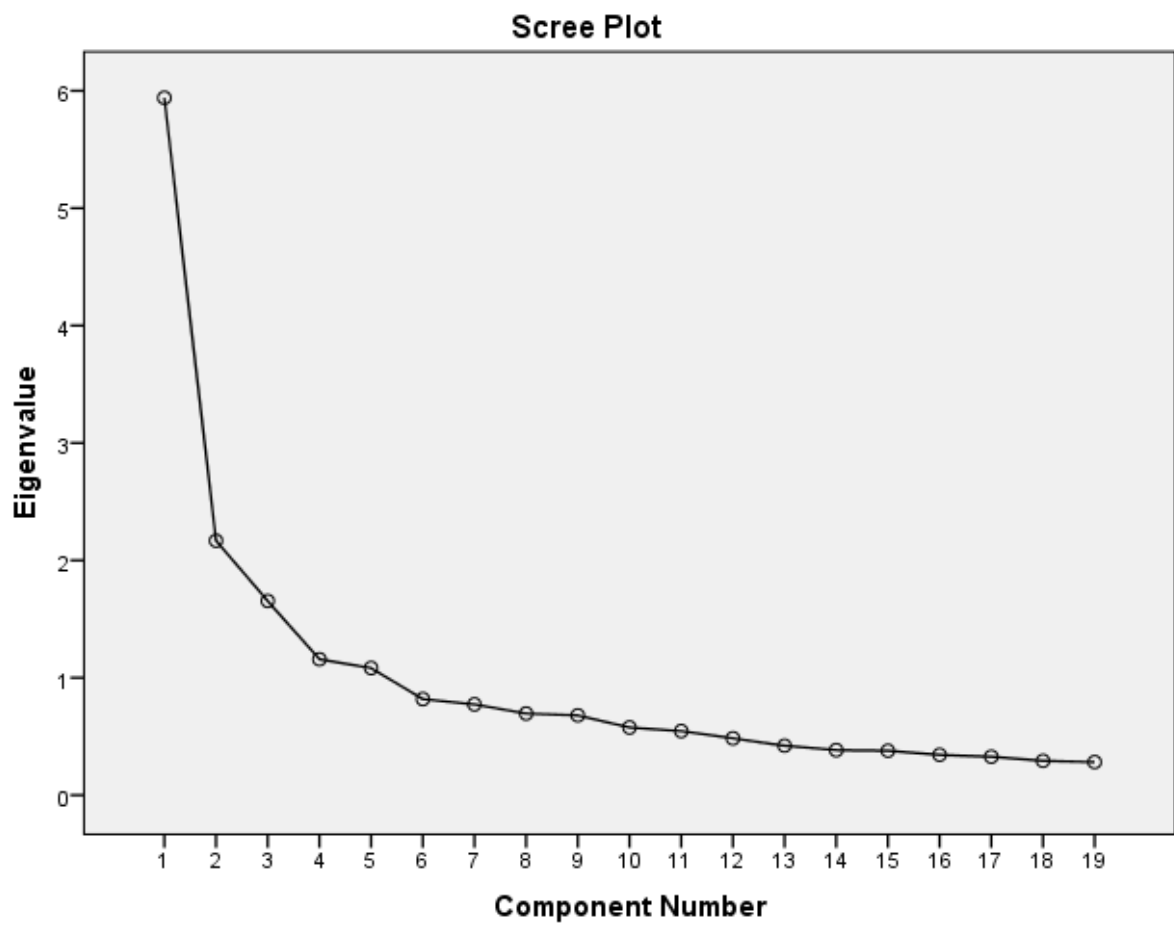
Extraction Method: Principal Component Analysis.

Total Variance Explained					
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings	
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance
1	5,940	31,265	31,265	5,940	31,265
2	2,167	11,406	42,671	2,167	11,406
3	1,654	8,706	51,377	1,654	8,706
4	1,158	6,093	57,470		
5	1,083	5,699	63,169		
6	,818	4,307	67,475		
7	,773	4,070	71,546		
8	,695	3,658	75,203		
9	,679	3,576	78,779		
10	,576	3,032	81,810		
11	,546	2,871	84,682		
12	,484	2,549	87,230		
13	,421	2,216	89,447		
14	,383	2,018	91,464		
15	,378	1,989	93,453		
16	,343	1,807	95,260		
17	,327	1,722	96,982		
18	,292	1,535	98,517		
19	,282	1,483	100,000		

Total Variance Explained

Component	Extraction Sums of Squared Loadings	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	31,265	5,091	26,796	26,796
2	42,671	2,878	15,150	41,945
3	51,377	1,792	9,432	51,377
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,744	,238	,087
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,739	,274	,123
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,720	,171	-,112
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,711	-,286	-,003
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,680	,062	,188
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,679	,236	-,092
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,643	,310	,216
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,642	-,131	,071
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,606	,408	,052
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,551	-,316	-,227
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,543	-,154	-,131
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,528	,112	,149
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,476	,205	,279
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	-,350	,672	,238
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	,136	-,578	-,397
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,362	,558	-,313
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	,095	-,357	,630
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,374	-,077	,622
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,420	,419	-,507

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
ΕΥΚΡΙΝΗΣ_ΑΣΑΦΗΣ	,790	-,075	,076
ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ_ΜΗΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	,775	-,120	,058
ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΣ_ΔΥΣΑΡΕΣΤΟΣ	,733	,037	,133
ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ_ΠΑΡΑΦΩΝΟΣ	,701	-,244	-,096
ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟΣ_ΧΩΡΙΣΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	,697	-,166	-,109
ΑΔΙΑΦΟΡΟΣ_ΞΕΧΩΡΙΣΤΟΣ	-,619	,222	,051
ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ_ΕΓΓΥΣ	-,564	,074	-,112
ΨΥΧΡΟΣ_ΖΕΣΤΟΣ	-,550	,440	,071
ΚΑΘΑΡΟΣ_ΘΑΜΠΟΣ	,544	,058	,216
ΑΤΟΝΟΣ_ΜΕΛΩΔΙΚΟΣ	-,398	,393	,032
ΡΗΧΟΣ_ΒΑΘΥΣ	,027	,787	-,103
ΜΑΚΡΥΣ_ΣΥΝΤΟΜΟΣ	-,189	-,681	-,103
ΑΔΕΙΟΣ_ΓΕΜΑΤΟΣ	-,341	,621	-,188
ΕΥΡΥΣ_ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΣ	,316	-,596	-,014
ΠΛΟΥΣΙΟΣ_ΦΤΩΧΟΣ	,495	-,553	,192
ΕΝΤΟΝΟΣ_ΗΡΕΜΟΣ	-,012	-,062	,727
ΖΩΗΡΟΣ_ΥΠΟΤΟΝΙΚΟΣ	,362	,026	,634
ΑΠΑΛΟΣ_ΣΚΛΗΡΟΣ	,508	-,077	-,587
ΑΔΥΝΑΜΟΣ_ΙΣΧΥΡΟΣ	-,096	,474	-,554

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 6 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	,881	-,461	,106
2	,460	,784	-,417
3	,109	,417	,902

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser

Normalization.

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	5	-.4785399	.95539625	.42726619	-1.6648211	.7077412	-1.75233	.45977
2	5	.5138775	.88370548	.39520511	-.5833878	1.6111428	-.45798	1.58765
3	5	1.5649555	.31664947	.14160995	1.1717833	1.9581278	1.06883	1.87553
4	5	-.1259202	.70642230	.31592166	-1.0030594	.7512189	-.90283	.73400
5	5	-.2004554	.42499532	.19006368	-.7281568	.3272460	-.72179	.22515
6	5	-.7847015	.51246417	.22918094	-1.4210098	-.1483932	-1.44814	-.28787
7	5	.2954310	1.02240934	.45723536	-.9740578	1.5649199	-.87967	1.31349
8	5	-.4189903	.84811779	.37928981	-1.4720676	.6340870	-1.41826	.80242
9	5	-.0274806	.97315321	.43520734	-1.2358099	1.1808487	-1.14455	1.01796
REGR factor score 1 for analysis 1	10	.2538848	.66829183	.29886919	-.5759091	1.0836787	-.61571	1.07882
11	5	.3902083	1.15121494	.51483897	-1.0392138	1.8196305	-1.43381	1.52050
12	5	-.8163550	1.18150803	.52838645	-2.2833910	.6506810	-2.19316	.47246
13	5	-.6764821	1.16409868	.52060076	-2.1219015	.7689373	-2.45964	.42162
14	5	.0832815	1.02379156	.45785350	-1.1879236	1.3544866	-1.34537	1.18495
15	5	.7310383	1.04708664	.46827138	-.5690915	2.0311681	-.64342	1.85091
16	5	-.2215225	.55815668	.24961525	-.9145655	.4715206	-.94031	.55163
17	5	.3441392	1.24672804	.55755373	-1.2038781	1.8921566	-1.37332	1.80496
18	5	-.1157946	.77640632	.34721946	-1.0798304	.8482412	-.92125	1.05749
19	5	-.2637867	1.17770485	.52668562	-1.7261004	1.1985270	-1.32102	1.52174

20	5	-.4245824	.95490198	.42704515	-1.6102498	.7610850	-1.29646	1.05162
21	5	-.0190701	.38923060	.17406921	-.5023637	.4642235	-.68215	.35039
22	5	1.2893988	.92873899	.41534470	.1362170	2.4425805	.10797	2.55740
23	5	.3210137	.66583430	.29777015	-.5057288	1.1477562	-.66448	1.13309
24	5	-.9649085	1.64801721	.73701570	-3.0111921	1.0813751	-2.62223	1.56799
25	5	-1.0310085	1.44409925	.64582082	-2.8240945	.7620776	-2.58458	.87211
26	5	-.4819434	.85617516	.38289317	-1.5450253	.5811385	-1.70903	.65626
27	5	-.2852118	.56385742	.25216470	-.9853332	.4149097	-1.01378	.44117
28	5	.2607766	.23623151	.10564594	-.0325436	.5540968	.03200	.60477
29	5	-.8453225	.32086818	.14349661	-1.2437329	-.4469120	-1.36324	-.53818
30	5	.3759937	.67921823	.30375563	-.4673671	1.2193545	-.41751	1.16197
31	5	.1504290	.68826330	.30780070	-.7041628	1.0050207	-.54071	1.22864
32	5	-.5870405	.50855684	.22743353	-1.2184972	.0444162	-1.15800	.06611
33	5	.2063188	.55386030	.24769386	-.4813896	.8940272	-.35647	.87999
34	5	.3370634	.85552572	.38260273	-.7252120	1.3993389	-.89250	1.33881
35	5	.0328611	.78712212	.35201171	-.9444801	1.0102023	-.63256	1.23766
36	5	.2580763	.74742171	.33425715	-.6699703	1.1861229	-.56129	.91196
37	5	-.7905718	.87257275	.39022640	-1.8740139	.2928704	-1.66422	.41757
38	5	.7783574	1.89119097	.84576631	-1.5698663	3.1265812	-1.50006	2.85337
39	5	.0255146	.83683415	.37424361	-1.0135522	1.0645815	-.96998	1.04635
40	5	-.5903451	.65410449	.29252442	-1.4025231	.2218328	-1.41658	.33626
41	5	.5176262	.64909469	.29028397	-.2883313	1.3235837	-.09171	1.59467
42	5	-.3313177	.54323463	.24294191	-1.0058326	.3431972	-.87266	.28751
43	5	-.3388226	1.29251403	.57802984	-1.9436907	1.2660456	-2.24214	.95220

Π5: Πίνακες Αποτελεσμάτων

	44	5	.7647683	.45169022	.20200201	.2039208	1.3256158	.22975	1.43188
	45	5	-.7534753	.73433506	.32840462	-1.6652727	.1583221	-1.67167	.27624
	46	5	.7351284	.64384277	.28793524	-.0643080	1.5345647	-.40745	1.09928
	47	5	.7922859	.93828376	.41961325	-.3727473	1.9573190	-.39852	2.05352
	48	5	.5294808	.99112433	.44324428	-.7011626	1.7601242	-1.13683	1.37949
	49	5	-.0589627	.53806978	.24063212	-.7270646	.6091392	-.95585	.40365
	50	5	.0807026	1.65724433	.74114220	-1.9770380	2.1384432	-1.96417	2.10806
	Total	250	.0000000	1.00000000	.06324555	-.1245644	.1245644	-2.62223	2.85337
REGR factor score 2 for analysis 1	1	5	-.8716971	1.49507455	.66861766	-2.7280773	.9846832	-2.47032	.65839
	2	5	.7299835	1.59729663	.71433277	-1.2533222	2.7132892	-.91650	2.50605
	3	5	.4587270	.18802455	.08408713	.2252637	.6921904	.32231	.74925
	4	5	-.4191404	.99461662	.44480608	-1.6541200	.8158393	-2.06971	.45149
	5	5	-.0212307	.99032770	.44288801	-1.2508849	1.2084236	-1.23019	.92141
	6	5	1.1331326	.63943532	.28596417	.3391687	1.9270964	.26293	1.65511
	7	5	-.6062787	.81747578	.36558628	-1.6213089	.4087516	-1.61468	.35969
	8	5	.5374122	.53196055	.23789999	-.1231041	1.1979284	-.27919	1.20248
	9	5	.4006725	.34098801	.15249448	-.0227201	.8240650	-.12102	.71880
	10	5	.0172493	1.83963497	.82270977	-2.2669592	2.3014578	-2.43411	1.80700
	11	5	-.4420232	.15435798	.06903099	-.6336839	-.2503624	-.64201	-.28043
	12	5	-.1140581	1.06128623	.47462163	-1.4318190	1.2037028	-1.60561	1.12809
	13	5	-1.1073099	1.01762629	.45509631	-2.3708598	.1562400	-2.25317	.05645
	14	5	-.7122567	.94991811	.42481629	-1.8917358	.4672224	-1.98911	.39884
	15	5	-.2600745	1.13286275	.50663163	-1.6667094	1.1465603	-1.13693	1.64053
	16	5	-.5490256	.58461904	.26144958	-1.2749260	.1768749	-1.41407	.10818
	17	5	.3563184	.58928495	.26353624	-.3753755	1.0880123	-.59752	.83996

18	5	.8871861	.60616200	.27108389	.1345365	1.6398356	.22112	1.68372
19	5	-.3270581	.97191055	.43465161	-1.5338444	.8797283	-1.32531	.94392
20	5	1.0342171	.63382265	.28345411	.2472223	1.8212119	.30879	1.66924
21	5	1.4082215	.48687466	.21773697	.8036868	2.0127563	.78570	2.08038
22	5	.2514392	.83386275	.37291476	-.7839382	1.2868166	-.77751	.95600
23	5	.1182394	1.26819927	.56715596	-1.4564380	1.6929168	-1.54510	2.01219
24	5	-.7496668	1.13304414	.50671275	-2.1565270	.6571933	-2.27009	.56759
25	5	.3242799	1.27123400	.56851313	-1.2541656	1.9027254	-1.17202	2.16985
26	5	-.5639411	1.03164227	.46136445	-1.8448942	.7170120	-2.23607	.36109
27	5	-.2897452	.30364190	.13579278	-.6667664	.0872760	-.63908	.18617
28	5	.8282326	.20970344	.09378223	.5678514	1.0886138	.64957	1.14702
29	5	-.0805827	.69869474	.31246579	-.9481268	.7869614	-.96160	.62549
30	5	.9337822	.66291202	.29646327	.1106683	1.7568962	.06416	1.68100
31	5	-.3336254	.59898520	.26787432	-1.0773638	.4101129	-1.06045	.46959
32	5	-.1495492	.67433385	.30157127	-.9868453	.6877469	-1.10574	.52875
33	5	-.8418480	.82810629	.37034039	-1.8700778	.1863817	-1.81207	.35690
34	5	-.4127021	.33629909	.15039753	-.8302726	.0048683	-.74517	.05318
35	5	-.5610744	.95537066	.42725475	-1.7473237	.6251750	-1.95674	.42164
36	5	-.5844436	1.02955747	.46043210	-1.8628081	.6939208	-2.14073	.29752
37	5	.1860155	.51967157	.23240419	-.4592420	.8312729	-.45069	.83772
38	5	-.0059153	.61178650	.27359924	-.7655486	.7537179	-.58503	.80450
39	5	-.4668186	.66552870	.29763348	-1.2931816	.3595444	-1.42988	.23102
40	5	.0684234	.89972707	.40237018	-1.0487354	1.1855821	-1.19060	.84512
41	5	.2953741	.31844243	.14241178	-.1000244	.6907726	-.12944	.59270
42	5	-.5955624	.78623059	.35161301	-1.5717966	.3806718	-1.44657	.22915

Π5: Πίνακες Αποτελεσμάτων

	43	5	-.9072117	1.58766944	.71002736	-2.8785637	1.0641403	-2.54726	1.24700
	44	5	.2818116	1.18416119	.52957298	-1.1885187	1.7521419	-1.76789	1.21819
	45	5	-.4766669	.80131449	.35835873	-1.4716302	.5182965	-1.37820	.34402
	46	5	.6669124	.24113482	.10783877	.3675040	.9663208	.35171	.94075
	47	5	.8926223	.37490229	.16766140	.4271196	1.3581249	.45849	1.37334
	48	5	.2859138	1.17479452	.52538408	-1.1727863	1.7446138	-1.25198	1.70251
	49	5	-.2363123	1.01801487	.45527009	-1.5003447	1.0277201	-1.89069	.56300
	50	5	.5896522	.49704825	.22228673	-.0275147	1.2068192	-.17047	1.11393
	Total	250	.0000000	1.00000000	.06324555	-.1245644	.1245644	-2.54726	2.50605
REGR factor score 3 for analysis 1	1	5	.4392913	.75410238	.33724484	-.4970505	1.3756331	-.60291	1.12533
	2	5	1.3243941	1.45141054	.64909053	-.4777701	3.1265583	-1.13490	2.73226
	3	5	.8739443	.29814219	.13333324	.5037519	1.2441367	.44192	1.20543
	4	5	-.2581101	.39588906	.17704697	-.7496713	.2334511	-.72582	.21029
	5	5	.2977607	.46213356	.20667241	-.2760539	.8715753	-.19271	.96808
	6	5	1.0434456	1.30728512	.58463568	-.5797633	2.6666544	-1.12489	2.22230
	7	5	.1977204	.63116247	.28226444	-.5859714	.9814121	-.56110	1.06215
	8	5	-.4816063	.82237094	.36777547	-1.5027147	.5395021	-1.39715	.46101
	9	5	.0106955	.58942267	.26359783	-.7211694	.7425605	-.58485	.99730
	10	5	.8117317	1.10340736	.49345877	-.5583295	2.1817929	-.73450	2.19604
	11	5	1.0164721	.84867328	.37953823	-.0372950	2.0702392	-.25203	1.78336
	12	5	-.3086455	.80239967	.35884404	-1.3049563	.6876652	-1.00080	1.03692
	13	5	-.1561008	.31229520	.13966266	-.5438665	.2316649	-.60833	.11590
	14	5	-.4015660	.85414824	.38198671	-1.4621312	.6589991	-1.34942	.65422
	15	5	.0564281	1.01625761	.45448422	-1.2054224	1.3182786	-1.09041	1.42038

16	5	.3567247	1.37381910	.61439058	-1.3490970	2.0625464	-.75775	2.56799
17	5	-1.5900855	.96928545	.43347763	-2.7936123	-.3865586	-2.79229	-.11442
18	5	1.7392009	1.08791804	.48653174	.3883722	3.0900296	.87336	3.63618
19	5	-.6332409	.41344497	.18489821	-1.1466007	-.1198812	-1.13300	.00925
20	5	-.2558063	1.31197994	.58673526	-1.8848446	1.3732319	-1.56161	1.88872
21	5	1.2866314	.28464281	.12729614	.9332007	1.6400622	.85943	1.55940
22	5	-.2698720	1.06651831	.47696149	-1.5941294	1.0543854	-1.61632	1.09206
23	5	.1678679	1.22864779	.54946800	-1.3576998	1.6934356	-1.26837	1.49151
24	5	.3634251	1.07542439	.48094441	-.9718907	1.6987409	-1.33905	1.34487
25	5	-.1232263	1.10408875	.49376350	-1.4941336	1.2476809	-1.78365	.97172
26	5	-.5393593	.47162671	.21091788	-1.1249612	.0462426	-1.08807	-.08217
27	5	.3011340	.98130865	.43885457	-.9173216	1.5195896	-.50959	1.88249
28	5	-.2746800	.31605718	.14134507	-.6671168	.1177568	-.65969	.05712
29	5	.3379056	1.00151460	.44789095	-.9056390	1.5814502	-.92572	1.37536
30	5	.5234658	.67968296	.30396346	-.3204720	1.3674037	-.21359	1.48803
31	5	-.6860864	.39260648	.17557895	-1.1735717	-.1986010	-1.36366	-.43659
32	5	-.5397041	.44175824	.19756029	-1.0882194	.0088112	-1.03510	-.12753
33	5	.2682639	.36407953	.16282131	-.1838005	.7203284	-.33019	.64570
34	5	-.1044067	.14280341	.06386362	-.2817206	.0729071	-.30835	.09223
35	5	.3715550	.17374598	.07770157	.1558209	.5872892	.11908	.58535
36	5	1.0528588	.71767381	.32095349	.1617490	1.9439685	.05148	1.84902
37	5	-1.1987276	.46278235	.20696256	-1.7733477	-.6241074	-1.74684	-.66764
38	5	-1.1345564	.88337030	.39505521	-2.2314055	-.0377073	-2.41255	.01819
39	5	-.6759424	.47999247	.21465916	-1.2719318	-.0799531	-1.17705	-.01363

Π5: Πίνακες Αποτελεσμάτων

40	5	-.7914980	.87882757	.39302364	-1.8827066	.2997105	-2.16416	.02377
41	5	-.1694059	.30860512	.13801241	-.5525897	.2137780	-.62644	.12666
42	5	.1068886	.57972520	.25926099	-.6129353	.8267125	-.75807	.81703
43	5	-.2611727	1.06242401	.47513046	-1.5803463	1.0580009	-1.20704	1.55495
44	5	-.2147344	1.00475015	.44933793	-1.4622965	1.0328277	-1.75102	.65319
45	5	-.2780187	.77240561	.34543029	-1.2370870	.6810495	-1.28808	.54948
46	5	-.1532799	1.24092372	.55495796	-1.6940902	1.3875305	-1.94760	.77467
47	5	-.3207492	.81441351	.36421679	-1.3319772	.6904787	-1.22777	.99182
48	5	-.5309936	.97974412	.43815489	-1.7475066	.6855194	-1.37605	1.05331
49	5	-.1251192	.44078026	.19712293	-.6724202	.4221818	-.80777	.41500
50	5	-.4711112	.93535216	.41830220	-1.6325043	.6902819	-1.50234	.57672
Total	250	.0000000	1.00000000	.06324555	-.1245644	.1245644	-2.79229	3.63618

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	82.313	49	1.680	2.016	.000
	Within Groups	166.687	200	.833		
	Total	249.000	249			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	90.503	49	1.847	2.331	.000
	Within Groups	158.497	200	.792		
	Total	249.000	249			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	109.373	49	2.232	3.197	.000
	Within Groups	139.627	200	.698		
	Total	249.000	249			

Παράρτημα 6. Η ακουστική ορθόδοξων ναών της νεωτέρας Ελλάδος· σύγχρονες προσεγγίσεις

Η ακουστική ορθόδοξων ναών της νεωτέρας Ελλάδος· σύγχρονες προσεγγίσεις

A. Σωτηροπούλου, αν. καθ., Σχ. Αρχ/νων και Σχ. Πολ. Μηχ/κων ΕΜΠ, alexia@central.ntua.gr

I. Καραγιάννης, υπ. Δρ, Σχ. Αρχ/νων ΕΜΠ, mediumswing@hotmail.com

A. Στάμος, ΕΕΔΙΠ, Σχ. Πολ. Μηχ/κων ΕΜΠ, cyberthanasis@gmail.com

Θ. Σερβετάς, σπουδ., Σχ. Πολ. Μηχ/κων ΕΜΠ, servetasthomas@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι πρώτες προσπάθειες αποτίμησης της προβληματικής ακουστικής ελληνορθόδοξων ναών της νεωτέρας περιόδου, είναι σχετικά πρόσφατες και βασίζονται είτε σε φυσικές ακουστικές μετρήσεις είτε σε πειράματα της αντίληψης της ακουστικής εντός των ναών. Στην παρούσα μελέτη γίνεται ανασκόπηση αυτών των μελετών. Αυτές καταλήγουν ότι, οι τιμές των ακουστικών παραμέτρων που μετρήθηκαν ευρέθησαν εκτός επιθυμητών ορίων· επίσης επιχειρήθηκε στις εργασίες εκείνες, ερμηνεία αυτού του ευρήματος μέσω αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των ναών. Τέλος, επιβεβαιώνεται στις μελέτες εκείνες πειραματικά, ότι η παρουσία μεγαφώνων στους σύγχρονους ελληνορθόδοξους ναούς επικαλύπτει την φυσική ποιότητα του βυζαντινού ακροάματος.

The acoustics of orthodox churches in modern Greece· literature review

ABSTRACT

The earliest attempts to investigate the acoustics of orthodox churches in modern Greece are fairly recent and refer either to physical measurements or to subjective evaluation experiments of the acoustics during live liturgy. The present study is a review of the above research work. Relevant acoustic measurements from various studies of this kind demonstrate that the values of critical acoustic parameters are well beyond optimal values· interpretation of this is attempted in terms of architectural characteristics of the churches. Furthermore, it was experimentally confirmed that the use of loudspeakers in orthodox churches of modern Greece mars the quality of the authentic byzantine chant.

Εισαγωγή

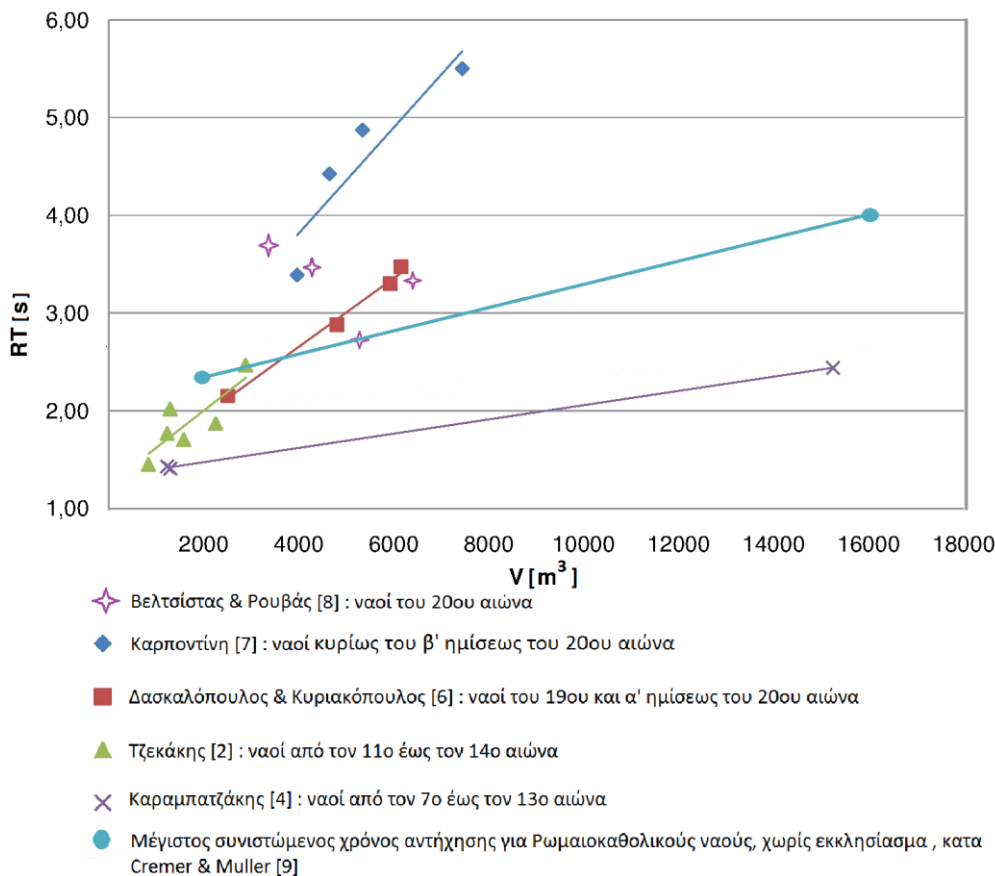
Μιλώντας για τη σύγχρονη εκκλησιαστική αρχιτεκτονική στην Ελλάδα της νεωτέρας περιόδου, διαπιστώνουμε πως η χρήση νέων υλικών, όπως το μπετόν, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην αύξηση του όγκου των ναών με σκοπό την εξυπηρέτηση ευρύτερου εκκλησιάσματος, αλλά δημιούργησαν πρόβλημα στην ακουστική των χώρων. Οι Ελληνορθόδοξοι ναοί της νεωτέρας Ελλάδος είναι αναπαραγωγή αυθεντικών βυζαντινών ναών, όπως ρυθμού βασιλικής με τρούλο,

τρίκλιτης βασιλικής, οκταγωνικού και σταυροειδούς εγγεγραμμένου σε τρούλο, κλπ. Όμως το βασικό χαρακτηριστικό που τους διαφοροποιεί από τα πρωτότυπα των, είναι ότι οι νεώτεροι ναοί εμφανίζονται σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αλλοίωση της καλής ακουστικής και η κατά κανόνα χρήση ηλεκτρονικής ενίσχυσης που, συχνά, αντί να διορθώνει επιτείνει το πρόβλημα.

Οι πρώτες προσπάθειες αποτίμησης του προβλήματος σχετικά με την ακουστική ελληνορθόδοξων ναών της νεωτέρας Ελλάδας ανάγονται μόλις στην τελευταία πενταετία και προέρχονται κυρίως από ερευνητική ομάδα του Ε.Μ.Π. Η εν λόγω ομάδα διεξήγε τόσο φυσικές ακουστικές μετρήσεις σε ναούς όσο και πειράματα καταγραφής της αντίληψης της ακουστικής στους ίδιους ναούς. Στην παρούσα εργασία γίνεται ανασκόπηση (review) των μελετών αυτών, με σκοπό την συστηματική καταγραφή του προβλήματος και της ερμηνείας αυτού σε σχέση με τον σχεδιασμό των ναών. Επίσης επιχειρείται σύγκριση με αντίστοιχες προγενέστερες μελέτες σε αυθεντικές βυζαντινές εκκλησίες.

1. Ανασκόπηση ερευνητικών εργασιών στην ακουστική ελληνορθόδοξων ναών της νεωτέρας περιόδου

Η ακουστική χώρων λατρείας στο δυτικό κόσμο έχει αποτελέσει αντικείμενο επιστημονικής μελέτης τις πρόσφατες δεκαετίες [1]. Ταυτόχρονα, ολιγάριθμοι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη της ακουστικής αυθεντικών βυζαντινών ναών [2,3,4,5]. Τέλος, μόλις στην τελευταία πενταετία, η ακουστική ελληνορθόδοξων ναών της νεωτέρας περιόδου, έχει αποτελέσει αντικείμενο επιστημονικής έρευνας. Η εργασία της ομάδας του ΕΜΠ συγκαταλέγεται μεταξύ των ολιγάριθμων προσπαθειών σε αυτή την κατεύθυνση [6,7,8,10].



Σχήμα 1 : Μετρήσεις χρόνου αντήχησης στις μεσαιές συχνότητες

Δύο κατηγορίες ναών της νεώτερης Αθήνας μελετώνται από την ομάδα του ΕΜΠ, ήτοι, ναοί του 19^{ου} και α' ημίσεως του 20^{ου} αιώνα, όπως είναι η Χρυσοσπηλαιώτισσα, ο Άγ. Γεώργιος Καρύτση, ο Άγ. Βασίλειος στην οδό Μπουμπουλίνας στο κέντρο της πόλης κλπ. Οι ναοί της δεύτερης ομάδας ανήκουν στο β' ήμισυ του 20^{ου} αιώνα, όπως είναι η Αγ. Σοφία Ν. Ψυχικού κλπ. και έχουν κατά κανόνα ενιαίους (συνεχείς) και σχετικά μεγάλους όγκους. Οι δώδεκα εκκλησίες που επελέγησαν από τις δύο ομάδες, είναι αντίγραφα ναών τύπου είτε σταυροειδούς μετά τρούλου είτε βασιλικής μετά τρούλου, και φαίνονται στον Πίνακα 1. Οι ακουστικές μετρήσεις έγιναν χωρίς εκκλησιασμο, σε αντιπροσωπευτικές θέσεις για τον κάθε ναό. Αποτιμήθηκαν ευρείας χρήσης ακουστικές παράμετροι σε όλο το φάσμα, ήτοι ο χρόνος αντήχησης, ο χρόνος απόσβεσης των πρώτων ανακλάσεων (Early Decay Time), το κλάσμα των πρώτων ανακλάσεων (50ms Early Energy Fraction), ο λόγος των πρώτων προς τις καθυστερημένες ανακλάσεις (80ms Early-to-Late Sound) και ο θόρυβος βάθους. Αποτελέσματα των μετρήσεων στις μεσαίες οκτ. ζώνες (500 και 1000 Hz) παρατίθενται στους Πίνακες 2 και 3. Επίσης στο Σχήμα 1, απεικονίζονται οι Χρόνοι αντήχησης των δώδεκα ναών της Αθήνας, μαζί με αντίστοιχες μετρήσεις σε αυθεντικούς βυζαντινούς ναούς μετά τρούλου στη Θεσσαλονίκη της εποχής από τον 7^ο έως 14^ο αιώνα, από τις μελέτες των Τζεκάκη [2,3] και Καραμπαντζάκη [4,5].

Πίνακας 1 : Βασικά στοιχεία των ναών

Εκκλησία	Χρόνος κατασκευής (αιώνας)	Όγκος [m ³]
1. Αγ. Γεώργιος Καρύτση	19ος	2500
2. Αγ. Βασίλειος Μπουμπουλίνας	α' ήμισυ 20ου	4800
3. Χρυσοσπηλαιώτισσα	19ος	5930
4. Αγ. Θεράπων Ζωγράφου	α' ήμισυ 20ου	6150
5. Αγ. Τριάδα Αμπελοκήπων	α' ήμισυ 20ου	3965
6. Αγ. Τριάδα Χολαργού	β' ήμισυ 20ου	4645
7. Αγ. Σοφία Νέου Ψυχικού	β' ήμισυ 20ου	5345
8. Αγ. Ειρήνη Γαλατσίου	β' ήμισυ 20ου	7445
9. Εισόδια της Θεοτόκου	-	3150
10. Άγ. Ελευθέριος Γκύζη	α' ήμισυ 20ου	6458
11. Αγ. Άννα Χαλανδρίου	-	4558
12. Άγ. Δημήτριος Αμπελοκήπων	β' ήμισυ 20ου	5510

Σύγκριση μεταξύ των ναών των διαφόρων περιόδων αναδεικνύει τα εξής: Ως

ήτο αναμενόμενο οι χρόνοι αντήχησης των ναών αυξάνουν γραμμικά με τον όγκο των, αλλά με διαφορετική γραμμική τάση. Έτσι παρόλο που η ομάδα ναών του 19^{ου} και του α' ημίσεως του 20^{ου} αιώνα έχει όγκους συγκρίσιμους με τους ναούς του β' ημίσεως του 20^{ου} αιώνα, εν τούτοις οι χρόνοι αντήχησης της πρώτης (αρχαιότερης) ομάδας ναών είναι σχετικά χαμηλότεροι, και οριακά κοντά στις επιθυμητές τιμές. Αυτό, όπως γράφει η Καρποντίνη [7], μπορεί να αποδοθεί στην διαφορετική διάταξη του όγκου των δύο ομάδων ναών· η συγγραφέας εξηγεί δανειζόμενη τα λόγια του Τζεκάκη [2] από προγενέστερη εργασία του «...η υποδιαίρεση του όγκου σε μια σειρά μικρότερων συνδυασμένων όγκων (στις πιο κλασικές εκκλησίες) καταλήγει σε σχετικά χαμηλούς χρόνους αντήχησης χωρίς τη βοήθεια ηχοαπορροφητικών υλικών...».

Πίνακας 2: Μετρήσεις ακουστικών μεγεθών χωρίς εκκλησίασμα, στις μεσαίες συχνότητες.
*:βέλτιστες τιμές κατά Cremer [9]

Εκκλησία	Όγκος [m ³]	RT [s]		EDT [s]		Βέλτ. τιμές *
		Κύριος ναός	Γυναικωνίτης	Κύριος ναός	Γυναικωνίτης	
1. Αγ. Γεώρ. Καρ.	2500	2,15	-	2,20	2,20	2,50
2. Αγ. Βασίλειος Μπ.	4800	2,90	-	3,50	3,00	2,75
3. Χρυσοσπηλαιωτ.	5930	3,30	3,30	3,35	3,50	2,70
4. Αγ. Θεράπ. Ζωγρ.	6150	3,50	3,50	2,90	3,45	2,90
5. Αγ. Τριάδ. Αμπελ.	3965	3,40	3,45	3,75	3,75	2,60
6. Αγ. Τριάδ. Χολαρ.	4645	4,40	4,45	4,50	4,45	2,70
7. Αγ. Σοφία Ν. Ψυχ.	5345	4,85	4,60	4,95	4,90	2,75
8. Αγ.Ειρ. Γαλατσ.	7445	5,50	5,55	5,25	5,55	3,00
9. Εισ. της Θεοτόκ.	3150	3,75	3,80	3,30	3,70	2,50
10. Αγ. Ελευθέρ. Γκ.	6458	3,40	3,45	2,60	3,42	2,95
11. Αγ. Άννα Χαλαν.	4558	3,50	3,45	2,90	3,54	2,70
12. Αγ. Δημήτ. Αμπ.	5510	2,75	2,70	2,40	2,75	2,80

Όσον αφορά στις υπόλοιπες φυσικές παραμέτρους ήτοι στο κλάσμα των πρώτων ανακλάσεων και στο λόγο των πρώτων προς τις καθυστερημένες ανακλάσεις, οι τιμές ιδιαίτερα για τις εκκλησίες του β' ημίσεως του 20ού αιώνα είναι εκτός επιθυμητών ορίων· ήτοι επικρατούν σχετικά λίγες πρώτες ανακλάσεις και/ή σχετικά αυξημένες καθυστερημένες ανακλάσεις. Αυτό, ερμηνεύει η Καρποντίνη [7], αποδίδεται στην έλλειψη ανακλαστικών επιφανειών εγγύς προς το εκκλησίασμα. Το φαινόμενο αυτό, είναι ακόμη πιο έντονο, όπως δείχνουν οι μετρήσεις του πίνακα 2 και 3, στον γυναικωνίτη των νεωτέρων ναών, λόγω της σχετικής απομόνωσης του όγκου των.

Τέλος, οι μετρήσεις θορύβου βάθους των σύγχρονων ναών, ανέδειξαν και το πρόβλημα της περιβαλλοντικής ηχορρύπανσης εκεί (Πίνακας 4).

Πίνακας 3 : Μετρήσεις ακουστικών μεγεθών χωρίς εκκλησίασμα, στις μεσαίες συχνότητες. * για αίθουσες ομιλίας, Barron [12]

Εκκλησία	50ms EEF		
	Κύριος ναός	Γυναικωνίτης	Βέλτιστες τιμές *
1. Αγ. Γεώργιος Καρύτση	0,26	0,00	0,50
2. Αγ. Βασίλειος Μπουμπουλίνας	0,24	0,05	0,50
3. Χρυσοσπηλαιώτισα	0,23	0,05	0,50
4. Αγ. Θεράπων Ζωγράφου	0,25	0,17	0,50
5. Αγ. Τριάδα Αμπελοκήπων	0,21	0,10	0,50
6. Αγ. Τριάδα Χολαργού	0,11	0,01	0,50
7. Αγ. Σοφία νέου Ψυχικού	0,16	0,08	0,50
8. Αγ.Ειρηνή Γαλασίου	0,19	0,08	0,50
9. Εισόδια της Θεοτόκου	0,22	0,07	0,50
10. Αγ. Ελευθέριος Γκύζη	0,30	0,12	0,50
11. Αγ. Άννα Χαλανδρίου	0,31	0,14	0,50
12. Αγ. Δημήτριος Αμπελοκήπων	0,26	0,16	0,50

Όσον αφορά στην διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής ελληνορθόδοξων ναών της νεότερης περιόδου μία μελέτη που αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία [10], προέρχεται από ομάδα του Ε.Μ.Π. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει πειραματική καταγραφή της αντίληψης της ακουστικής κατά τη διάρκεια ζωντανής λειτουργίας σε σύγχρονους ναούς στην οποία συμμετείχε το εκκλησίασμα. Τα πειράματα διεξήχθησαν αφενός, με την παρουσία μεγαφώνων, δηλαδή όπως διεξάγεται σήμερα η Θεία λειτουργία στις σύγχρονες εκκλησίες, και αφετέρου χωρίς μεγάφωνα. Τα αποτελέσματα από τις δύο κατηγορίες πειραμάτων ανέδειξαν τρεις ανεξάρτητους παράγοντες της ακουστικής αντίληψης· συγκεκριμένα, την ΔΥΝΑΜΗ (ισχυρός, γεμάτος, πλούσιος), την ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ (αρμονικός-παράφωτος, ευκρινής, καθαρός) και την ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ (ήρεμος, ζεστός, αρμονικός-άτονος). Ο παράγων ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ βρέθηκε να έχει πρωταρχική σημασία στα πειράματα χωρίς μεγάφωνα και με αυτόν τον παράγοντα βρέθηκε να σχετίζεται η συνολική ευχαρίστηση της ακρόασης της λειτουργίας. Αντίθετα στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν μεγάφωνα, κύριος παράγοντας της αντίληψης της ακρόασης αναδείχθηκε η ΔΥΝΑΜΗ του ήχου.

Πίνακας 4: Μετρήσεις ακουστικών μεγεθών χωρίς εκκλήσιασμα, στις μεσαίες συχνότητες. *¹: για κλασική μουσική, Barron [12]. *²: SRL [11]

Εκκλησία	80ms E-to-L			Θόρυβος βάθους [dBA]	
	Κύριος ναός	Γυναικωνίτης	Βέλτ. τιμές* ¹	Μέτρηση	max επιτρ. * ²
1. Αγ. Γεώρ. Καρ.	-3,63	-13,60	-2 ~ 2	37,00	30,00
2. Αγ. Βασίλειος Μπ.	-3,65	-10,70	-2 ~ 2	37,00	30,00
3. Χρυσοσπηλαιώτισσα	-4,35	-16,70	-2 ~ 2	36,00	30,00
4. Αγ. Θεράπων Ζωγρ.	-3,64	4,10	-2 ~ 2	38,00	30,00
5. Αγ. Τριάδα Αμπελ.	-4,31	-6,72	-2 ~ 2	55,00	30,00
6. Αγ. Τριάδα Χολαργ.	-7,26	-11,78	-2 ~ 2	43,00	30,00
7. Αγ. Σοφία Ν. Ψυχ.	-5,88	-7,81	-2 ~ 2	46,00	30,00
8. Αγ.Ειρ. Γαλατσ.	-5,12	- 8,78	-2 ~ 2	34,00	30,00
9. Εισόδ. της Θεοτόκ.	-4,10	-4,10	-2 ~ 2	39,00	30,00
10. Αγ. Ελευθέρ. Γκ.	-2,29	-2,29	-2 ~ 2	43,00	30,00
11. Αγ. Άννα Χαλαν.	-2,10	-2,10	-2 ~ 2	42,00	30,00
12. Αγ. Δημήτρ. Αμπ.	-2,93	-2,93	-2 ~ 2	43,00	30,00

Πίνακας 5: Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης μεταξύ πειραμάτων «με μεγάφωνα» και «χωρίς μεγάφωνα» στον Άγιο Θεράποντα.

Παράγων ακουστικής αντίληψης	F-στατιστικό	Επίπεδο σημαντικότητας
I. ΔΥΝΑΜΗ	45,41	0,00
II. ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	2,82	0,10
III. ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ	0,92	0,34

2. Συμπεράσματα

Οι ελληνορθόδοξοι ναοί της νεωτέρας Ελλάδος είναι δυνατόν να διακριθούν σε δύο ομάδες· ήτοι, στους παλαιότερους από τον 19^ο αιώνα και το α' ήμισυ του 20^{ου} αιώνα, και στους μεταγενέστερους. Το παρόν 'review' έδειξε ότι η πρώτη ομάδα ναών είναι σχετικά πλεονεκτικότερη ως προς την ακουστική των και αυτό συνδέεται με την 'κατάτμηση' του όγκου των ναών αυτής της περιόδου σε διακριτά ημιχώρια, σε αντίθεση με την πρώτη ομάδα της οποίας ο όγκος / χώρος δεν διαθέτει υποδιαιρέσεις.

Ο διαπιστωθείς αυξημένος θόρυβος βάθους σε όλες τις νεώτερες εκκλησίες που εξετάστησαν στην Αθήνα, θεωρείται συνυφασμένος με το σύστημα κλιματισμού του ναού, αλλά και με τον περιβάλλοντα αστικό θόρυβο, δεδομένου

ότι ο προθάλαμος (νάρθηξ) μεταξύ ναού και εξωτερικού χώρου που διέθεταν οι αυθεντικοί βυζαντινοί ναοί, τείνει να εκλείψει στις σύγχρονες εκκλησίες.

Τέλος, τα μεγάφωνα που χρησιμοποιούνται κατά τη θεία λειτουργία σχεδόν γενικευμένα σήμερα πλέον, βρέθηκε ότι επικαλύπτουν την φυσική (τονική) ποιότητα του βυζαντινού ακροάματος.

Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για να αναδείξει φυσικές ακουστικές παραμέτρους υποκειμενικώς σημαντικές, και συνακόλουθες αρχές και τεχνικές σχεδιασμού για τους σύγχρονους Ελληνορθόδοξους ναούς.

3. Αναφορές

- [1] Lubman D. and Wetherill E.A. (eds) 'Acoustics of worship spaces'. in *106th Meeting of Acoust. Soc. Am*, San Diego, CA, USA, 7-11 Nov. Am. Inst. Physics publ., N. York (1983) .
- [2] Tzekakis E. 'Data of the Acoustics of Byzantine Churches of Thessaloniki'. *Acustica*, Vol. 43, pp. 275 (1979).
- [3] Tzekakis E. 'Reverberation time of Rotunda of Thessaloniki'. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 57, No. 5, pp. 1207 (1975).
- [4] Καραμπατζάκης Π. «Ακουστικές μετρήσεις σε έντεκα βυζαντινούς ναούς της Θεσσαλονίκης», in *Πρακτικά 4^ο Συνέδριου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2008*, Ξάνθη (2009).
- [5] Καραμπατζάκης Π. «Σύγκριση των ακουστικών παραμέτρων των Μνημείων Αχειροποιήτου και του Παναγίας Χαλκέων με την χρήση μετρήσεων και μαθηματικών μοντέλων», in *Πρακτικά 4^ο Συνέδριου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2010*, Αθήνα (2010) .
- [6] Δασκαλόπουλος Π. & Κυριακόπουλος Π. «Η Ακουστική Ελληνορθόδοξης ναοδομίας» επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Αν. Καθ. Α. Σωτηροπούλου Σχ. Πολ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π. (2010).
- [7] Καρποντίνη Μ. «Ακουστικός σχεδιασμός στην ελληνορθόδοξη ναοδομία» επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Αν. Καθ. Α. Σωτηροπούλου Σχ. Πολ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π.(2011).
- [8] Ρουβάς Σ. & Βελτισίας Ι. «Ακουστικές Μετρήσεις σε σύγχρονους ελληνορθόδοξους ναούς», επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Καθ. Γ. Πουλάκος Σχ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π. (2011) .
- [9] Cremer L. & Müller H. *Principles and Applications of Room Acoustics volume 1*, London and New York (1982).
- [10] Αχαμνός Π. «Η αντίληψη της ακουστικής σε ελληνορθόδοξους ναούς της νεωτέρας Ελλάδος», επί διπλώματι εργασία, επίβλ.: Αν. Καθ. Α. Σωτηροπούλου Σχ. Πολ. Μηχ/κών Ε.Μ.Π. (2013).
- [11] SRL *Practical building acoustics*. Sound research laboratories limited, London (1976).
- [12] Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design* E & FN SPON , London (1993).