



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΩΝ:
ΔΑΛΔΑΛΑΚΗ ΕΙΡΗΝΗ ΣΤΥΛΙΑΝΗ
ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ε. ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Α. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ, Ι. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ

Τ. ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ Υ/Δ ΕΜΠ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ε. ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

Ε. ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

Α. ΜΠΑΛΛΗΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜ

Στον Κωνσταντίνο και τη Σταυρούλα,
για τις ατέλειωτες ώρες που δουλέψαμε μαζί,
αλλά πιο πολύ στη Ράνια
που δεν σταμάτησε ποτέ να με στηρίζει.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επιστεγάζεται η ολοκλήρωση των σπουδών μας στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και ως εκ τούτου θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όλους και όλες όσες συνέβαλαν στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Ευχαριστίες εκφράζονται στους διδάσκοντές μας, των οποίων τα ονόματα φαίνονται στο πρωτοσέλιδο, καθώς και στον καθηγητή κύριο Γιώργο Καμπουράκη για την πολύτιμη στήριξή του.

Καθοριστική στη γένεση και την ολοκλήρωση της εργασίας υπήρξε η παρουσία της ηθοποιού του Εθνικού θεάτρου κυρίας Γιασεμί Κηλαηδόνη, προς την οποία εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες.

Ακόμη, ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας και στους φίλους μας, που δεν σταμάτησαν ούτε στιγμή να βρίσκονται στο πλευρό μας, στο μεγάλο αυτό ταξίδι μας στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Μας στηρίξατε οικονομικά, μας στηρίξατε ηθικά, και ενίοτε μας μεταδώσατε γνώσεις και εμπειρία που συνέβαλε με τον δικό της τρόπο όχι μόνο στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας αλλά και στο να φτάσουμε στο τέλος αυτής της διαδρομής.

*Δαλαλάκη Ειρήνη Στυλιανή
Παπαδόγιαννη Αικατερίνη
Οκτώβριος 2019*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η αποτίμηση του ακουστικού σχεδιασμού αιθουσών διαλέξεων στην πατρίδα μας, όσον αφορά στην προτίμηση του σύγχρονου κοινού (ακροατών) ως προς τον χρόνο αντήχησης αυτών.

Αυτό το ενδιαφέρον μας δημιουργήθηκε παρατηρώντας αίθουσες διαλέξεων, τόσο παλαιές, δηλαδή του 19^{ου} αιώνα όπως η αίθουσα της Ακαδημίας Αθηνών με υπέρμετρη αντήχηση, όσο και σύγχρονες όπως το αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη στην οδό Πειραιώς με πρακτικά ανύπαρκτη αντήχηση· εκεί ο ήχος της φωνής του ομιλητού υποστηρίζεται αποκλειστικά ηλεκτρονικά. Η αίσθηση στην πρώτη περίπτωση ήταν ένας ήχος που επικαλύπτετο από το θόρυβο της αντήχησης στην αίθουσα ενώ, στη δεύτερη περίπτωση η απουσία ανακλάσεων έπνιγε τον ήχο όταν τα μεγάφωνα ήταν κλειστά και ακύρωνε την αίσθηση του φυσικού χώρου.

Η εργασία είναι πειραματική και περιλαμβάνει αφ' ενός διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής με τη χρήση της Σημειολογικής Διαφορικής ανάλυσης και αφ' ετέρου φυσικές ακουστικές μετρήσεις. Οι αίθουσες που χρησιμοποιήθηκαν καλύπτουν το διάστημα από το πρώτο ήμισυ του 20^{ου} αιώνα (μεσοπόλεμος) π.χ. το αμφιθέατρο του κτιρίου Γκίνη στις αρχές του αιώνα, και το MAX στα μέσα του αιώνα, -αμφότερα στο Ε.Μ.Πολυτεχνείο, έως τον μεταπολεμικό Μοντερνισμό π.χ. η αίθουσα του Γαλλικού Ινστιτούτου στην οδό Σίνα, και το σήμερα π.χ. το συνεδριακό κέντρο του ΤΕΙ Αθηνών στο Αιγάλεω. Όλες οι αίθουσες που μελετήσαμε βρίσκονται στην Αθήνα, για πρακτικούς λόγους, Ο σχεδιασμός των αιθουσών έως τα μέσα του 20^{ου} αιώνα χαρακτηρίζεται από μεγάλους όγκους (εμβληματικών διαστάσεων) με απουσία ηχοαπορροφητικών υλικών. Αντίθετα, με την πάροδο του χρόνου έχουμε και πολύ μικρότερες αίθουσες σύμφωνα με το μότο του μοντερνισμού «less is more», η δε ανάπτυξη της εγχώριας βιομηχανίας ακουστικών υλικών έχει ως αποτέλεσμα την εφαρμογή απορροφητικών υλικών στις αίθουσες με/ή και χωρίς ακουστική μελέτη.

Η ανάλυση της συσχέτισης (ανάλυση της Διακύμανσης) μεταξύ των δεδομένων της αντίληψης και των φυσικών ακουστικών μετρήσεων έδειξε σαφώς προτίμηση για τις πρόσφατες αίθουσες όπου ο φυσικός ήχος έχει αντικατασταθεί από τον ηλεκτρονικά υποστηριζόμενο με τάση ακύρωσης του φυσικού ηχητικού πεδίου. Περισσότερα πειράματα με τη χρήση ευρύτερου δείγματος αιθουσών είναι δυνατόν να διαφωτίσουν περαιτέρω ως προς το προτιμώμενο είδος (-δη) αιθουσών και να τεκμηριώσει μεθόδους σχεδιασμού αυτών.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to define the optimal reverberation time in contemporary lecture halls. Seven auditoria are included in this paper, namely the “Theo Angelopoulos” of the French Institute in Athens, the conference hall of the University of West Attica, the auditorium of the “Michalis Kakogiannis” Foundation, the auditorium of the Benaki Museum, the Great Auditorium of Chemical Engineers, the G18 auditorium and the Twin auditoria of the faculty of Civil Engineering. The last three auditoria belong to the National Technical University of Athens.

The acoustics of each theatre were defined through conducting physical measurements and perception experiments. The results of the experiments that were carried, along with their interpretation and the comparison between the lecture halls, are presented in their respective chapters.

The results indicate that the audience prefers lower reverberation times, regardless of the architectural style and volume of the auditorium.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	1
1.2 Το πρόβλημα του χρόνου αντήχησης	2
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
3. ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ	8
3.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης.....	8
3.2 Φυσικές παράμετροι της ακουστικής	9
3.3 Αρχές σχεδιασμού αιθουσών διαλέξεων.....	10
4.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ...	14
4.1 Σχεδιασμός πειραμάτων αντίληψης.....	14
4.1.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.....	14
4.1.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.....	15
4.1.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)	15
4.1.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων	16
4.1.5 Ανάλυση της διακύμανσης (Analysis of Variance).....	17
4.1.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis).....	18
4.2 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης	19
4.3 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	22
4.4 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων	22
5. ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ «THEO ANGELOPOULOS»	24
5.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	28
5.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής	30
5.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	32
5.3.1 Φυσικές μετρήσεις.....	32
5.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης.....	33

5.4 Συμπεράσματα	33
6. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	35
6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	39
6.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής	41
6.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	42
6.3.1 Φυσικές μετρήσεις.....	42
6.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης.....	43
6.4 Συμπεράσματα	43
7. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΜΙΧΑΛΗ ΚΑΚΟΓΙΑΝΝΗ	45
7.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	48
7.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής	50
7.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	52
7.3.1 Φυσικές μετρήσεις.....	52
7.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης.....	53
7.4 Συμπεράσματα	53
8. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ	55
8.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	59
8.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής	61
8.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	63
8.3.1 Φυσικές μετρήσεις.....	63
8.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης.....	63
8.4 Συμπεράσματα	64
9. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ Γ18.....	65
9.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	69
9.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής	70
9.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	72

9.3.1 Φυσικές μετρήσεις.....	72
9.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης.....	73
9.4 Συμπεράσματα	73
10. ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΧΗΜΙΚΩΝ	74
10.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	78
10.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	79
10.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	81
10.3.1 Φυσικές μετρήσεις	81
10.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης	81
10.4 Συμπεράσματα.....	82
11. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1,2	83
11.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	87
11.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	88
11.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	90
11.3.1 Φυσικές μετρήσεις	90
11.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης	90
11.4 Συμπεράσματα.....	91
12. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ 7 ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ	92
12.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	92
12.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	93
12.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης	99
12.3.1 Φυσικές μετρήσεις	99
12.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης	99
12.4 Σύγκριση με προγενέστερη έρευνα.....	101
12.4.1 Αίθουσες διαλέξεων.....	101
12.4.2 Θεατρικές σκηνές.....	103
12.5 Συμπεράσματα.....	106

13. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	112
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	113
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	136
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	150
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	191
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.....	195
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ.....	201
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ.....	216

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Ο νεοκλασικισμός εισήχθη στην Ελλάδα κατά την ηγεμονία του Όθωνα, και κυριάρχησε ως ρεύμα από το δεύτερο ήμισυ του 19^{ου} αιώνα και ύστερα. Εκείνη την εποχή κατασκευάστηκε μεγάλος αριθμός νεοκλασικών δημοσίων κτιρίων που περιλάμβαναν αίθουσες διαλέξεων, με χαρακτηριστικά παραδείγματα να είναι τα παλαιά Ανάκτορα (νυν κτίριο του Ελληνικού Κοινοβουλίου) και το κτίριο «Αβέρωφ» του Ε. Μ. Πολυτεχνείου. Οι αίθουσες αυτής της κατηγορίας διακρίνονταν για την αρτιότητα των αναλογιών τους, τον γλυπτικό τους διάκοσμο και τους επιβλητικούς τους όγκους. Παράλληλα, κοινό χαρακτηριστικό των αιθουσών του νεοκλασικισμού είναι η προβληματική ακουστική αυτών, και πιο συγκεκριμένα οι υψηλοί χρόνοι αντήχησης. Αυτό όμως είναι αναμενόμενο καθώς ο νεοκλασικισμός προηγήθηκε χρονικά της ανάπτυξης της επιστήμης της ακουστικής, που εξελίχθηκε στο τέλος του 19^{ου} αιώνα, συνεπώς οι αρχιτέκτονες των κτιρίων αγνοούσαν τους κανόνες του ακουστικού σχεδιασμού.

Κατά τη διάρκεια του μεσοπολέμου εισάγεται στην ελληνική αρχιτεκτονική το κίνημα του μοντερνισμού. Παρόλο που στο ρεύμα αυτό κυριαρχεί η λιτότητα και προέχει η λειτουργικότητα των κτιρίων, παρατηρείται πως στην κατασκευή των αιθουσών ομιλίας παραμένουν οι μεγαλειώδεις όγκοι που χαρακτήριζαν τις νεοκλασικές αίθουσες, καθώς και αντίστοιχα προβλήματα στην ακουστική των. Προχωρώντας στον μεταπολεμικό μοντερνισμό παρατηρούνται οι πρώτες βελτιώσεις στην ακουστική των αιθουσών, αν και είναι άγνωστο το κατά πόσο προηγήθηκε μελέτη ή οι επεμβάσεις έγιναν εμπειρικά.

Στη σύγχρονη εποχή, η κατασκευή αιθουσών διαλέξεων ακολουθεί μεν τους κανόνες ακουστικού σχεδιασμού, διατηρεί δε συχνά τους όγκους που συναντούσαμε στις αίθουσες των προηγούμενων αιώνων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκε υπερβάλλον ζήλος κατά την ακουστική μελέτη, που οδήγησε σε υπέρμετρη χρήση ηχοαπορροφητικών υλικών στις εν λόγω αίθουσες.

1.2 Το πρόβλημα του χρόνου αντήχησης

Στην παρούσα μελέτη εξετάζουμε την προτίμηση του ακροατηρίου ως προς την ακουστική των αιθουσών διαλέξεων. Επιλέξαμε αυτή την κατηγορία αιθουσών, καθότι δεν έχει γίνει επαρκής διερεύνηση ως προς τις αρχές ακουστικού σχεδιασμού στην κατηγορία αυτή. Σε άλλα είδη αιθουσών, όπως είναι οι θεατρικές σκηνές και οι αίθουσες συναυλιών, υπάρχει όγκος έρευνας καθώς και σαφείς κανονισμοί που διέπουν τη μελέτη κατασκευής αυτών. Όμως, οι κανονισμοί αυτοί δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε αίθουσες διαλέξεων, αφού η διάλεξη είναι ένα διακριτό ακρόαμα.

Το ερώτημα που θέτουμε εμείς επικεντρώνεται στον χρόνο αντήχησης των αιθουσών αυτών, αφού αυτό ήταν και το χαρακτηριστικό που μας κέντρισε το ενδιαφέρον εξαρχής. Σκόπιμα δεν επιλέξαμε να αναλύσουμε άλλες παραμέτρους του ήχου, που χρησιμοποιούνται όμως στην ακουστική μελέτη αιθουσών άλλων ειδών ακροαμάτων, όπως για παράδειγμα η απόσβεση του ήχου όσο αυξάνεται η απόσταση από την πηγή (G). Η εργασία μας είχε ως πρώτο και κύριο στόχο να διερευνήσει αν ο χρόνος αντήχησης ως χαρακτηριστικό μπορεί να καθορίσει την προτίμηση του κοινού ως προς την επιλογή μιας αίθουσας διαλέξεων.

Με βάση τα ιστορικά στοιχεία, παλαιότερες αίθουσες, που είτε είχαν κατασκευαστεί πριν την εξάπλωση της επιστήμης της ακουστικής, είτε απλά χωρίς ακουστική μελέτη, έχουν μεγάλους χρόνους αντήχησης. Αντίθετα, αρκετές πιο σύγχρονες αίθουσες έχουν τόσο υπέρμετρη χρήση ηχοαπορροφητικών υλικών, που οι χρόνοι αντήχησης γίνονται εξαιρετικά χαμηλοί, και συνεπώς παρατηρείται ακύρωση του φυσικού ήχου [32].

Στην έρευνά μας συμπεριλάβαμε επτά αίθουσες μνημειωδών διαστάσεων, και με περιόδους κατασκευής από το μεσοπόλεμο μέχρι την πρώτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα. Οι αίθουσες αυτές είναι το αμφιθέατρο Γ18 στο κτίριο Γκίνη, το Μεγάλο αμφιθέατρο των Χημικών (MAX) στο κτίριο Τοσίτσα, το αμφιθέατρο «Theo Angelopoulos» του Γαλλικού Ινστιτούτου, το Συνεδριακό Κέντρο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, το αμφιθέατρο 1,2 των νέων κτιρίων των Πολιτικών Μηχανικών, το αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη και το αμφιθέατρο του Ιδρύματος Μιχάλη Κακογιάννη.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πρώτη εμπειριστατωμένη μελέτη που εισήγαγε τις έννοιες της αρχιτεκτονικής και ακουστικής αιθουσών ακροατηρίου είναι η μελέτη του Beranek, και συνοψίζεται στα δύο βιβλία του τα οποία δημοσιεύτηκαν το 1962 και το 1996. Η μελέτη αυτή έχει ως αντικείμενο αποκλειστικά τις αίθουσες συναυλιών και μελοδράματος της κλασσικής περιόδου ανά την υφήλιο [4,5].

Μία ακόμα αξιοσημείωτη μελέτη ακουστικής, πραγματοποιήθηκε από την Acoustical Society of America και δημοσιεύτηκε το 1985 [Acoustical Society of America, 1985]. Η μελέτη αυτή επικεντρώθηκε αποκλειστικά σε φυσικές ακουστικές μετρήσεις, χωρίς εκτενή ανάλυση, οι οποίες έγιναν σε διάφορες μοντέρνες θεατρικές σκηνές μελοδράματος σε όλο τον κόσμο (Καναδάς, Ιαπωνία, Ολλανδία και σε αρκετές πολιτείες των ΗΠΑ).

Μία από τις πιο σπουδαίες έρευνες για την αρχιτεκτονική και ακουστική είναι η εργασία του Barron. Πρόκειται για μία πειραματική εργασία σε αίθουσες ακροατηρίου της Μεγάλης Βρετανίας, που ανήκουν σε διάφορα αρχιτεκτονικά ρεύματα. Στις αίθουσες αυτές ο Barron και φυσικές ακουστικές μετρήσεις, αλλά και μετρήσεις της αντίληψης της ακουστικής, προσπαθώντας να συσχετίσει τα αρχιτεκτονικά στοιχεία των θεάτρων με την ακουστική τους απόδοση. Ενώ διεξήγαγε εκτενή μελέτη των φυσικών παραμέτρων του ήχου, όπως για παράδειγμα του χρόνου αντήχησης, του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων κλπ., η αντίστοιχη μελέτη για την αντίληψη της ακουστικής έγινε σε περιορισμένο βαθμό. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποίησε ακουστικολόγους για να καταγράψει την αντίληψη του ήχου, επιλέγοντας αυθαίρετα μικρό αριθμό διπολικών σημειολογικών κλιμάκων και τα πειραματικά αυτά αποτελέσματα τα ανέλυσε διαισθητικά με βάση την προσωπική του εμπειρία. Η έρευνα του Barron, παρότι διερευνά τον ρόλο των αρχιτεκτονικών στοιχείων στην ακουστική απόδοση του χώρου, δεν κάνει διαχωρισμό διακριτών αρχιτεκτονικών ρευμάτων [3].

Η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης για την αντίληψη της ακουστικής σε αίθουσες ακροατηρίου παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Βρετανό καθηγητή Hawkes. Με την μέθοδο αυτή μελέτησε την ακουστική της αίθουσας Royal Festival Hall στο Λονδίνο την δεκαετία του 60 στην οποία είναι αναγκαίο να γίνουν διορθωτικές επεμβάσεις. Αναμφίβολα, η συγκεκριμένη μέθοδος υπήρξε η αφετηρία ενδελεχούς έρευνας σε ζητήματα ακουστικής αιθουσών συναυλιών απασχολώντας πολλούς μελετητές όπως η Sotiropoulou et al (1995), ο Γερμανός H. Wilkens (1980) κ.α.

Με την βοήθεια της παραπάνω μεθόδου, στην διατριβή της Sotiroroulou et al (1995) προέκυψαν τέσσερις παράγοντες για την ακουστική σε χώρους συναυλιών, οι οποίοι παρέμειναν ίδιοι και στα τρία πειράματα που πραγματοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα διεξήχθησαν δύο πειράματα στην αίθουσα Fairfield Hall Croydon, Λονδίνο, και ένα στην αίθουσα Queen Elizabeth Hall, στο Λονδίνο. Οι παράγοντες που προέκυψαν ήταν οι Body (Δυναμικό), Tonal Quality (Τονική Ποιότητα), Clarity (Ευκρίνεια) και Proximity (Εγγύτητα) [9]. Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται οι διπολικές κλίμακες και οι αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

Πίνακας 2.1 Concert A in FHC

Factor	Associated scales	Factor loadings
1. CLARITY	clear – muddy	-0.86
	distinct – blurred	-0.84
	hazy – clear	0.83
	blurred – clear	0.83
	dim – bright	0.58
	restricted – unrestricted	0.57
	brilliant – dull	-0.55
	limited – unlimited	0.54
	spacious – cramped	-0.51
	2. BODY	mighty – small	0.74
sonorous – thin		0.68
voluminous – thin		0.66
full-bodied – thin		0.65
expanded – contracted		0.60
full – empty		0.54
dry – resonant		-0.52
extended – short		0.49
faint – loud		-0.47
enveloping – distant		0.47
3. TONAL QUALITY	of harsh tone – of smooth tone	0.80
	rough – smooth	0.76
	cold – warm	0.67
	non-intimate – intimate	0.49
	of poor tone – of rich tone	0.47
unbalanced – balanced	0.46	
4. PROXIMITY	distant – near	0.81
	remote – near	0.77
	enveloping – distant	-0.63

Πίνακας 2.2 Concert b in FHC

Factor	Associated scales	Factor loadings
1. BODY	mighty – small	0.77
	limited – unlimited	-0.72
	faint – loud	-0.70
	full – empty	0.67
	expanded – contracted	0.67
	restricted – unrestricted	-0.67
	sonorous – thin	0.62
	voluminous – thin	0.61
	full-bodied – thin	0.61
	dry – resonant	-0.54
	brilliant – dull	0.52
	extended – short	0.50
	of poor tone – of rich tone	-0.49
	spacious – cramped	0.46
enveloping – distant	0.45	
2. CLARITY	clear – muddy	-0.91
	distinct – blurred	-0.87
	hazy – clear	0.77
	blurred – clear	0.76
	brilliant – dull	-0.69
	dim – bright	0.61
	unbalanced – balanced	0.48
3. PROXIMITY	remote – near	0.83
	distant – near	0.83
	enveloping – distant	-0.77
	voluminous – thin	-0.53
	full-bodied – thin	-0.52
4. TONAL QUALITY	of harsh tone – of smooth tone	0.83
	rough – smooth	0.78
	cold – warm	0.68
	unbalanced – balanced	0.50
	of poor tone – of rich tone	0.49

Πίνακας 2.3 Concert C in QEH

Factor	Associated scales	Factor loadings
1. BODY	full – empty	0.82
	sonorous – thin	0.76
	voluminous – thin	0.75
	enveloping – distant	0.75
	dry – resonant	-0.70
	full-bodied – thin	0.67
	cold – warm	-0.64
	expanded – contracted	0.63
	extended – short	0.59
	faint – loud	-0.58
	mighty – small	0.55
	brilliant – dull	0.49
	2. TONAL QUALITY	rough – smooth	0.81
restricted – unrestricted		0.71
spacious – cramped		-0.69
of harsh tone – of smooth tone		0.65
of poor tone – of rich tone		0.64
limited – unlimited		0.62
3. CLARITY		hazy – clear	0.84
	clear – muddy	-0.83
	distinct – blurred	-0.81
	blurred – clear	0.75
	brilliant – dull	-0.56
	dim – bright	0.46
4. PROXIMITY	distant – near	0.86
	remote – near	0.79
	non-intimate – intimate	0.61
	enveloping – distant	-0.46

Επίσης, το 1995 δημοσιεύτηκε ένα άρθρο από τις ερευνήτριες Jill E. Preminger και Dianne J. Van Tasell [21], στο οποίο διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της ποιότητας της ομιλίας (speech quality) και της ευκρίνειας (speech intelligibility), χρησιμοποιώντας όμως έτοιμες διαστάσεις που είχαν παραχθεί με τη μέθοδο αυτή από τους Gabriellsson A., Schenkman B. N. και Hangerman B. [22]. Οι διαστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η «Ευκρίνεια», «Ευχάριστη Εντύπωση», «Ηχηρότητα», «Προσπάθεια» και «Συνολική Εντύπωση».

Στο πλαίσιο της ευρύτερης μελέτης της ομάδας του εργαστηρίου της Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχει γίνει έρευνες, οι οποίες αφορούν φυσικές ακουστικές μετρήσεις και πειράματα υποκειμενικής αντίληψης, η μελέτη μάλιστα κάποιων είναι ακόμα εν εξελίξει. Τα αποτελέσματα αυτών θα αποτελέσουν στη συνέχεια αντικείμενο σύγκρισης με τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας.

Η συνάδελφος Λευκοθέα Μάρη [20] εξήγαγε πέντε παράγοντες με τη μέθοδο σημειολογικής ανάλυσης, για την αντίληψη της ακουστικής σε αίθουσες διδασκαλίας. Οι παράγοντες αυτοί ήταν οι «Παρουσία Θορύβου», «Ευκρίνεια», «Ευχέρεια Ακρόασης», «Ηχηρότητα» και «Ζωντάνια. Αξιοσημείωτο είναι πως οι εν λόγω παράγοντες εμφανίστηκαν ανά δύο ή ανά τρεις σε κάθε αίθουσα, ενώ σε

κάποιες περιπτώσεις συνδυάζονταν δύο παράγοντες μαζί για την ερμηνεία κάποιων στοιχείων.

Εξίσου αξιόλογη είναι και η εργασία του συνάδελφου Άγγελου Οικονόμου που πραγματοποίησε πειράματα αντίληψης της ακουστικής σε αίθουσες διαλέξεων του συγκροτήματος Ζωγράφου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου αλλά και της Σταματίας Φούντα που πραγματοποίησε επίσης πειράματα αντίληψης αλλά σε αίθουσες διαλέξεων στο Ιστορικό Συγκρότημα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην οδό Πατησίων [11,12]. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα που εξήγαγε ο Α. Οικονόμου στην έρευνά του.

Πίνακας 2.4 Αποτελέσματα πειράματος αντίληψης σε αίθουσες διαλέξεων στο συγκρότημα Ζωγράφου

<i>Ταυτόχρονη ανάλυση επτά αιθουσών, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου</i>			
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες		Φορτίσεις
I. Διαύγεια	-Πλούσιος	-Πτωχός	-0,81
	-Κενός	-Γεμάτος	0,80
	-Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	-0,79
	-Διαυγής	-Μπερδεμένος	-0,78
	-Λαμπρός	-Σκοτεινός	-0,77
	-Με κακή γενική εντύπωση	-Με καλή γενική εντύπωση	0,77
	-Δυσάρεστος	-Ευχάριστος	0,76
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	-0,75
	-Μπερδεμένος	-Καθαρός	0,75
	-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-Πτωχός σε τονική ποιότητα	-0,74
	-Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	-0,74
	-Ζωντανός	-Άψυχος	-0,72
	-Με όγκο	-Χωρίς όγκο	-0,71
	-Πλήρης	-Άδειος	-0,68
	-Δυσχερής στην ακρόαση	-Ευχερής στην ακρόαση	0,66

	-Χωρίς ευκρίνεια	-Με ευκρίνεια	0,61
	-Με χαμηλή ακουστότητα	-Με υψηλή ακουστότητα	0,61
	-Ρηχός	-Βαθύς	0,53
	-Απόμακρος	-Κοντινός	0,52
	-Χαμηλός	-Υψηλός	0,47
II. Αντίληψη της δύναμης του ήχου	-Αμυδρός	-Δυνατός	0,71
	-Εξασθενημένος	-Δυνατός	0,62
	-Απόμακρος	-Κοντινός	0,59
	-Με χαμηλή ακουστότητα	-Με υψηλή ακουστότητα	0,57
	-Χαμηλός	-Υψηλός	0,49
	-Δυσχερής στην ακρόαση	-Ευχερής στην ακρόαση	0,47
III. Υποκειμενική διάχυση	-Υψηλής αντήχησης	-Χαμηλής αντήχησης	0,72
	-Με ενοχλητική ηχώ	-Με ανύπαρκτη ηχώ	0,72
	-Με μεγάλη διάχυση	-Με μικρή διάχυση	0,68
IV. Τονική ποιότητα	-Οξύς	-Μη οξύς	0,73
	-Τραχύς	-Απαλός	0,72
	-Σκληρός	-Μαλακός	0,69
	-Διαπεραστικός	-Μη διαπεραστικός	0,58

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια της παραπάνω έρευνας και επιχειρεί τη διερεύνηση της ακουστικής σύγχρονων αιθουσών διαλέξεων, μέσω του συνδυασμού φυσικών ακουστικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης.

Η μελέτη της ομάδας του εργαστηρίου της Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου είναι από τις ελάχιστες προσπάθειες που διερευνά την αντίληψη της ακουστικής με την χρήση της θεωρίας της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.

3. ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ

3.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης

Η επιστήμη της ακουστικής εξελίχθηκε στο τέλος του 19^{ου} αιώνα χάρη στην μεγαλοφυΐα του W.C. Sabine [8], ο οποίος θεωρείται «πατέρας» της αρχιτεκτονικής ακουστικής.

Ο Sabine ήταν βοηθός καθηγητή στο τμήμα φυσικής του πανεπιστημίου του Harvard και είχε πραγματοποιήσει μελέτες στον τομέα της οπτικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1895, ο πρόεδρος του πανεπιστημίου ζήτησε από τον Sabine να βρει μια λύση για την βελτίωση της κακής ακουστικής της αίθουσας διάλεξης του πρόσφατα ολοκληρωμένου μουσείου τέχνης, Fogg Art Museum. Ο Sabine αφού πραγματοποίησε μετρήσεις του χρόνου αντήχησης, συνειδητοποίησε ότι υπήρξε υπερβολική αντήχηση στο δωμάτιο διάλεξης (5,5 δευτερόλεπτα, με την αίθουσα να είναι κενή). Δανείστηκε λοιπόν μαξιλάρια από τα καθίσματα ενός γειτονικού θέατρο διάλεξης, το Sander's Theatre, και τα τοποθέτησε στην αίθουσα, μέχρις ότου ο χρόνος αντήχησης μειώθηκε σε 0,75 δευτερόλεπτα. Το 1898 βελτιώθηκε τελικά η ακουστική της αίθουσας, η οποία λειτούργησε έως το 1973 όπου τελικά κατεδαφίστηκε.



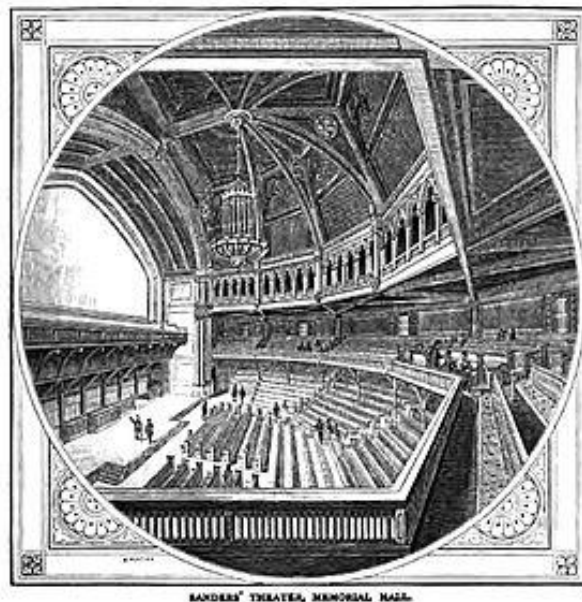
Εικόνα 3.1 W.C. Sabine



Εικόνα 3.2 Αμφιθέατρο του Fogg Art Museum

Παρά την περιορισμένη τεχνική γνώση της εποχής, ταυτόχρονα με την αίθουσα στο Fogg Art Museum ο Sabine διεξήγαγε πειράματα και στο Sander's Theatre, το οποίο θεωρούνταν άριστο ακουστικά. Αυτό που παρατήρησε ήταν πως η καλή του

ακουστική οφειλόταν στα παχιά μαξιλάρια στα έδρανα, και στα συμπεράσματα του έκρινε πως το μέσο ανθρώπινο σώμα μειώνει το χρόνο αντήχησης όσο περίπου έξι μαξιλάρια. Κατά αυτόν τον τρόπο κατόρθωσε να προσδιορίσει προσεγγιστικά την ηχοαπορρόφηση του ανθρώπου. Κατέληξε επίσης πως υπάρχει ξεκάθαρη σχέση μεταξύ της ποιότητας της ακουστικής, του μεγέθους της αίθουσας και της ποσότητας της υπάρχουσας ηχοαπορροφητικής επιφάνειας και έτσι διατύπωσε την κλασική θεωρία της αντήχησης, η οποία αποτελεί από τότε την βάση της αρχιτεκτονικής ακουστικής [ΠΑΡ.Α/Α.7.8.1]



Εικόνα 3.3 Sander's Theatre

3.2 Φυσικές παράμετροι της ακουστικής

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η ακουστική αιθουσών για ομιλία έχει υπάρξει αντικείμενο επιστημονικής έρευνας και, συνεπώς, πληθώρα αιθουσών που έχουν κατασκευαστεί ακολουθούν τις θεωρίες αυτής της έρευνας. Κατά τον σχεδιασμό αιθουσών ομιλίας, στόχος είναι η εξασφάλιση της καταληπτότητας της ομιλίας, χωρίς όμως ο ήχος να καταλήγει «πτωχός». Επειδή οι στάθμες της ομιλίας είναι χαμηλές (το ψιθύρισμα είναι στα 30 dBA ενώ η ομιλία σε αίθουσα 60 dBA), το ποσοστό ευκρίνειας που απαιτείται, ώστε να θεωρηθεί μια αίθουσα ακουστικά καλή, είναι μεγάλο.

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στον σύγχρονο σχεδιασμό αιθουσών ομιλίας περιγράφονται παρακάτω:

Ο χρόνος αντήχησης (RT) της αίθουσας περιγράφει τη διάρκεια του ήχου αφού σταματήσει η πηγή μέσα στον χώρο, ενώ οι ιδανικές τιμές του ποικίλουν ανάλογα με την χρήση του χώρου και τον όγκο του. Επίσης, επειδή τα φαινόμενα αντήχησης σε έναν χώρο μεγεθύνουν τη δράση του θορύβου, σε χώρους με αυξημένο θόρυβο θα πρέπει ο χρόνος αντήχησης να υπολογίζεται σε χαμηλότερες τιμές από τις προτεινόμενες για χώρους διαλέξεων. Αξίζει να σημειωθεί πως ο χρόνος αντήχησης είναι το πρώτο κριτήριο που διατυπώθηκε και οδήγησε στην εξέλιξη της αρχιτεκτονικής ακουστικής σε επιστήμη [24,25].

Παράγωγο του κλασικού χρόνου αντήχησης αποτελεί ο **χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT)**. Αντίθετα με τον κλασικό χρόνο αντήχησης που αναφέρεται σε όλη την διάρκεια της απόσβεσης του ήχου, το EDT προσδιορίζεται από την απόσβεση των πρώιμων ανακλάσεων. Αυτό το κριτήριο προτάθηκε λίγο μετά τα μέσα του 20ου αιώνα [7].

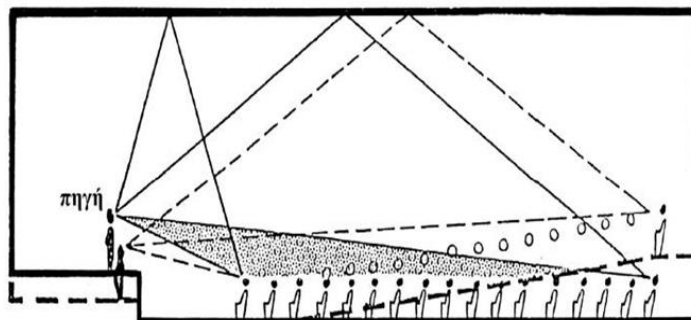
Ο **θόρυβος βάθους (LAeq)** είναι μια αυτονόητη παράμετρος, της οποίας το μέγιστο ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων είναι στα 31 dBA. Το όριο αυτό υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψιν το κριτήριο θορύβου για πολύ καλές συνθήκες ακουστικής (NC 25) και μετατράπηκε σε μονάδα μέτρησης dBA.

Περαιτέρω ανάλυση στις παραμέτρους αυτές γίνεται στο Παράρτημα Α.

3.3 Αρχές σχεδιασμού αιθουσών διαλέξεων

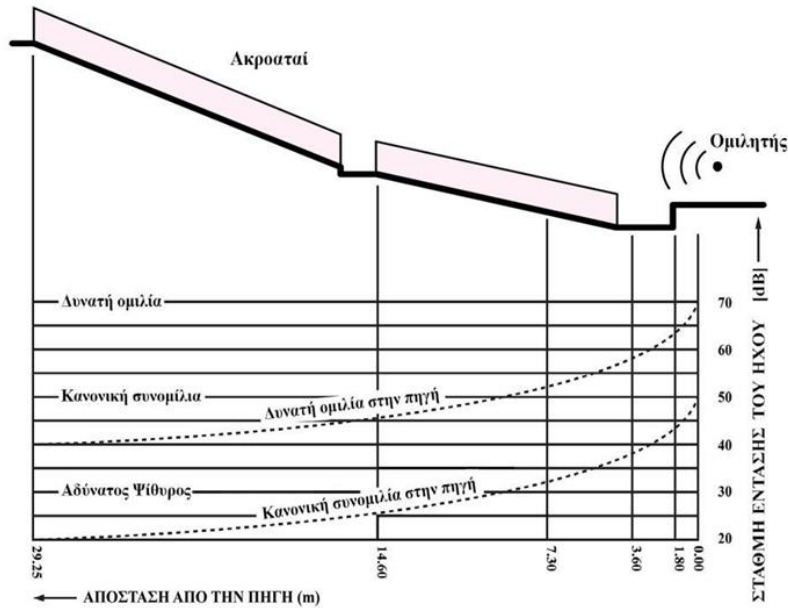
Οι βασικές αρχές ακουστικού σχεδιασμού που προκύπτουν από την ικανοποίηση των ανωτέρω παραμέτρων συνοψίζονται επιγραμματικά παρακάτω.

1. Εξασφάλιση απρόσκοπτης πορείας απευθείας ήχου. Επιτυγχάνεται είτε με την τοποθέτηση εξέδρας στη θέση του ομιλητή, ή την χρήση κεκλιμένου δαπέδου στην πλατεία ή τον συνδυασμό αυτών των δύο.



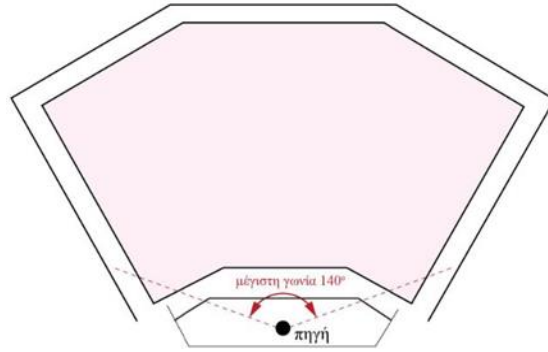
Εικόνα 3.4 Τομή κατά μήκος αίθουσας με χρήση εξέδρας και κλίση δαπέδου

2. Ελαχιστοποίηση αποστάσεων ομιλητή και ακροατηρίου, που μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση της χωρητικότητας της αίθουσας, την χρήση αβαθών εξωστών και την χρήση αμφιθεατρικής διάταξης του κοινού. Να σημειωθεί πως η μέγιστη αποδεκτή απόσταση ομιλητή - ακροατηρίου είναι 20 μέτρα. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις, η στάθμη έντασης του ήχου μειώνεται αισθητά. Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζεται η πτώση αυτής της στάθμης σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή.



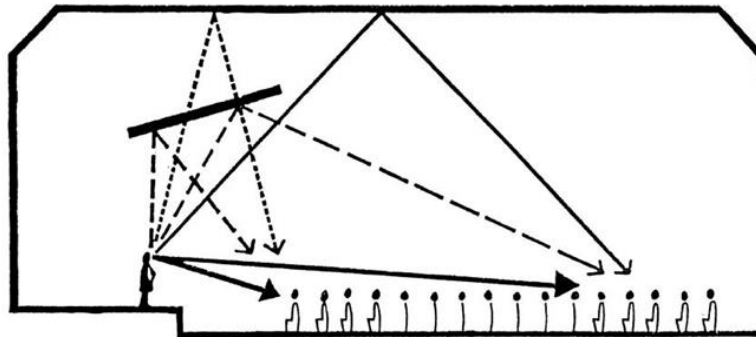
Εικόνα 3.5 Πτώση της στάθμης απευθείας ήχου συναρτήσει της απόστασης από την πηγή

Αξιοσημείωτο είναι και το ότι το ακροατήριο πρέπει να είναι διατεταγμένο εντός στερεάς γωνίας 140 μοιρών ως προς τον ομιλητή. Σε μεγαλύτερες γωνίες, η κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής είναι σημαντικά μειωμένη.

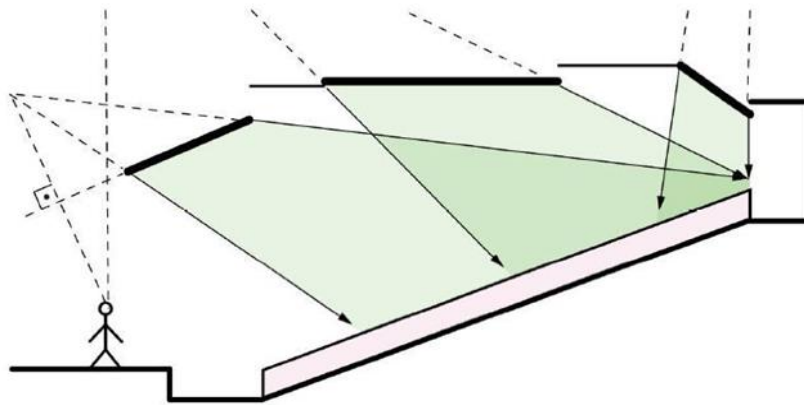


Εικόνα 3.6 Αμφιθεατρική διάταξη με διατεταγμένο ακροατήριο εντός γωνίας 140°

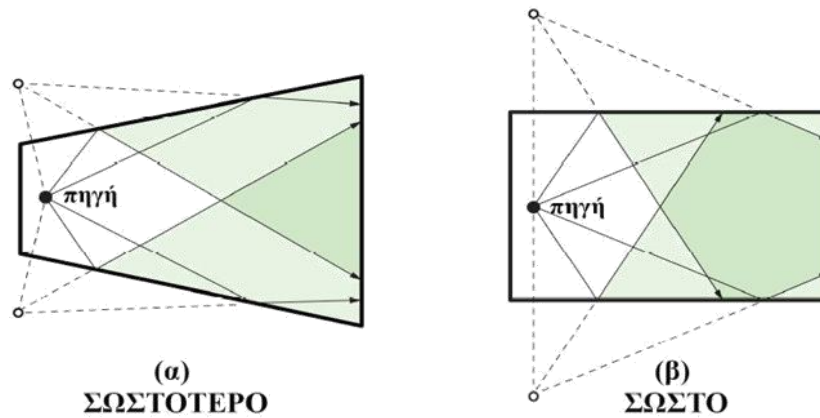
3. Η εξασφάλιση πρώτων ανακλάσεων επιτυγχάνεται με την χρήση ανακλαστικών επιφανειών. Οι επιφάνειες αυτές δύναται να τοποθετηθούν πάνω από τη θέση του ομιλητή, είτε στην επιφάνεια της οροφής ή στις πλευρικές παρειές της πλατείας. Η επιφάνειά τους πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη ως προς το μήκος κύματος του ήχου, ενώ το υλικό κατασκευής τους να είναι άκαμπτο, με λείο και σκληρό τελείωμα (όπως επίχρισμα, γυψοσανίδες κλπ.).



Εικόνα 3.7 Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων, με υψηλή οροφή. Ο ανακλαστήρας είναι τοποθετημένος πάνω από τον ομιλητή



Εικόνα 3.8 Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων. Ανακλαστική ψευδοροφή τοποθετημένη με κατάλληλη κλίση.



Εικόνα 3.9 Κατόψεις. Η κάτοψη σχήματος βεντάλιας (α), προτιμάται έναντι της ορθογωνικής κάτοψης (β), διότι προβάλλει τον ήχο αποτελεσματικότερα στα πίσω καθίσματα.

4. Η ελαχιστοποίηση του θορύβου βάθους αποτελεί αντικείμενο του σχεδιασμού της ηχοπροστασίας του κτηρίου.
5. Βελτιστοποίηση του χρόνου αντήχησης. Από την θεωρία του Sabine προκύπτει πως ο χρόνος αντήχησης είναι συνάρτηση του όγκου της αίθουσας και των ηχοαπορροφητικών υλικών που τοποθετούνται σε αυτήν. Ως εκ τούτου, απαιτείται κατάλληλος συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων για την επίτευξη αυτού του στόχου.

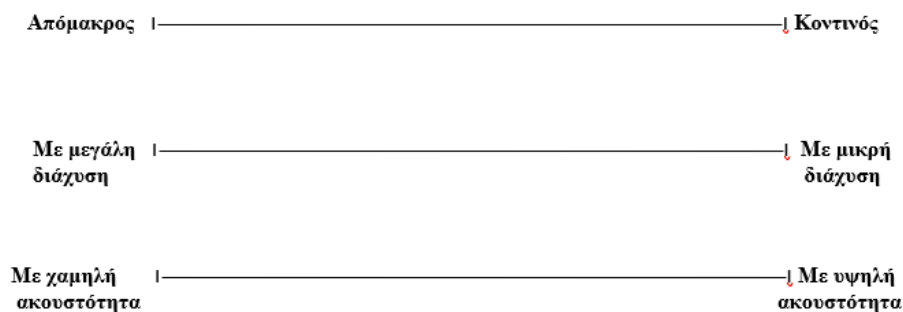
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

4.1 Σχεδιασμός πειραμάτων αντίληψης

4.1.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory) αποτελεί μια σημαντική θεωρία της ψυχολογίας, και αναπτύχθηκε από τον C. Osgood [Osgood et al, 1957]. Κεντρικό της στοιχείο είναι ο ισχυρισμός πως η αντίληψη του ανθρώπου οργανώνεται πάνω σε έναν πεπερασμένο αριθμό ανεξάρτητων διαστάσεων, οι οποίες ονομάζονται παράγοντες. Στην πράξη, οι διαστάσεις αυτές μπορούν να καθοριστούν μέσω της υποκειμενικής αντίληψης σε ένα σύνολο διαφορετικών κρίσεων. Για παράδειγμα, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την υποκειμενική κρίση πάνω σε έναν αριθμό κλιμάκων αξιολόγησης, και να ερμηνευτεί στη συνέχεια με τη χρήση κατάλληλων μαθηματικών μεθόδων, όπως η παραγοντική ανάλυση.

Η σημειολογική διαφορική ανάλυση χρησιμοποιεί την κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης (semantic rating scale) ως εργαλείο μέτρησης υποκειμενικών απαντήσεων. Στην παρούσα εργασία, η κλίμακα που επιλέχθηκε αποτελείται από μία συνεχής ευθεία γραμμή, μήκους 10 εκατοστών, που στα άκρα της έχει ζεύγος αντίθετων επιθέτων που περιγράφουν τον ήχο. Κατά τη μετάβαση από το ένα άκρο της γραμμής στο άλλο καταγράφεται η σταδιακή μεταβολή της ποιότητας του ήχου βάσει των χαρακτηριστικών που απαντώνται στην κλίμακα. Στην εικόνα 4.1 δίνονται παραδείγματα της εν λόγω κλίμακας.



Εικόνα 4.1 Παράδειγμα διπολικών μεταβλητών

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, ζητήθηκε από το ακροατήριο να σημειώσει πάνω σε κάθε κλίμακα την εκτίμησή του, σε κατάλληλη απόσταση από τα άκρα. Στο ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε, υπήρχαν συνολικά τριάντα κλίμακες. [ΠΑΡ. ΣΤ].

Η κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης είναι εξ ορισμού μια διαστημική κλίμακα ίσων διαστημάτων. Το κέντρο της γραμμής της κλίμακας ορίζεται ως ουδέτερο σημείο, ενώ ισόποση αλλαγή της ποιότητας του ήχου αντιστοιχεί σε ίσα διαστήματα στην κλίμακα. Η κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης θεωρείται και αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατη.

4.1.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η βασική υπόθεση της τεχνικής είναι ότι οι κλίμακες αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων θεωρήσεων. Στην παρούσα εργασία υποθέτουμε ότι ο αριθμός αυτός είναι μεγαλύτερος του ένα.

Το πρώτο τμήμα της υπόθεσης υποστηρίζει πως μία αντίληψη οργανώνεται ψυχολογικά πάνω σε κάποιες ανεξάρτητες διαστάσεις [Osgood κ.α., 1957]. Η λέξη διάσταση χρησιμοποιείται μεταφορικά, και έχει την έννοια των αξόνων του ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων.

Οι διαστάσεις δύνανται να καθοριστούν εμπειρικά. Υποβάλλοντας μια αντίληψη σε μία σειρά κρίσεων, όπως είναι οι κλίμακες σημειολογικής διαβάθμισης, και χρησιμοποιώντας ενδεδειγμένες μαθηματικές μεθόδους, όπως είναι η ανάλυση σε παράγοντες (factor analysis), μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των κλιμάκων σε έναν μικρό αριθμό διαστάσεων, οι οποίες δεν έχουν συσχέτιση μεταξύ τους.

Αναφορικά με το δεύτερο τμήμα της υπόθεσης, ότι δηλαδή είναι δυνατό να προκύψουν παραπάνω από μία ανεξάρτητες αντιλήψεις από τις κλίμακες σημειολογικής διαβάθμισης, προκύπτει από την εδραιωμένη άποψη πως η ακουστική αντίληψη δεν προέρχεται από μία μόνο ακουστική εμπειρία.

Ένας έμφυτος περιορισμός της μεθόδου σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης είναι ότι τα αποτελέσματά της (factors) εξαρτώνται απόλυτα από τις κλίμακες που έχουν εισαχθεί στην ανάλυση εξαρχής. Κλίμακες που έχουν παραληφθεί από το αρχικό πείραμα δεν δύνανται να προκύψουν σε κανέναν παράγοντα.

4.1.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

Η ανάλυση κατά παράγοντες, δηλαδή η μαθηματική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία, χρησιμοποιεί συσχετίσεις με σκοπό να καθορίσει έναν μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων κυρίων συνιστωσών (παραγόντων). Η έννοια παράγοντας αντικαθιστά τη λέξη διάσταση, όταν γίνεται αναφορά σε αποτελέσματα της ανάλυσης.

Εκτενής περιγραφή του μαθηματικού μοντέλου της ανάλυσης κατά παράγοντες γίνεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.1]. Εκεί αναφέρεται πως η ανάλυση μπορεί να απαντηθεί σε δύο τύπους, την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες και την κλασσική ανάλυση σε παράγοντες.

Η εξαγωγή των παραγόντων και η περιστροφή αυτών είναι δύο πολύ σημαντικά βήματα της ανάλυσης. Εξίσου σημαντική όμως είναι η επιλογή του αριθμού των παραγόντων που θα αποτελέσουν το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης. Δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο, πέρα του ότι εφόσον ο αριθμός των παραγόντων που έχουν επιλεγεί εξηγούν ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης, θεωρούνται επαρκείς. Αναφορικά με τους παράγοντες που απορρίπτονται, είναι διαθέσιμα διάφορα κριτήρια, τα οποία επισημαίνονται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.2].

Ο λόγος για τον οποίο περιστρέφεται ο αρχικός πίνακας παραγόντων, είναι για να προκύψουν απλούστεροι και πιο ερμηνεύσιμοι παράγοντες. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ορθογώνιας περιστροφής (varimax) έτσι ώστε να προκύψουν ανεξάρτητοι παράγοντες. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι περιστροφής του αρχικού πίνακα, οι οποίοι αναφέρονται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ. Β/Β.1.3].

4.1.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων

Μετά την περιστροφή ενός πίνακα παραγόντων, η ερμηνεία αυτού μπορεί να επιτευχθεί εξετάζοντας τη φόρτιση κάθε κλίμακας που περιλαμβάνεται σε κάθε παράγοντα. Το όνομα που δίνεται στον παράγοντα είναι μια απλοποιημένη πλην καθοριστική έννοια, αφού περιγράφει τις μεταβλητές που είχαν τις μεγαλύτερες φορτίσεις. Η ακριβής έννοια του παράγοντα μπορεί να οριστεί αν ληφθούν υπόψιν και οι υπόλοιπες κλίμακες που έχουν υψηλή φόρτιση στον εν λόγω παράγοντα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα δίνεται στον πίνακα 4.1 που ακολουθεί, και παρουσιάζει τις φορτίσεις ανά παράγοντα που προέκυψαν στο αμφιθέατρο «Theo Angelorouλος». Συγκεκριμένα, οι παράγοντες που εξήχθησαν είναι οι F1 «Υποκειμενική Ένταση», F2 «Ευκρίνεια» και F3 «Αρνητικές ιδιότητες του ΡΑ».

Τέλος, η χαμηλή φόρτιση ενός παράγοντα είναι αποτέλεσμα της απουσίας συσχέτισης της κλίμακας με τις υπόλοιπες που εμφανίζονται στον ίδιο παράγοντα. Οι φορτίσεις που είναι χαμηλότερες από το τυπικό σφάλμα της φόρτισης, δεν λαμβάνονται υπόψιν στα αποτελέσματα ή την ερμηνεία του παράγοντα. Η μέθοδος υπολογισμού του τυπικού σφάλματος αναλύεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.4]

Πίνακας 4.1 Παράδειγμα φορτίσεων κλιμάκων

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα	Φορτίσεις	
I. Υποκειμενική Ένταση	Αμυδρός	Δυνατός	.917
	Χαμηλός	Υψηλός	.894
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.875
	Αδύναμος	Δυνατός	.860
	Κενός	Γεμάτος	.825
	Ρηχός	Βαθύς	.823
	Απόμακρος	Κοντινός	.802
	Μπερδεμένος	Καθαρός	.797
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.785
	Χαμηλή Ακουστότητα	Υψηλή Ακουστότητα	.756
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	.669
	Τραχύς	Απαλός	.636
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.605
	Με ενοχλητική Ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.501
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.476
	Σκληρός	Μαλακός	.417
	Οξύς	Μη οξύς	.396
II. Ευκρίνεια	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	.867
	Με υπόσταση	Χωρίς υπόσταση	.843
	Διαυγής	Μπερδεμένος	.841
	Λαμπρός	Σκοτεινός	.817
	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	.803
	Πλούσιος	Πτωχός	.715
	Με όγκο	Χωρίς όγκο	.696
	Πλήρης	Άδειος	.655
	Πλούσιος σε τονική ποιότητα	Πτωχός σε τονική ποιότητα	.646
	Ζωντανός	Άψυχος	.502
III. Αρνητικές Ιδιότητες του ΡΑ	Διαπεραστικός	Μη διαπεραστικός	.799
	Υψηλής Αντήχησης	Χαμηλής Αντήχησης	.648
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.597
	Οξύς	Μη οξύς	.594
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.575
	Με μεγάλη Διάχυση	Με μικρή διάχυση	.571
	Με ενοχλητική Ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.496
	Τραχύς	Απαλός	.493
	Σκληρός	Μαλακός	.452
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.446

4.1.5 Ανάλυση της διακύμανσης (Analysis of Variance)

Ένα ερώτημα που είναι σημαντικό να απαντηθεί, πέρα από τους παράγοντες που προέκυψαν σε κάθε αίθουσα, είναι το κατά πόσο οι ακροατές, ανάλογα με τη θέση ή την αίθουσα στην οποία βρισκόντουσαν, αξιολόγησαν με διαφορετικό τρόπο την ακουστική. Έχοντας υπολογίσει το εν λόγω ερώτημα στον αρχικό σχεδιασμό του πειράματος, διανείμαμε τα ερωτηματολόγια σε συγκεκριμένες θέσεις και όχι τυχαία σε κάθε αίθουσα.

Συνεπώς, τα δεδομένα ήταν κατάλληλα για έλεγχο ανάλυσης της διακύμανσης (Analysis of Variance. Cooper, 1969). Στη μέθοδο αυτή ξεκινάμε με τη μηδενική

υπόθεση ότι η αξιολόγηση των ακροατών από θέση σε θέση και από αίθουσα σε αίθουσα παρουσιάζει σημαντική διαφορά. Μεγάλο ρόλο παίζει το επίπεδο εμπιστοσύνης που υιοθετείται για την αποδοχή ή απόρριψη της αρχικής υπόθεσης. Εδώ υιοθετήθηκε επίπεδο εμπιστοσύνης της τάξης του 1%, το οποίο ερμηνεύεται ως εξής: Εάν η υπόθεσή αποδειχθεί για το παρόν επίπεδο εμπιστοσύνης, τότε σε 100 επαναλήψεις του πειράματος, τις 99 φορές το αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο. Η μέθοδος ανάλυσης της διακύμανσης παρουσιάζεται περαιτέρω στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ. Β/Β.2].

Κλείνοντας, απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη γραμμικής συσχέτισης των αποτελεσμάτων της ανάλυσης κατά παράγοντες είναι το να διαφέρουν αποδεδειγμένα σημαντικά από θέση σε θέση και από αίθουσα σε αίθουσα.

4.1.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis)

Η ανάλυση παλινδρόμησης περιλαμβάνει τεχνικές για τη μοντελοποίηση και την ανάλυση διαφόρων μεταβλητών, με σκοπεύοντας στην συσχέτιση μίας εξαρτημένης μεταβλητής με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση παλινδρόμησης συμβάλει στο να κατανοηθεί πώς μία τυπική τιμή μίας εξαρτημένης μεταβλητής μεταβάλλεται όταν ποικίλλει η τιμή μίας ανεξάρτητης μεταβλητής, ενώ στην ίδια ανάλυση οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

Η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης (Linear Regression Analysis) βασίζεται σε μία ευθύγραμμη εξίσωση, ενώ η μη γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης (Nonlinear Regression Analysis) καθορίζει τις αξίες των παραμέτρων για μία εξίσωση που συνδυάζει μία σειρά από αξίες στοιχείων πολύ περισσότερων από αυτές της γραμμικής. Έχουμε επίσης την ανάλυση απλής παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis) όπου υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή, σε αντίθεση με την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης (Multiple Regression) όπου οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι περισσότερες αλλά και συσχετισμένες μεταξύ τους.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η Simple Linear Regression Analysis για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, διότι κρίθηκε πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές που είχαν εισαχθεί στην ανάλυση δεν ήταν συσχετισμένες μεταξύ τους. Η μέθοδος αυτή αναλύεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ. Β/Β.3].

Στις μεταβλητές της εργασίας συμπεριλαμβάνεται η εξαρτημένη μεταβλητή, που είναι η αντίληψη της ακουστικής, όπως αυτή εκφράζεται μέσω του μεγέθους Mean Factor Score, και οι ανεξάρτητες μεταβλητές που είναι οι κύριες συνιστώσες των φυσικών παραμέτρων. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι RT ή T30, EDT, και LAeq σε όλο το φάσμα συχνοτήτων, ανά οκταβικές ζώνες (χαμηλές 125 - 250 Hz, μεσαίες 500 - 1000 Hz και υψηλές 2000 - 4000 Hz).

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκαν και φυσικά χαρακτηριστικά των αιθουσών, δηλαδή ο όγκος ανά θέση, η απόσταση του ομιλητή από τον τελευταίο θεατή και απόσταση από το πάτωμα σε θέση της πρώτης σειράς μέχρι το ταβάνι στην ίδια θέση. Συνεπώς, έγινε προσπάθεια να κατανοήσουμε τον τρόπο επιρροής της αντίληψης της ακουστικής τόσο από πλευράς φυσικών παραμέτρων όσο και από τα φυσικά χαρακτηριστικά των αιθουσών.

4.2 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης

Χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελείται από τριάντα κλίμακες σημειολογικής διαβάθμισης, και το οποίο μοιράστηκε και στις επτά αίθουσες διαλέξεων που εξετάσαμε. Τα βασικά χαρακτηριστικά του παρόντος ερωτηματολογίου αναφέρονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.1, ενώ οι κλίμακες του προέκυψαν από την έρευνα του Α. Οικονόμου [11].

Οι αίθουσες που επιλέξαμε ήταν επτά, και κατονομάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των επτά αιθουσών.

Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικά των αιθουσών. (1: «Theo Angelopoulos», 2: Συνεδριακό Κέντρο Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, 3: Αμφιθέατρο Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης», 4: Αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη, 5: Αμφιθέατρο Γ18, 6: MAX, 7: Αμφιθέατρο 1,2)

Θέατρο	1	2	3	4	5	6	7
Έτος κατασκευής	1973-1976	1974-75	2007-2008	2001-2004	1930	1950	1998-2002
Ανακαίνιση	2008	2007	-	-	-	-	-
Αρχιτέκτων	Δημοσθένης Μολφέσης	-	Σγούτας & Σγούτας	Κοκκίνου & Κούρκουλας	Κώστας Κιτσικής	Εμμ. Κριεζής	-
Χωρητικότητα	365	388	330	360	208	417	269
Όγκος (m ³)	1559.25	2122.94	1698.378	1206.65	977,6	3002.4	1614
Όγκος ανά θέση	4.27	5.47	5.15	3.35	4.7	7.2	6
Μήκος (m)	12	22.55	20.37	18.3	15.3	25.1	14.1
Πλάτος (m)	24	17.7	23.58	17	11.7	13-17.5	14-20.5
Ύψος (m)	4.55-5.35	6.4	3.4-7.9	4.08-5.68	4.0-6.0	5.0-8.2	4-5.4
Εμβαδό (m ²)	345	388.26	273.5	358.35	186.68	390.1	276.41
RTmid (s)	0.59	1.06	0.91	1.16	1.56	2.19	1.31

Η διανομή των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια εκδηλώσεων ομιλίας, στις αντίστοιχες θέσεις που έγιναν και οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις, όπου αυτό ήταν εφικτό. Περιμετρικά κάθε θέσης μοιράστηκαν δέκα ερωτηματολόγια. Στον Πίνακα 4.2 εμφανίζεται συγκεντρωτικά ο αριθμός των ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν ανά αίθουσα διαλέξεων.

Πίνακας 4.3 Διανομή ερωτηματολογίων

ΑΙΘΟΥΣΑ	ΔΕΙΓΜΑ ΑΤΟΜΩΝ
Theo Angelopoulos	62
Παν. Δυτικής Αττικής	30
Ίδρυμα Μιχάλης Κακογιάννης	41
Αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη	30
Αίθουσα Γ18	36
MAX	33
Αμφιθέατρο 1,2	33
ΣΥΝΟΛΟ	265

Οι διαλέξεις/ εκδηλώσεις ομιλίας επιλέχθηκαν λόγω διαθεσιμότητας και ήταν οι παρακάτω:

- «Το κίνημα Freinet: από το χθες στο σήμερα» στην αίθουσα «Theo Angelopoulos»
- 1ο Διεθνές Συνέδριο "Γαστρονομία & Τουρισμός" στο Συνεδριακό Κέντρο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής
- Βραβεία της Ενώσεως Σεναριογράφων Ελλάδος στο Ίδρυμα Μιχάλης Κακογιάννης
- Ημερίδα αφιερωμένη στο έργο του Δημήτρη και της Σουζάννας Αντωνακάκη στο αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη στην Πειραιώς
- Διάλεξη του μαθήματος «Γεωμετρικές και ψηφιακές αναπαραστάσεις σε εφαρμοσμένο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό» του 4^{ου} εξαμήνου της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών στο «ΜΑΧ»
- Διάλεξη του μαθήματος «Φυσική» στο αμφιθέατρο «1,2»

Στην αίθουσα Γ18, ελλείπει διάλεξης ή εκδήλωσης την χρονική περίοδο που θέλαμε να πραγματοποιηθεί το πείραμα αντίληψης, η διάλεξη έγινε από τις συγγραφείς της παρούσας εργασίας και το θέμα της ήταν η ιστορία των κτιρίων του ιστορικού συγκροτήματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου επί της οδού Πατησίων.

Περισσότερες πληροφορίες για τις διαλέξεις και τις εκδηλώσεις παρατίθενται στο Παράρτημα Ζ.

Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν στο ακροατήριο κατά την έναρξη της εκάστοτε διάλεξης/ εκδήλωσης ομιλίας, ύστερα από επαρκή επεξήγηση για τον τρόπο συμπλήρωσης τους. Έπειτα, ανάλογα με τη διάρκεια της διάλεξης, τα ερωτηματολόγια συλλέχθηκαν είτε στο διάλλειμα είτε στο τέλος αυτής. Αξιίζει να σημειωθεί πως, σε ένα σύνολο επτά εκδηλώσεων, σε πέντε από αυτές έγινε χρήση μικροφώνου.

Και στις επτά εκδηλώσεις, το κοινό και οι «ηχητικές πηγές», δηλαδή οι ομιλητές, διέφεραν από αίθουσα σε αίθουσα, ώστε να υπάρξει μια πιο αντικειμενική καταγραφή της προτίμησης του μέσου ακροατή στην Αθήνα.

Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε στη μέθοδο ανάλυσης κατά παράγοντες που αναπτύχθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν οκτώ αναλύσεις: Μία για κάθε μία από τις επτά αίθουσες και μία για όλες τις αίθουσες μαζί. Αρχικά εξήχθη η προκαθορισμένη (default) τιμή παραγόντων σε κάθε μία από αυτές. Λόγω πληρότητας δεδομένων όμως, επιτράπηκε στο μοντέλο να εξάγει όλες τις ενδιαμέσες τιμές παραγόντων, από δύο δηλαδή έως την default τιμή της ανάλυσης, και για κάθε αποτέλεσμα έγινε περαιτέρω διερεύνηση ώστε να

προκύψουν ισχυροί, καθαροί, ερμηνεύσιμοι και ανεξάρτητοι μεταξύ τους παράγοντες.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν είναι στατιστικώς σημαντική η μεταβολή της αντίληψης ως προς τον κάθε παράγοντα, στις επτά πρώτες αναλύσεις σε σχέση με την μεταβολή των θέσεων και στην όγδοη σε σχέση με τη μεταβολή των αιθουσών.

Στην ανάλυση που έγινε για όλες τις αίθουσες συνολικά, διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική μεταβολή. Συνεπώς, αφού πραγματοποιήσαμε ανάλυση κατά παράγοντες στις φυσικές παραμέτρους του ήχου και της αίθουσας, όπου και τις ομαδοποιήσαμε σε κύριες συνιστώσες (Principal Components), προχωρήσαμε σε ανάλυση απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε το κάθε mean factor score του παράγοντα που παρουσίαζε τη μεταβολή ενώ ως ανεξάρτητη μεταβλητή τα mean principal component score κάθε κύριας συνιστώσας, σε μια προσπάθεια να εξακριβωθεί η ύπαρξη ή απουσία συσχέτισης μεταξύ του εκάστοτε παράγοντα και των αντίστοιχων κυρίων φυσικών παραμέτρων.

4.3 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Για την αποτίμηση της ακουστικής κάθε αίθουσας, ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία, η οποία εστιάζει στην καταγραφή φυσικών ακουστικών παραμέτρων και την ερμηνεία αυτών. Οι παράμετροι αυτές είναι ο χρόνος αντήχησης (RT), ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) καθώς και ο θόρυβος βάθους (LAeq). Ο χρόνος αντήχησης και ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων αναγνωρίζονται ως αντιπροσωπευτικές παράμετροι της ακουστικής χώρων ακροατηρίου [Barron, 1993].

4.4 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Για την μέτρηση του χρόνου αντήχησης, του θορύβου βάθους και του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων, χρησιμοποιήθηκε το ηχώμετρο της Bruel and Kjaer 2270 και δύο ηχητικές πηγές, πιστόλι και μπαλόνι. Το όπλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Olympic .380 Blank Firing Revolver – 9mm ενώ τα μπαλόνια είχαν διάμετρο 24 εκατοστών (R120).

Για τον χρόνο αντήχησης λήφθηκαν υπόψιν τα αποτελέσματα του T30. Στη συνέχεια υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των θέσεων μέτρησης για κάθε συχνότητα και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα. Σημειώνεται ότι το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήχησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον Ermann [17] για αίθουσα ύψους H, μήκους 2H και πλάτους 1.5H. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός πως η βιβλιογραφία δεν λαμβάνει υπόψιν την ηλεκτρονική υποστήριξη του ήχου και ως εκ τούτου δεν υπήρξαν διαφορές στα επιθυμητά όρια μεταξύ των αιθουσών όπου έγινε χρήση μικροφώνου και μεταξύ αυτών που δεν έγινε.

Για τον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων, υπολογίσθηκε η μέση τιμή των θέσεων για χαμηλές, μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Στη συνέχεια υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των θέσεων μέτρησης για κάθε συχνότητα. Το επιθυμητό εύρος τιμών παρέμεινε ίδιο με αυτό του χρόνου αντήχησης.

5. ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ «THEO ANGELOPOULOS»

Χτισμένη στο κέντρο της Αθήνας, επί της οδού Σίνα, η πτέρυγα του κτιρίου του Γαλλικού Ινστιτούτου, στο οποίο στεγάζεται το αμφιθέατρο «Theo Angelopoulos», κατασκευάστηκε την περίοδο 1973 - 1976.

Την αρχιτεκτονική μελέτη εκπόνησε ο Δημοσθένης Μολφέσης, ενώ στοιχεία για την ύπαρξη ακουστικής μελέτης δεν υπάρχουν. Το αρχιτεκτονικό στυλ, που υπάγεται στο κίνημα του μοντερνισμού, είναι μπρουταλιστικής τεχνοτροπίας και είναι εμφανώς επηρεασμένο από το έργο του Le Corbusier.

Στο κτίριο στεγάζονται επίσης τα γραφεία του Γαλλικού Ινστιτούτου, αίθουσες διδασκαλίας και καφετέρια. Το αμφιθέατρο βρίσκεται στο ισόγειο της δεξιάς πτέρυγας του κτιρίου και είναι ειδικά διαμορφωμένο, όπως και όλοι οι χώροι του Γαλλικού Ινστιτούτου, για πρόσβαση από ΑΜΕΑ.

Το «Theo Angelopoulos» έχει τραπεζοειδές σχήμα, με διαστάσεις 12 x 24 x 12 και χωρητικότητα 365 θέσεων. Το δάπεδό του είναι παρκέ, ακάλυπτο στη σκηνή, ενώ στην πλατεία είναι καλυμμένο με μοκέτα γκρι χρώματος. Οι τοίχοι του, πλευρικά της σκηνής, είναι αρχικά επενδυμένοι με διάτρητο ξύλο βαμμένο σε γκρι χρώμα και στη συνέχεια με μαύρο ύφασμα σε μορφή κουρτίνας στο κάτω μέρος τους ενώ στο πάνω συνεχίζει η ξύλινη επένδυση. Στο πίσω μέρος της πλατείας οι τοίχοι και οι πόρτες είναι επίσης επενδυμένα με μαύρο ύφασμα. Υπάρχει η δυνατότητα διαχωρισμού της πλατείας με κουρτίνα, για χρήση σε εκδηλώσεις μικρότερου όγκου.

Λειτουργεί από το 1976, ενώ το 2008 ανακαινίστηκε εσωτερικά, δηλαδή βιάφτηκαν οι τοίχοι και αντικαταστάθηκαν τα καθίσματα καθώς και η μοκέτα του δαπέδου.



Εικόνα 5.1 Εσωτερική άποψη της αίθουσας «Theo Angelopoulos».



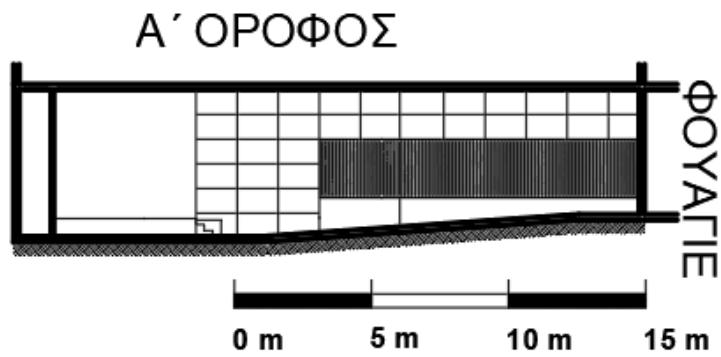
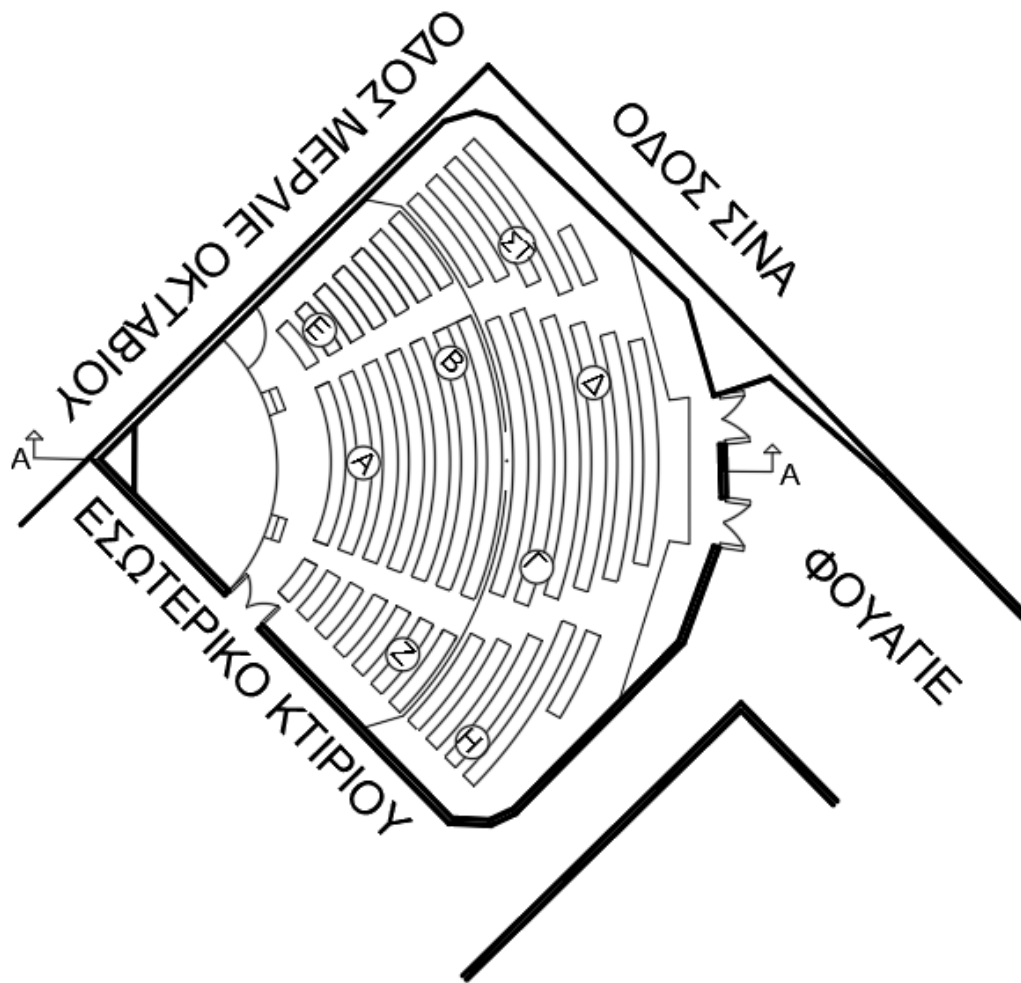
Εικόνα 5.2 Εσωτερική άποψη της αίθουσας «Theo Angelopoulos» από τη σκηνή.



Εικόνα 5.3 Οροφή της αίθουσας.



Εικόνα 5.4 Εξωτερική άποψη της πτέρυγας που στεγάζεται το αμφιθέατρο



Εικόνα 5.5 Κάτοψη και τομή Αμφιθεάτρου «Theo Angelopoulos»

5.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στην αίθουσα «Theo Angelopoulos» έγιναν 8 μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/Rt_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/Rt_{mid}) καθώς και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

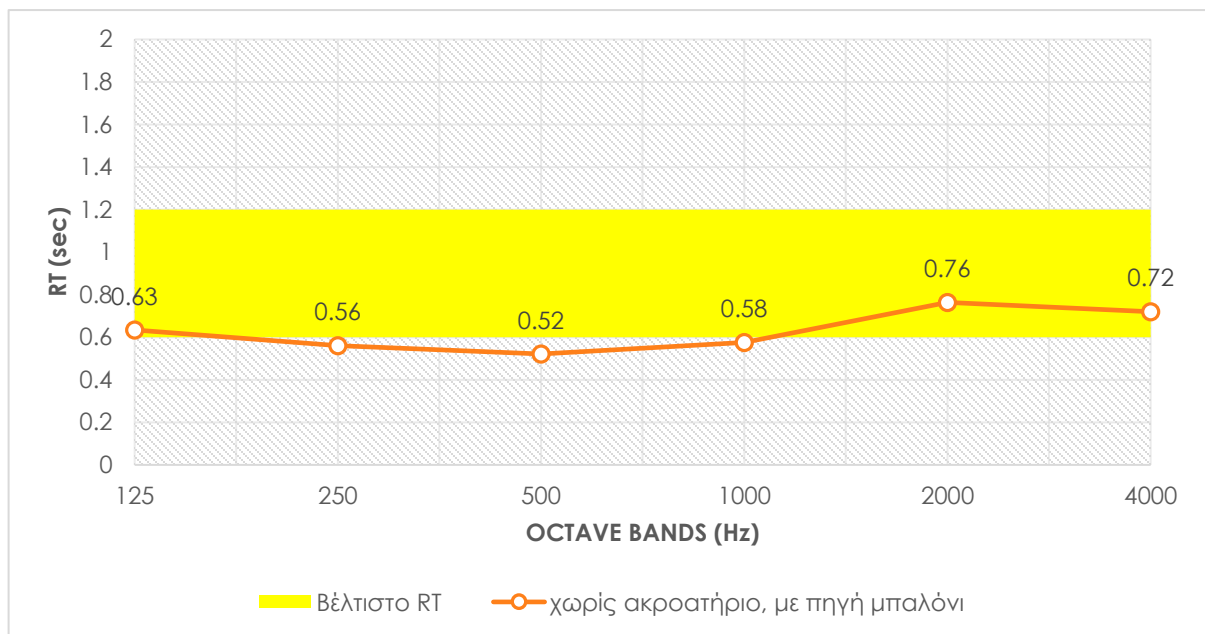
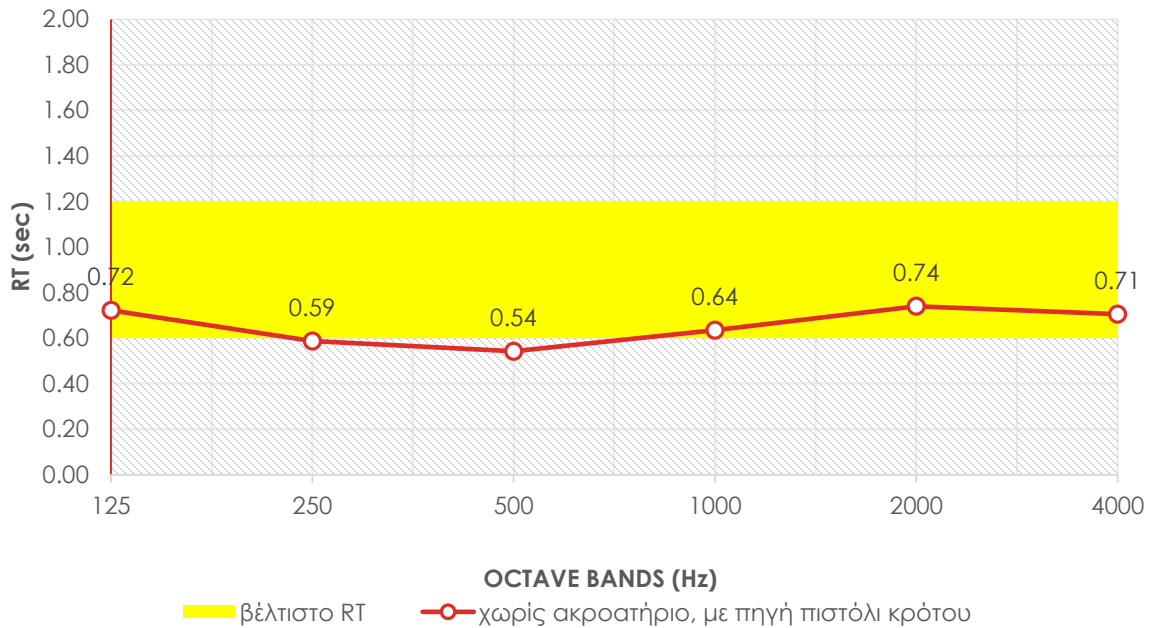
Πίνακας 5.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

RT_{low}/RT_{mid}	1.12
RT_{high}/RT_{mid}	1.24

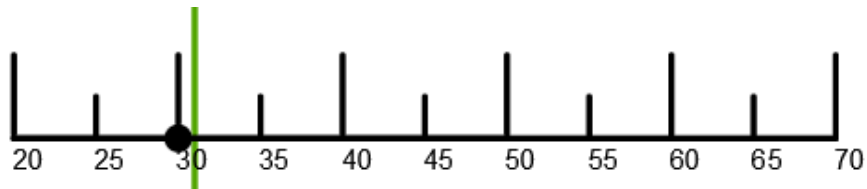
Πίνακας 5.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων ανά οκταβική ζώνη

EDT _{low}	0.55
EDT _{mid}	0.53
EDT _{high}	0.57

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 5.6 Μετρήσεις χρόνου αντήχησης συναρτήσει των συχνοτήτων στην αίθουσα «Theo Angeloroulos». Επιλέχθηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση πιστολιού ως ηχητική πηγή, ως πιο αντιπροσωπευτικά. Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήχησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον *Ermann* [17] για αίθουσα ύψους H , μήκους $2H$ και πλάτους $1.5H$. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 5.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στην αίθουσα «Theo Angelopoulos»
Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq} \leq 31$ dBA

5.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 5 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω τριών ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 64% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Υποκειμενική Ένταση» εξηγεί το 30.2 % της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας «Ευκρίνεια» εξηγεί το

19.7 % και ο παράγοντας «Αρνητικές Ιδιότητες του PA» εξηγεί το 14.2 %.

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις
I. Υποκειμενική Ένταση	Αμυδρός	Δυνατός	.917
	Χαμηλός	Υψηλός	.894
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.875
	Αδύναμος	Δυνατός	.860
	Κενός	Γεμάτος	.825
	Ρηχός	Βαθύς	.823
	Απόμακρος	Κοντινός	.802
	Μπερδεμένος	Καθαρός	.797
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.785
	Χαμηλή Ακουστότητα	Υψηλή Ακουστότητα	.756
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	.669
	Τραχύς	Απαλός	.636
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.605
	Με ενοχλητική Ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.501
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.476
	Σκληρός	Μαλακός	.417
	Οξύς	Μη οξύς	.396
II. Ευκρίνεια	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	.867
	Με υπόσταση	Χωρίς υπόσταση	.843
	Διαυγής	Μπερδεμένος	.841
	Λαμπρός	Σκοτεινός	.817
	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	.803
	Πλούσιος	Πτωχός	.715
	Με όγκο	Χωρίς όγκο	.696
	Πλήρης	Άδειος	.655
	Πλούσιος σε τονική ποιότητα	Πτωχός σε τονική ποιότητα	.646
	Ζωντανός	Άψυχος	.502

III. Αρνητικές Ιδιότητες του PA	Διαπεραστικός	Μη διαπεραστικός	.799
	Υψηλής Αντήρησης	Χαμηλής Αντήρησης	.648
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.597
	Οξύς	Μη οξύς	.594
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.575
	Με μεγάλη Διάχυση	Με μικρή διάχυση	.571
	Με ενοχλητική Ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.496
	Τραχύς	Απαλός	.493
	Σκληρός	Μαλακός	.452
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.446

Πίνακας 5.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το αμφιθέατρο «Theo Angelopoulos» (Standard error of loading for the auditorium)

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Υποκειμενική Ένταση»	0.332
«Ευκρίνεια»	0.338
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	0.344

Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο «Theo Angelopoulos»

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Υποκειμενική Ένταση»	2.670	0.022
«Ευκρίνεια»	1.656	0.146
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	0.944	0.483

5.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

5.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήρησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται χαμηλότερα από τα επιθυμητά όρια στα 250 και τα 500 Hz, εντός των επιθυμητών ορίων στις υπόλοιπες συχνότητες. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ηχοαπορρόφηση είναι υπέρμετρη.

Ο χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων (EDT) βρίσκεται επίσης χαμηλότερα του επιθυμητού εύρους τιμών. Ο συνδυασμός αυτών των αποτελεσμάτων μας δείχνει πως έχουμε μια αίθουσα με πολύ χαμηλές στάθμες έντασης φυσικού ήχου.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάρους (LA_{eq}), στα 30 dBA, τιμή η οποία κάτω από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων, γεγονός που μας δείχνει πως η θέση του αμφιθεάτρου του δίνει επαρκή προστασία από εξωτερικούς θορύβους.

5.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Στο «Theo Angelopoulos» εξήχθησαν τρεις παράγοντες με συνολικό ποσοστό διακύμανσης 64%. Ο επικρατέστερος παράγοντας είναι ο F1 «Υποκειμενική ένταση» που εξηγεί το 30.23% της συνολικής διακύμανσης. Ο F1 σχετίζεται με την ένταση και την δύναμη του ήχου. Παράλληλα περιγράφει έννοιες όπως η εγγύτητα και η εντύπωση που προκαλεί ο ήχος.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Ευκρίνεια» εξηγεί το 19.723% της διακύμανσης και περιγράφει έναν ήχο με ευκρίνεια, υπόσταση και φως.

Ακολουθεί ο τρίτος παράγοντας F3 «αρνητικές ιδιότητες του PA» που εξηγεί το 14.183% της συνολικής διακύμανσης. Ο τρίτος παράγοντας περιγράφει τη διαπεραστικότητα, την αντήχηση και την έλλειψη ευκρίνειας που προκαλούνται από τη χρήση ηχείων για τη μετάδοση του ήχου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον F3 εμφανίζονται έννοιες που υπάρχουν και στον F1, όπως «Με ενοχλητική ηχώ - Με ανύπαρκτη ηχώ», «Με κακή γενική εντύπωση - Με καλή γενική εντύπωση» και «Τραχύς - Απαλός» που δείχνουν ότι η ένταση του ήχου προκαλεί τα αρνητικά συναισθήματα απέναντι στη χρήση ηχείων.

5.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για την αίθουσα «Theo Angelopoulos» προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο χωρίς ιδιαίτερα καλή ακουστική. Τα υλικά ηχοαπορρόφησης που έχουν προστεθεί στο χώρο (διάτρητα Panel, μοκέτα, κουρτίνες, υφασμάτινη επένδυση πίσω τοίχου) έχουν χαμηλώσει κατά πολύ τους χρόνους αντήχησης και απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση

και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν ακριβώς εντός του επιτρεπτού ορίου και αυτό δείχνει πως η αίθουσα είναι επαρκώς ηχοπροστατευμένη. Η τοποθέτηση του αμφιθεάτρου ανάμεσα στο δρόμο και σε εσωτερικό διάδρομο του κτιρίου του Γαλλικού Ινστιτούτου, αλλά και αρκετά κοντά στην αυλή, δεν δρα μειονεκτικά για την ακουστική της αίθουσας.

6. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Το Συνεδριακό Κέντρο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής βρίσκεται στο κεντρικό κτήριο Κ1 των κεντρικών εγκαταστάσεων του πρώην ΤΕΙ Αθήνας στο Δήμο Αιγάλεω και είναι ένας σύγχρονος χώρος πολλαπλών χρήσεων. Αρχικά είχε κατασκευαστεί την περίοδο 1974-1975 όταν ακόμα ο χώρος του πανεπιστημίου ήταν σε χρήση από το ΚΑΤΕΕ Αθήνας. Την περίοδο 2006-2007 το κτίριο ανακαινίστηκε πλήρως, και την θέση του παλαιού κεντρικού αμφιθεάτρου του Ιδρύματος πήρε το συνεδριακό κέντρο. Την μελέτη της ανακαίνισης ανέλαβε ο αρχιτέκτονας Χρήστος Πανουσάκης.

Το Συνεδριακό κέντρο περιλαμβάνει την κεντρική αίθουσα 455 τ.μ. και 344 θέσεων που είναι ειδικά διαμορφωμένη και φιλική στα ΑΜΕΑ. Η κεντρική σκηνή του συνεδριακού κέντρου είναι 55 τ.μ. και περιλαμβάνει υποδομές για την πραγματοποίηση διαφορετικών τύπων εκδηλώσεων όπως Συνέδρια, Ημερίδες, Θεατρικές Παραστάσεις, Μουσικές Εκδηλώσεις, κ.α. Επίσης, ο άνετος και υψηλής αισθητικής χώρος υποδοχής του Συνεδριακού κέντρου (Φουαγιέ), επιφάνειας 170 τ.μ., μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλές υπηρεσίες.

Στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου, τα καθίσματα είναι επενδυμένα με ύφασμα, ενώ το πάτωμα σε όλο το μήκος της πλατείας καλύπτεται από μοκέτα. Το πάτωμα της σκηνής είναι κατασκευασμένο από ξύλο, οι πλευρικοί και ο πίσω τοίχος είναι επενδυμένοι από panel πετροβάμβακα, επενδυμένα με ύφασμα, και στο ταβάνι υπάρχουν κυρτά panel από MDF για την δημιουργία ψευδοροφής.

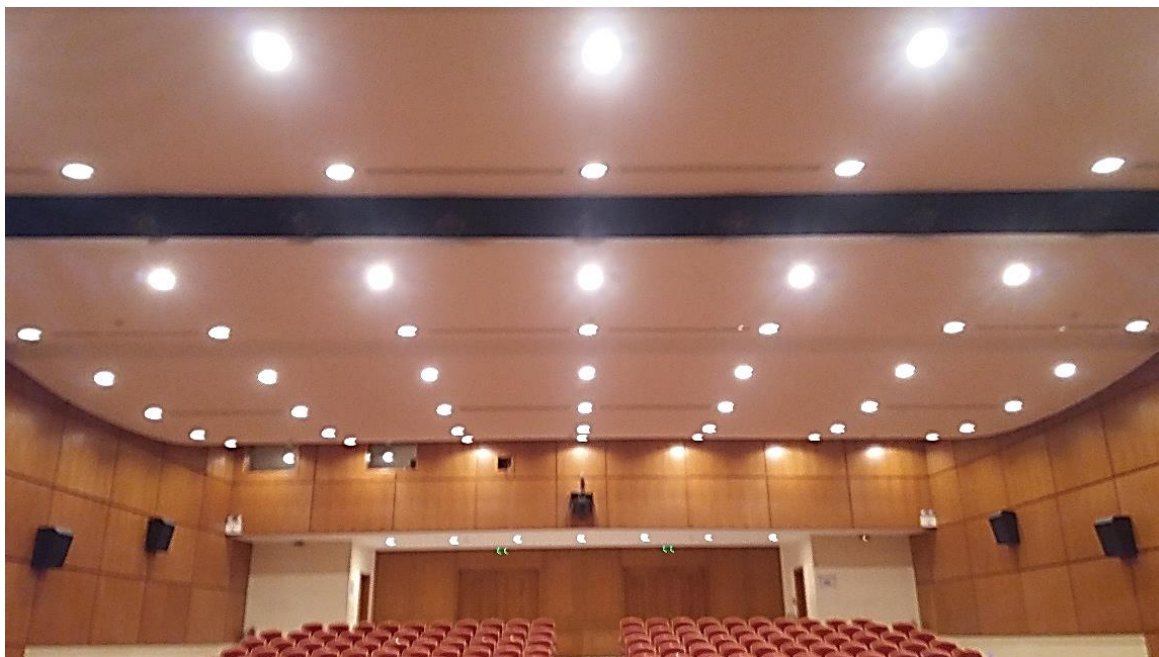
Η πρόσβαση στο Συνεδριακό κέντρο γίνεται από την κεντρική πύλη επί της οδού Αγίου Σπυρίδωνος αλλά και την δυτική Πύλη (Δημητσάνας) του πρώην ΤΕΙ Αθήνας.



Εικόνα 6.1 Εσωτερική άποψη του Συνεδριακού κέντρου



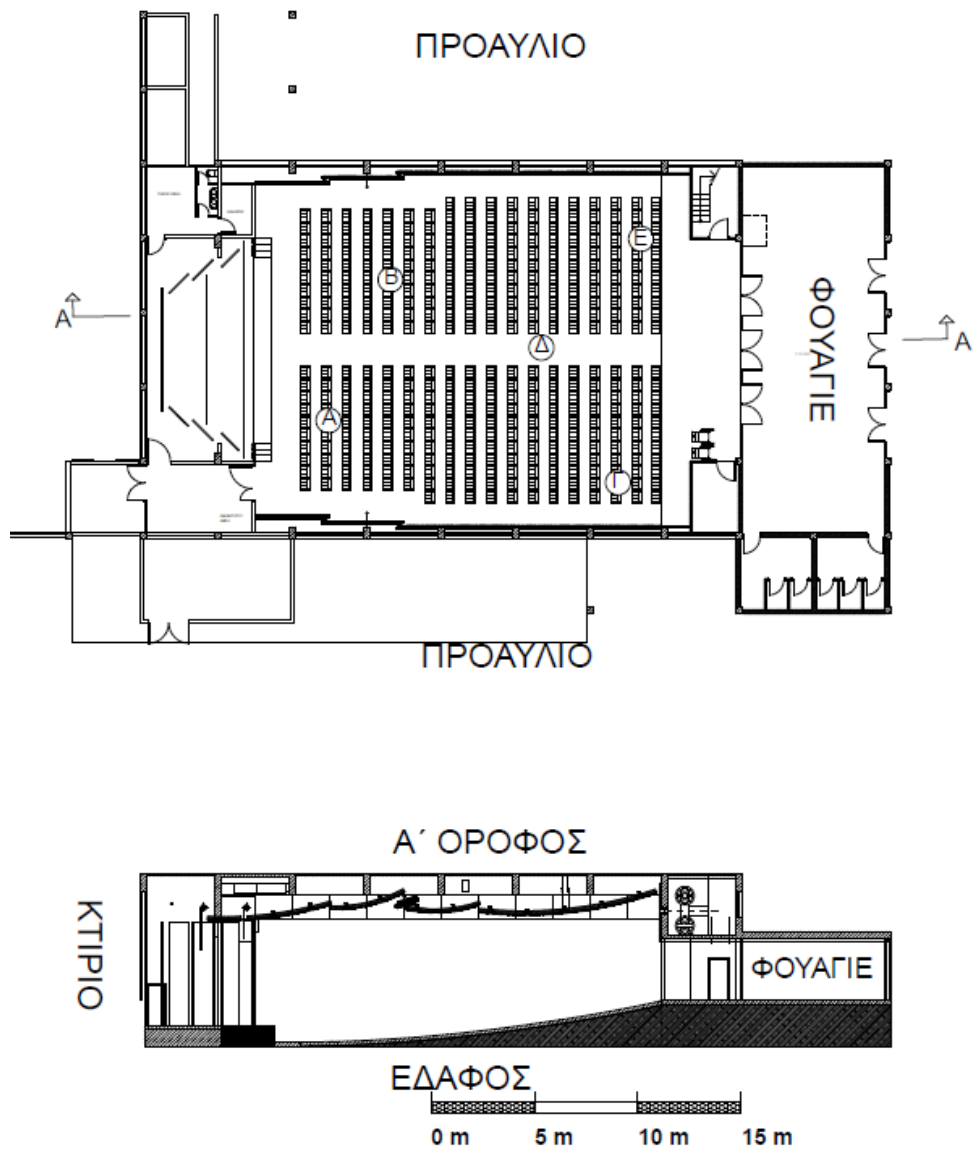
Εικόνα 6.2 Εσωτερική άποψη του Συνεδριακού κέντρου από τη σκηνή.



Εικόνα 6.3 Οροφή της αίθουσας.



Εικόνα 6.4 Εξωτερική άποψη του κτιρίου του Συνεδριακού κέντρου



Εικόνα 6.5 Κάτοψη και τομή Αμφιθεάτρου του Συνεδριακού κέντρου

6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στο Συνεδριακό κέντρο έγιναν συνολικά 5 μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/Rt_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/Rt_{mid}) καθώς και οι χρόνοι απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

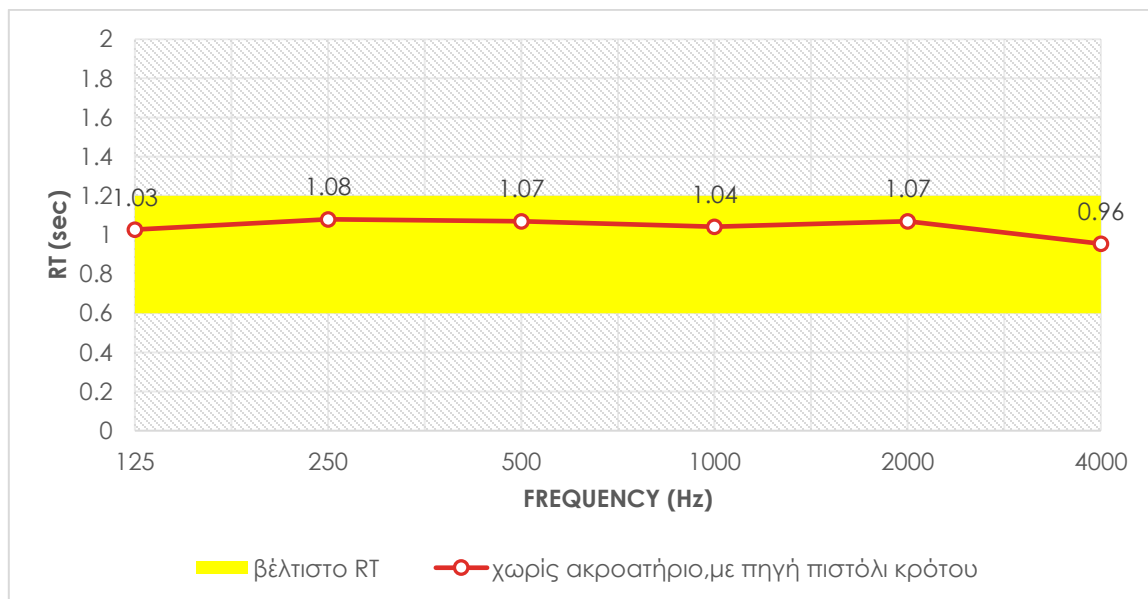
Πίνακας 6.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

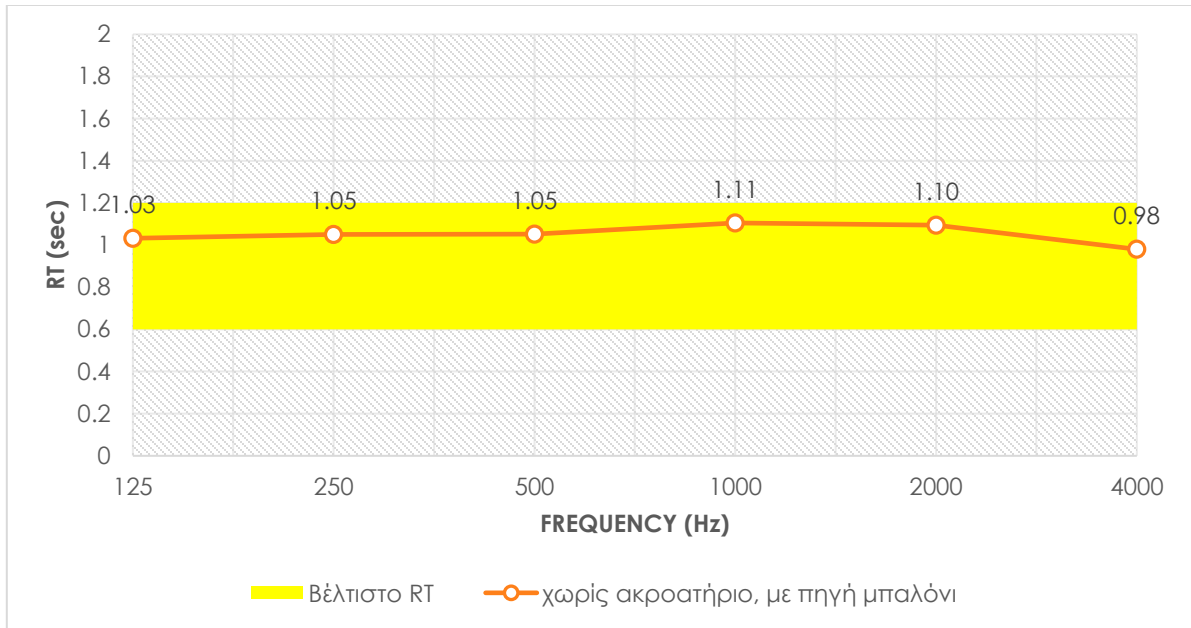
RT_{low}/RT_{mid}	1.00
RT_{high}/RT_{mid}	0.96

Πίνακας 6.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων

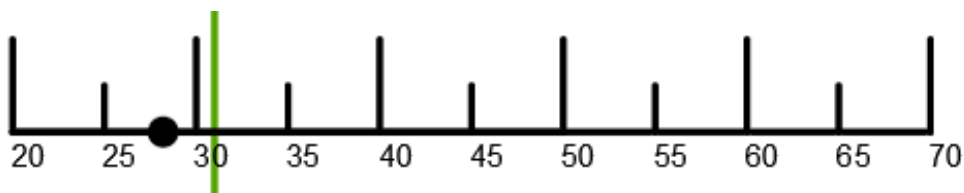
EDT _{low}	1.03
EDT _{mid}	0.96
EDT _{high}	0.68

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.





Εικόνα 6.6 Μετρήσεις χρόνου αντήχησης συναρτήσει των συχνοτήτων στην αίθουσα του Συνεδριακού κέντρου. Επιλέχθηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση πιστολιού ως ηχητική πηγή, ως πιο αντιπροσωπευτικά. Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήχησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον *Ermann* [17] για αίθουσα ύψους H , μήκους $2H$ και πλάτους $1.5H$. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 6.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στο Συνεδριακό κέντρο, $L_{Aeq}=28.5\text{dBA}$.
 Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq}\leq 31\text{dBA}$

6.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 8 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω τριών ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 63.4% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Καθαρότητα» εξηγεί το 24.9 % της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας «Υπόσταση-Υποκειμενική Ένταση» εξηγεί το 24.6 % και ο παράγοντας «Αρνητικές ιδιότητες του PA» εξηγεί το 13.9 % (Factor Analysis Results)

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις
I. Καθαρότητα	Εξασθενημένος	Δυνατός	.905
	Διαυγής	Μπερδεμένος	-.878
	Κενός	Γεμάτος	.819
	Χαμηλός	Υψηλός	.804
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.787
	Πλούσιος	Πτωχός	-.768
	Αμυδρός	Δυνατός	.767
	Μπερδεμένος	Καθαρός	.677
	Με χαμηλή ακουστότητα	Με υψηλή ακουστότητα	.651
	Αδύναμος	Δυνατός	.642
	Πλούσιος σε τονική ποιότητα	Πτωχός σε τονική ποιότητα	-.626
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	-.529
	II. Υπόσταση - Υποκειμενική Ένταση	Λαμπρός	Σκοτεινός	.889
Δυσχερής στην ακρόαση		Ευχερής στην ακρόαση	-.868
Ζωντανός		Άψυχος	.864
Απόμακρος		Κοντινός	-.832
Πλήρης		Άδειος	.822
Ρηχός		Βαθύς	-.802
Με όγκο		Χωρίς όγκο	.730
Με υπόσταση		Χωρίς υπόσταση	.714
Προτιμητέος		Μη προτιμητέος	.704
Υψηλής αντήχησης		Χαμηλής αντήχησης	.659
Διαπεραστικός		Μη διαπεραστικός	.459
Οξύς		Μη οξύς	.463

III. Αρνητικές ιδιότητες του PA	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	-.503
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.851
	Τραχύς	Απαλός	.777
	Οξύς	Μη οξύς	.737
	Σκληρός	Μαλακός	.665
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.630
	Με ενοχλητική ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.597

Πίνακας 6.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το Συνεδριακό κέντρο

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Καθαρότητα»	0.440
«Υπόσταση-Υποκειμενική Ένταση»	0.448
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	0.455

Πίνακας 6.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο Συνεδριακό κέντρο
(Comparison of subjective factor scores between test positions).

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Καθαρότητα»	0.092	0.984
«Υπόσταση-Υποκειμενική Ένταση»	1.751	0.188
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	2.129	0.124

6.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

6.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται ανάμεσα στα επιθυμητά όρια σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Αντίστοιχα, εντός επιθυμητών ορίων βρίσκονται και οι χρόνοι απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT). Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ακουστική της αίθουσας είναι καλή και πως οι επεμβάσεις στην αίθουσα έδρασαν θετικά ως προς το να μειώσουν τις αποστάσεις μεταξύ ομιλητή και ακροατή, χωρίς να «πνίξουν» τελείως τον φυσικό ήχο.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάθους (LA_{eq}), στα 28.2 dBA, τιμή η οποία βρίσκεται κάτω από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων.

6.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Στο Συνεδριακό Κέντρο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής εξήχθησαν τρεις παράγοντες με συνολικό ποσοστό διακύμανσης 63.4%. Ο επικρατέστερος παράγοντας είναι ο F1 «Καθαρότητα» που εξηγεί το 24.9% της συνολικής διακύμανσης. Ο F1 σχετίζεται με την ευκρίνεια και την ένταση του ήχου και περιγράφει έναν ήχο μπερδεμένο, με χαμηλή ένταση και χωρίς ευκρίνεια.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Υπόσταση-Υποκειμενική Ένταση» εξηγεί το 24.6% της διακύμανσης και περιγράφει έναν ήχο σκοτεινό, δυσχερή γενικά στην ακρόαση και άψυχο. Εντύπωση προκαλεί πως σε αυτόν τον παράγοντα βρίσκεται και η μεταβλητή που δείχνει την προτίμηση και υποδηλώνει πως το κοινό αυτής της αίθουσας προτίμησε τον άψυχο ήχο που έβγαίνει από τα μικρόφωνα.

Ο τρίτος παράγοντας F3, που ονομάσαμε «Αρνητικές ιδιότητες του PA», εξηγεί το 13.9% της συνολικής διακύμανσης. Ο τρίτος παράγοντας περιγράφει πάλι την προτίμηση του κοινού, αλλά εδώ δείχνει ότι η σκληρότητα του ήχου προκαλεί τα αρνητικά συναισθήματα απέναντι στη χρήση ηχείων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον F3 εμφανίζονται και άλλες έννοιες που υπάρχουν και στον F2, όπως «Οξύς-Μη οξύς» με αντίθετη προσήμανση σε κάθε παράγοντα. Ανάλογα με τη συσχέτιση που έκανε το κοινό με τις υπόλοιπες μεταβλητές, φαίνεται πως ένας οξύς ήχος, όταν είναι ζωντανός και κοντινός είναι ευχάριστος στο κοινό, ενώ όταν είναι σκληρός και τραχύς προκαλεί δυσάρεστα συναισθήματα.

6.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για στο Συνεδριακό κέντρο προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο με αρκετά καλή ακουστική. Τα υλικά ηχοαπορρόφησης που έχουν προστεθεί στο χώρο καθώς και οι ανακλαστικές επιφάνειες στην οροφή ακυρώνουν τις μεγάλες αποστάσεις του θεάτρου και συμβάλλουν στην διάχυση του ήχου.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν χαμηλότερα από τα επιτρεπτά όρια και αυτό δείχνει πως η αίθουσα είναι επαρκώς ηχοπροστατευμένη. Η τοποθέτηση του αμφιθεάτρου ανάμεσα στον ανοιχτό χώρο του πανεπιστημίου και σε εσωτερικό

διάδρομο του κτιρίου δημιουργεί ζώνες ανάσχεσης και δρα πλεονεκτικά για την ακουστική της αίθουσας.

7. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΜΙΧΑΛΗ ΚΑΚΟΓΙΑΝΝΗ

Στην καρδιά του νέου πολιτιστικού και πνευματικού άξονα της Αθήνας, στην οδό Πειραιώς 206, αποφάσισε να κατασκευάσει το «Ίδρυμα Μιχάλης Κακογιάννης» το Πολιτιστικό του Κέντρο. Οι εργασίες ανέγερσης άρχισαν τον Ιανουάριο του 2007 και ολοκληρώθηκαν το 2008.

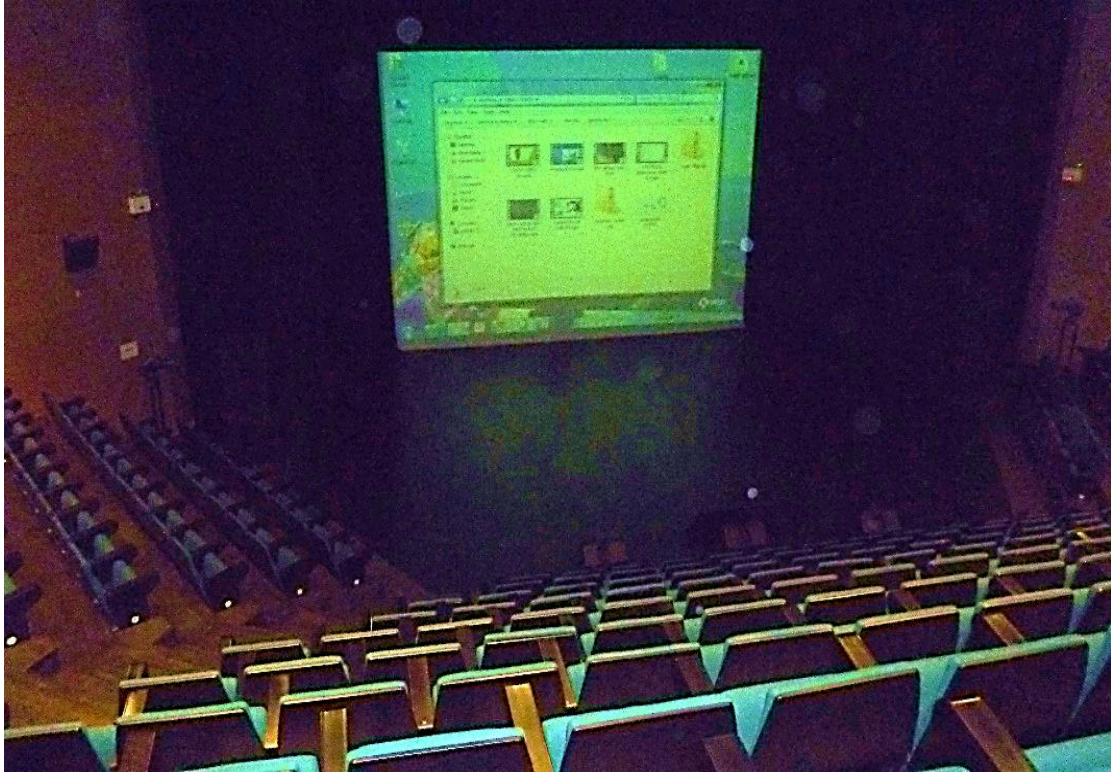
Αρχιτέκτονες του κτιρίου είναι οι Βασίλης και Δημήτρης Σγούτας («Σγούτας και Σγούτας Αρχιτέκτονες») ενώ την ακουστική μελέτη εκπόνησε ο Θεόδωρος Τιμαγένης.

Το νέο κτίριο, σύγχρονων ευρωπαϊκών υποδομών και συνολικού εμβαδού 6.810 τ.μ., διαθέτει επίσης αίθουσα κινηματογράφου 120 θέσεων, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων 68 θέσεων, όπως και εκθεσιακό χώρο. Στο κέντρο λειτουργούν επίσης δύο café – bar, bar – εστιατόριο (κλειστό και υπαίθριο) και το πωλητήριο του Ίδρυματος.

Το αμφιθέατρο έχει πρισματικό σχήμα και χωρητικότητα 330 θέσεων. Το δάπεδό του είναι παρκέ, ενώ οι τοίχοι του είναι επενδυμένοι περιμετρικά με ξύλο, διάτρητο στους πλευρικούς τοίχους και συμπαγές στους πίσω. Η οροφή του είναι καλυμμένη με γυψοσανίδα και τα καθίσματα είναι επενδυμένα με ύφασμα.

Το Πολιτιστικό Κέντρο προσφέρεται και για την φιλοξενία ποικίλων – εταιρικών και άλλων – εκδηλώσεων όπως συνέδρια, σεμινάρια, παρουσιάσεις, εκθέσεις κ.α., ενώ η διαμόρφωση των χώρων του, το καθιστούν ιδανικό για εκδηλώσεις παράλληλων δράσεων.

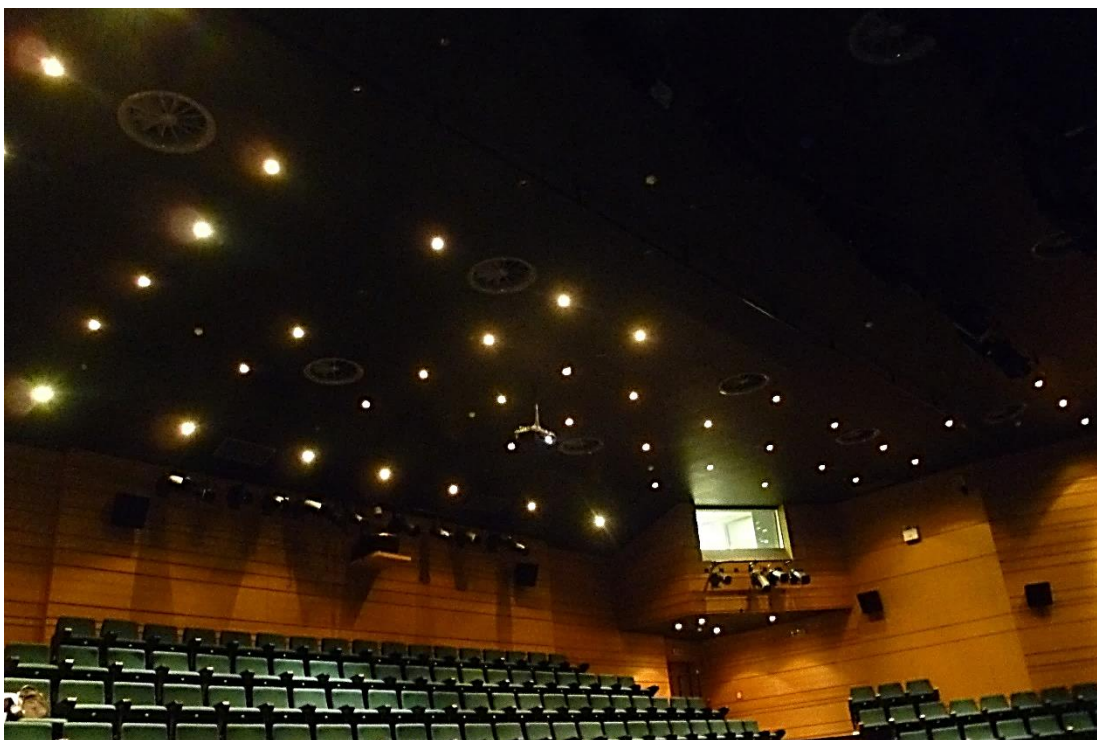
Το πολιτιστικό κέντρο του «Ίδρυματος Μιχάλης Κακογιάννης» λειτουργεί από τον Οκτώβριο του 2009, ενώ τα εγκαίνια του με εκδηλώσεις, αφιερωμένες στο έργο του Μιχάλη Κακογιάννη, έγιναν τον Μάρτιο του 2010.



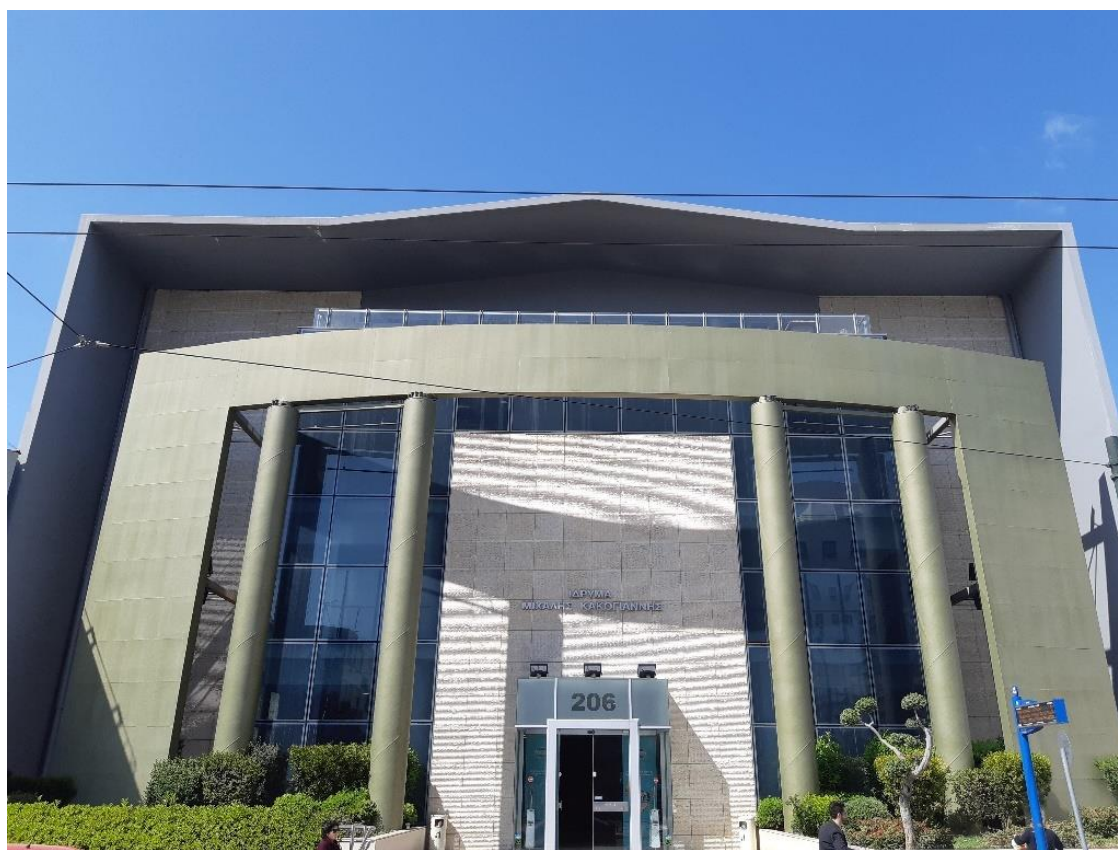
Εικόνα 7.1 Εσωτερική άποψη του αμφιθεάτρου



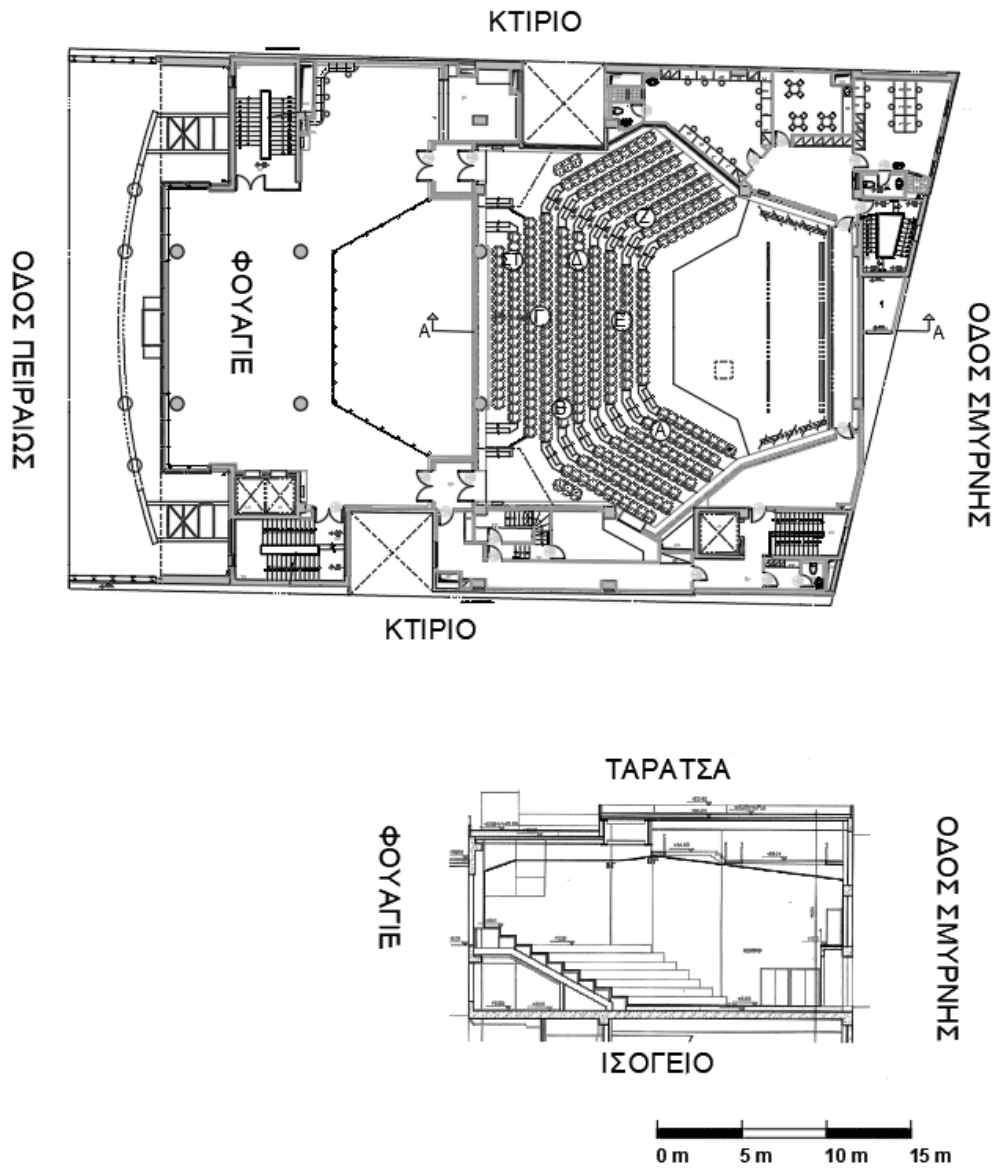
Εικόνα 7.2 Εσωτερική άποψη του αμφιθεάτρου του Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης» από τη σκηνή.



Εικόνα 7.3 Οροφή της αίθουσας.



Εικόνα 7.4 Εξωτερική άποψη του Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης»



Εικόνα 7.5 Κάτοψη και τομή αμφιθεάτρου του Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης»

7.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στο αμφιθέατρο του Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης» έγιναν 11 μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/RT_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/RT_{mid}) καθώς και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

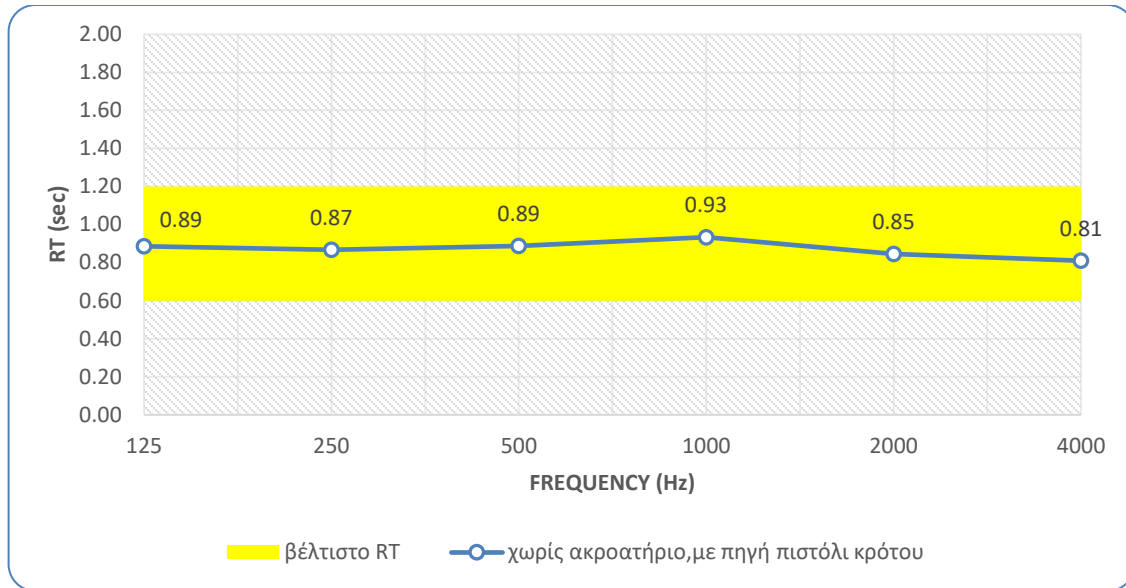
Πίνακας 7.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

RT_{low}/RT_{mid}	0.97
RT_{high}/RT_{mid}	0.91

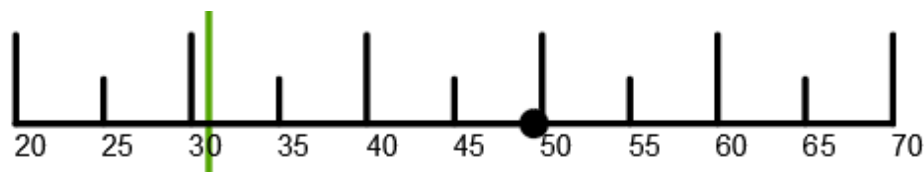
Πίνακας 7.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων

EDT _{low}	0.98
EDT _{mid}	1.02
EDT _{high}	0.89

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 7.6 Μετρήσεις χρόνου αντήχησης συναρτήσει των συχνοτήτων στο αμφιθέατρο του Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης». Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήχησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον *Ermann* [17] για αίθουσα ύψους 11m, μήκους 21m και πλάτους 15.5m. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 7.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στο αμφιθέατρο του «Μιχάλης Κακογιάννης»,
 $L_{Aeq}=49.5$ Dba
 Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq}\leq 31$ dBA

7.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 8 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω τριών ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων

παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 54.7% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Υποκειμενική Ένταση» εξηγεί το 25.26 % της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας «Ευκρίνεια» εξηγεί το 17.76 % και ο παράγοντας «Αρνητικές Ιδιότητες του ΡΑ» εξηγεί το 11.7 %.

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις
I. Υποκειμενική Ένταση	Δυσχερής στην Ακρόαση	Ευχερής στην Ακρόαση	.891
	Χαμηλή Ακουστότητα	Υψηλή Ακουστότητα	.831
	Αδύναμος	Δυνατός	.821
	Χαμηλός	Υψηλός	.777
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.751
	Διαυγής	Μπερδεμένος	-.704
	Αμυδρός	Δυνατός	.671
	Πλούσιος σε Τονική Ποιότητα	Πτωχός σε Τονική Ποιότητα	-.669
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.651
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.636
	Απόμακρος	Κοντινός	.595
	Ρηχός	Βαθύς	.511
	Κενός	Γεμάτος	.502
	Μπερδεμένος	Καθαρός	.482
	Με Κακή Γενική Εντύπωση	Με Καλή Γενική Εντύπωση	.465
	Πλήρης	Άδειος	-.409
	II. Ευκρίνεια	Λαμπρός	Σκοτεινός	.761
Με Όγκο		Χωρίς Όγκο	.741
Προτιμητέος		Μη Προτιμητέος	.724
Με Υπόσταση		Χωρίς Υπόσταση	.688
Κενός		Γεμάτος	-.663
Αμυδρός		Δυνατός	-.601
Ευδιάκριτος		Δυσδιάκριτος	.565
Εξασθενημένος		Δυνατός	-.574
Πλήρης		Άδειος	.541
Με Κακή Γενική Εντύπωση		Με Καλή Γενική Εντύπωση	-.475

III. Αρνητικές Ιδιότητες του PA	Οξύς	Μη οξύς	.794
	Διαπεραστικός	Μη διαπεραστικός	.779
	Υψ. Αντήχησης	Χαμ. Αντήχησης	.718
	Πλούσιος	Πτωχός	.656
	Σκληρός	Μαλακός	.648
	Τραχύς	Απαλός	.505
	Μπερδεμένος	Καθαρός	-.414

Πίνακας 7.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το Ίδρυμα «Μιχάλης Κακογιάννης»
(Standard error of loading for the auditorium)

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Υποκειμενική Ένταση»	0.389
«Ευκρίνεια»	0.396
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	0.403

Πίνακας 7.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο αμφιθέατρο του Ιδρύματος
«Μιχάλης Κακογιάννης»

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Υποκειμενική Ένταση»	0.700	0.652
«Ευκρίνεια»	0.407	0.868
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	1.260	0.305

7.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

7.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Αντίστοιχα, εντός επιθυμητών ορίων βρίσκονται και οι χρόνοι απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT). Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ηχοαπορρόφηση είναι επαρκής.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάρους (LA_{eq}), στα 49.5 dBA, τιμή η οποία είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων. Αυτό μπορεί εν μέρει να οφείλεται στο γεγονός πως ο κλιματισμός και τα φώτα ήταν ανοιχτά κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Παράλληλα, η αίθουσα καταλαμβάνει χώρο από το ισόγειο μέχρι το δεύτερο όροφο του Ιδρύματος και

συνεπώς από την μία πλευρά της είναι σε όλα τα επίπεδα προστατευμένη από τους θορύβους του δρόμου αλλά εκτεθειμένη στους θορύβους από τους χώρους υποδοχής κάθε ορόφου, στους οποίους συχνά πραγματοποιούνται εκθέσεις. Επίσης, ενώ στις 2 πλαϊνές πλευρές του Ιδρύματος υπάρχουν κτίρια, στην πίσω πλευρά της σκηνής βρίσκονται τα καμαρίνια και οι αποθήκες του κτιρίου που πιθανότατα συμβάλλουν και αυτά στην αύξηση του εξωτερικού θορύβου. Όμως, επειδή δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ακριβώς τις συνθήκες οι οποίες επικρατούσαν κατά τη διάρκεια των ακουστικών μετρήσεων στο αμφιθέατρο, δεν μπορούμε να απαντήσουμε με βεβαιότητα στο ερώτημα γιατί ο θόρυβος βάθους είναι τόσο αυξημένος.

7.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Στο αμφιθέατρο του Ιδρύματος Μιχάλης Κακογιάννης εξήχθησαν μέσω του πειράματος αντίληψης τρεις παράγοντες, που εξηγούν συνολικά το 54.74% της διακύμανσης. Ο πρώτος παράγοντας «Υποκειμενική ένταση» σχετίζεται με την ευχέρεια στην ακρόαση, την ακουστότητα, την ένταση και τη δύναμη του ήχου. Περιγράφει επίσης έννοιες όπως η διαύγεια, η τονική ποιότητα και οι διαστάσεις του ήχου.

Ο δεύτερος παράγοντας «Ευκρίνεια», περιγράφει έναν ήχο λαμπρό, με όγκο και γενικά προτιμητέο από τους ακροατές. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι έννοιες «Αμυδρός - Δυνατός» και «Με κακή γενική εντύπωση - Με καλή γενική εντύπωση» απαντώνται και στον πρώτο και στον δεύτερο παράγοντα, που μας δείχνει ότι το ακροατήριο συσχετίζει την εντύπωση που του προκαλεί ο ήχος και με την ένταση και με την ευκρίνεια αυτού.

Ο τρίτος παράγοντας «Αρνητικές ιδιότητες του ΡΑ» και περιγράφει έναν ήχο οξύ, διαπεραστικό και με υψηλή αντήχηση. Βλέπουμε ότι και εδώ συναντάμε έννοιες που υπάρχει και στον πρώτο παράγοντα, και πιο συγκεκριμένα την έννοια «Μπερδεμένος - Καθαρός» που μας δείχνει ότι η καθαρότητα του ήχου σχετίζεται και με την έντασή του αλλά και με τις αρνητικές ιδιότητες των ηχείων.

7.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για το αμφιθέατρο του Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης» προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο με αρκετά καλή ακουστική. Τα υλικά ηχοαπορρόφησης που έχουν προστεθεί στο χώρο (διάτρητα και συμπαγή Panel, γυψοσανίδα στην οροφή) έχουν φέρει τους χρόνους αντήχησης στα επιθυμητά όρια.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, ενώ από

την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν πολύ πάνω από τα επιτρεπτά όρια και αυτό δείχνει πως η αίθουσα δεν είναι καθόλου ηχοπροστατευμένη. Η τοποθέτηση του αμφιθεάτρου δρα μειονεκτικά για την ακουστική της αίθουσας.

8. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ

Κατασκευασμένο το 2004, και πάνω από πρώην βιομηχανικό κτίριο, το κτίριο του Μουσείου Μπενάκη επί της οδού Πειραιώς αποτελεί αρχιτεκτονικό κόσμημα της πόλης της Αθήνας.

Η μορφή του κτιρίου, που καταλαμβάνει ένα ολόκληρο οικοδομικό τετράγωνο, είναι τετραγωνική αλλά στο κέντρο του κελύφους του υπάρχει αίθριο, απομονωμένο από το θόρυβο και τους ρυθμούς της πόλης. Οι αρχιτέκτονες που επιμελήθηκαν την μελέτη και την κατασκευή του Μουσείου είναι οι Μαρία Κοκκίνου και Ανδρέας Κούρκουλας, ενώ την ακουστική μελέτη εκπόνησε ο κύριος Θεόδωρος Τιμαγένης.

Το αμφιθέατρο του Μουσείου βρίσκεται στο δεύτερο όροφο του κτιρίου και είναι επενδυμένο με ξύλο στο πάτωμα της σκηνής και της πλατείας και τα καθίσματα είναι υφασμάτινα. Οι πλευρικοί τοίχοι είναι επενδυμένοι με διάτρητα ξύλινα panel rondolo ενώ ο πίσω τοίχος είναι με συμπαγές ξύλινα panel και εσωτερική επένδυση από πετροβάμβακα. Στην οροφή υπάρχουν ανακλαστικές επιφάνειες από γυψοσανίδα.

Στο χώρο του Μουσείου, εκτός από το αμφιθέατρο, λειτουργούν καφετέρια-εστιατόριο, χώρος εκθέσεων και βιβλιοπωλείο.



Εικόνα 8.1 Εσωτερική άποψη του αμφιθεάτρου.



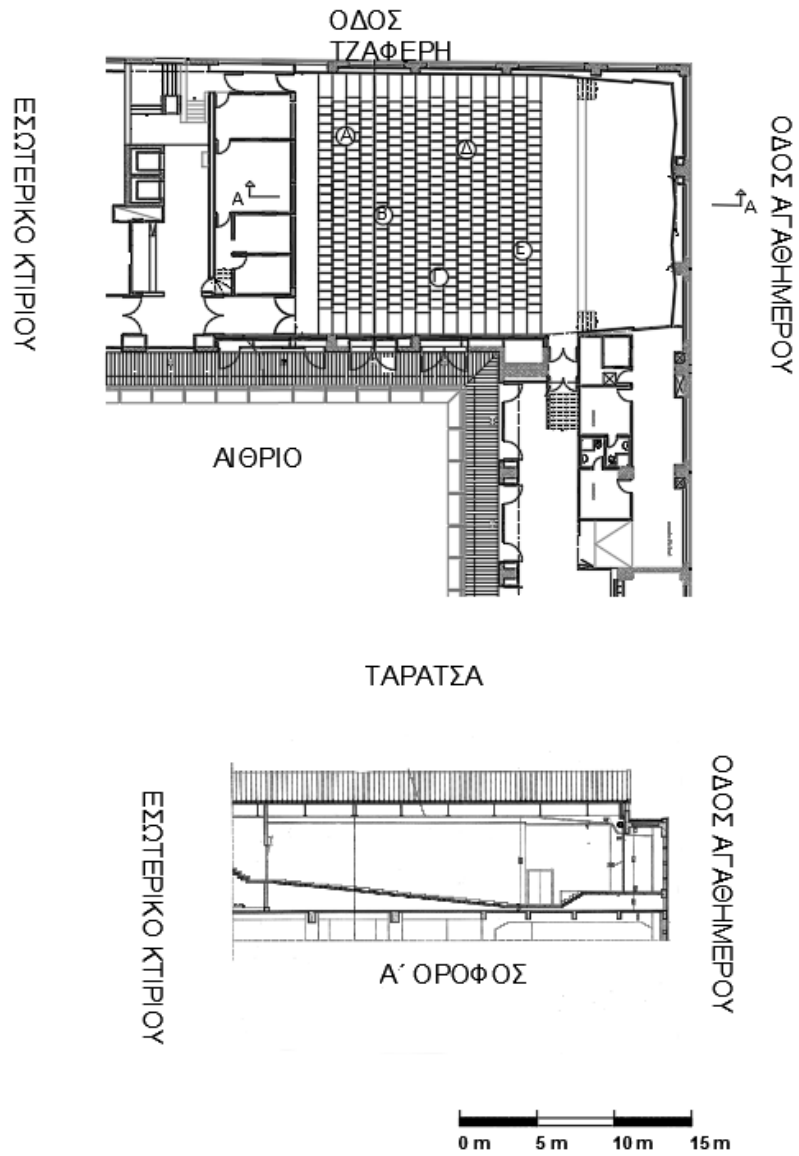
Εικόνα 8.2 Εσωτερική άποψη του αμφιθεάτρου από τη σκηνή.



Εικόνα 8.3 Λεπτομέρεια της οροφής της αίθουσας.



Εικόνα 8.4 Εξωτερική άποψη του Μουσείου Μπενάκη



Εικόνα 8.5 Κάτοψη και τομή αμφιθεάτρου του Μουσείου Μπενάκη

8.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στο αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη έγιναν 5 μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/Rt_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/Rt_{mid}) καθώς και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

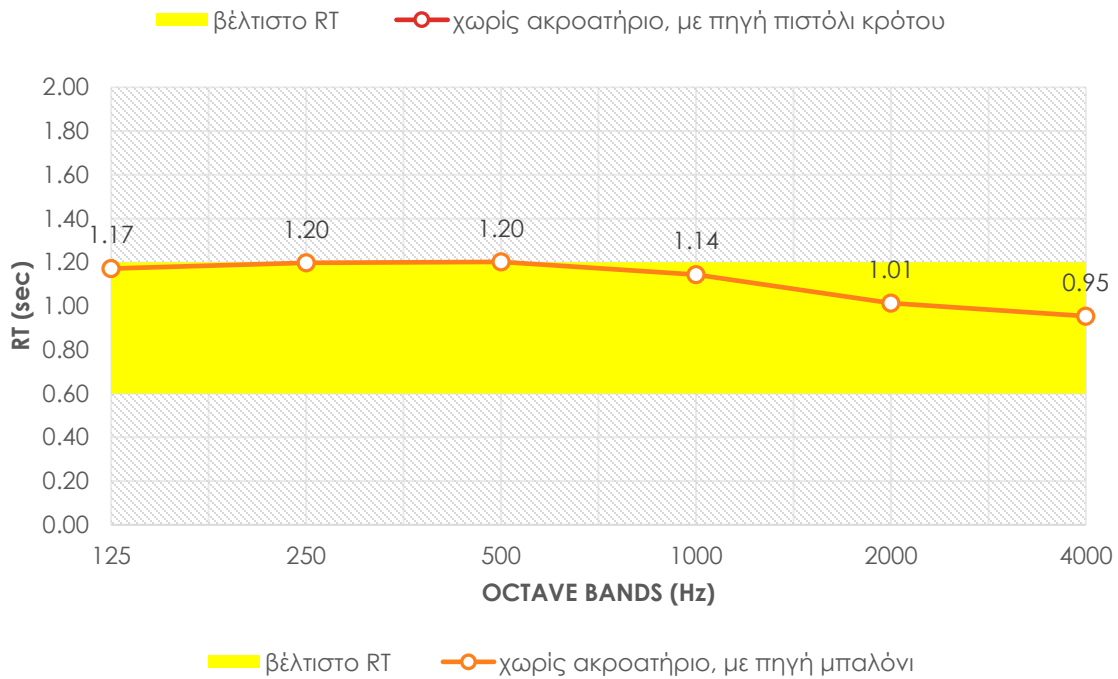
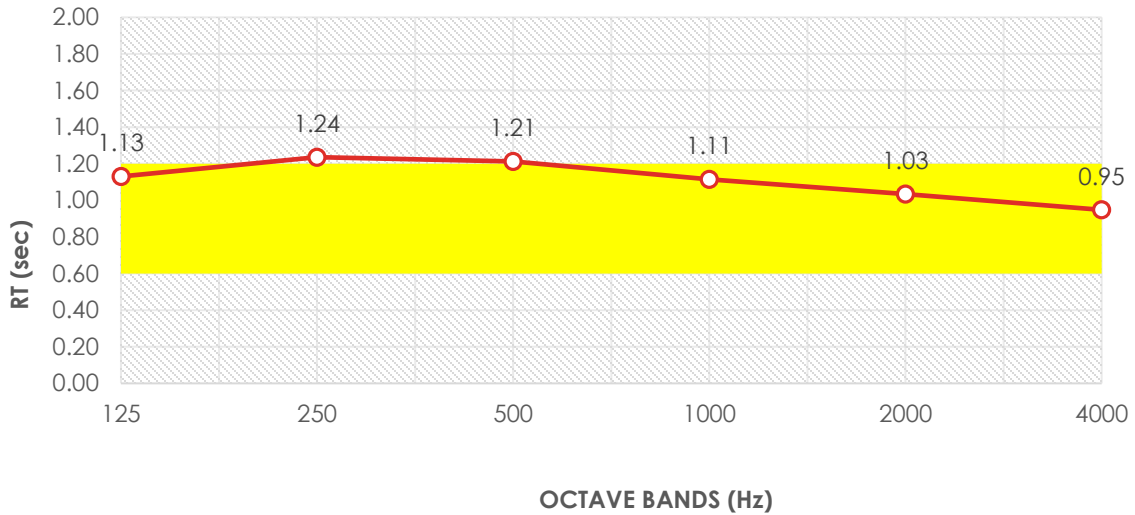
Πίνακας 8.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

RT_{low}/RT_{mid}	1.03
RT_{high}/RT_{mid}	0.85

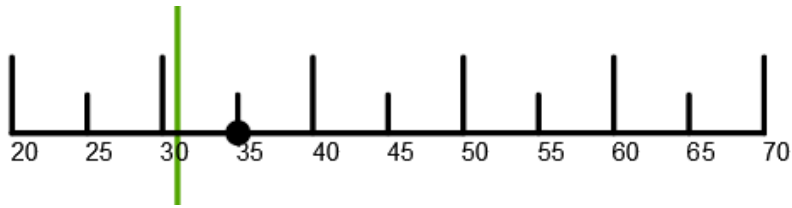
Πίνακας 8.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων ανά οκταβικές ζώνες

EDT _{low}	1.03
EDT _{mid}	1.12
EDT _{high}	0.91

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 8.6 Μετρήσεις χρόνου αντήχησης συναρτήσει των συχνοτήτων στο αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη. Επιλέχθηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση πιστολιού ως ηχητική πηγή, ως πιο αντιπροσωπευτικά. Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήχησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον *Ermann* [17] για αίθουσα ύψους H , μήκους $2H$ και πλάτους $1.5H$. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 8.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στο αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη,
 $L_{Aeq}=35\text{dBA}$
Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq}\leq 31\text{ dBA}$

8.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 8 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω τριών ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 54.11% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 8.3.

Πίνακας 8.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Καθαρότητα» εξηγεί το 19.88 % της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας «Αρνητικές ιδιότητες του ΡΑ» εξηγεί το 18.86 % και ο παράγοντας «Υποκειμενική Ένταση» εξηγεί το 15.37 %.

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις
I. Καθαρότητα	Μπερδεμένος	Καθαρός	.802
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.765
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.746
	Διαυγής	Μπερδεμένος	-.693
	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	-.664
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	-.660
	Με χαμηλή ακουστότητα	Με υψηλή ακουστότητα	.631
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	.620
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.595
	Τραχύς	Απαλός	.476
	Με ενοχλητική ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.449
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.459
	II. Αρνητικές Ιδιότητες του ΡΑ	Σκληρός	Μαλακός	.812
Με όγκο		Χωρίς όγκο	-.767
Οξύς		Μη οξύς	.738
Τραχύς		Απαλός	.702
Κενός		Γεμάτος	.679
Λαμπρός		Σκοτεινός	-.670
Με υπόσταση		Χωρίς υπόσταση	-.609
Ρηχός		Βαθύς	.606
Με ενοχλητική ηχώ	Με ανύπαρκτη ηχώ	.503	
III. Υποκειμενική Ένταση	Ρηχός	Βαθύς	.574
	Αδύναμος	Δυνατός	.823
	Χαμηλός	Υψηλός	.748
	Αμυδρός	Δυνατός	.694
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.644
	Απόμακρος	Κοντινός	.632
	Ζωντανός	Άψυχος	-.623
	Διαπεραστικός	Μη διαπεραστικός	-.476

Πίνακας 8.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη (Standard error of loading for the auditorium)

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Καθαρότητα»	0.440
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	0.448
«Υποκειμενική Ένταση»	0.456

Πίνακας 8.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Καθαρότητα»	1.871	0.128
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	1.518	0.110
«Υποκειμενική Ένταση»	0.796	0.664

8.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

8.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται υψηλότερα από τα επιθυμητά όρια στις χαμηλές και τις μεσαίες συχνότητες. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι τα υλικά ηχοαπορρόφησης που έχουν χρησιμοποιηθεί (διάτρητα πάνελ στους πλευρικούς τοίχους της πλατείας, συμπαγές ξύλο στον πίσω τοίχο) επαρκούν για να καλύψουν μόνο τις υψηλές συχνότητες του ήχου.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάθους (LA_{eq}), στα 35 dBA, τιμή η οποία βρίσκεται πάνω από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως ο κλιματισμός και τα φώτα ήταν ανοιχτά κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, καθώς και με το ότι τρεις από τις τέσσερις πλευρές του αμφιθεάτρου είναι σε εξωτερικό τοίχο που δεν περιβάλλεται από κτίρια αλλά από δρόμο, και η τέταρτη πλευρά «βλέπει» στο αίθριο του Μουσείου.

8.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Το αμφιθέατρο της οδού Πειραιώς περιγράφεται συνολικά από τρεις παράγοντες οι οποίοι επεξηγούν το 54.11% της συνολικής διακύμανσης. Ο πρώτος παράγοντας F1 «Καθαρότητα» μας δίνει μια αντίληψη ήχου μπερδεμένου,

δυσάρεστου και με κακή γενική εντύπωση. Παράλληλα, βλέπουμε πως οι μεταβλητές που δηλώνουν την προτίμηση δηλαδή «Προτιμητέος-Μη προτιμητέος» και «Με γενική καλή εντύπωση-Με γενική κακή εντύπωση» έχουν φόρτιση σε αυτόν τον παράγοντα, γεγονός που μας δείχνει πως οι ακροατές συσχέτισαν την καθαρότητα και την ευκρίνεια του ήχου με τη γενικότερη εντύπωση τους από την ακουστική του αμφιθεάτρου.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Αρνητικές Ιδιότητες του PA» μας δίνει έναν ήχο σκληρό, χωρίς όγκο και τραχύ. Στον F2 συναντάμε μεταβλητές που υπήρχαν και στον F1, όπως «Τραχύς-Απαλός», «Με ενοχλητική Ηχώ-Με ανύπαρκτη ηχώ» που μας δείχνει πως το κοινό συσχέτισε αυτές τις έννοιες και με την καθαρότητα του ήχου αλλά και με την αρνητική εντύπωση που τους έδωσε η χρήση ηχείων.

Ο τρίτος παράγοντας F3 «Υποκειμενική Ένταση» περιγράφει έναν ήχο ρηχό, αδύναμο και χαμηλό σε ένταση. Και εδώ συναντάμε έννοιες που εμφανίστηκαν και στους F1, F2, και πιο συγκεκριμένα τις «Ρηχός-Βαθύς» και «Εξασθενημένος-Δυνατός».

8.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για το αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο χωρίς ιδιαίτερα καλή ακουστική. Τα υλικά ηχοαπορρόφησης που έχουν προστεθεί στο χώρο (διάτρητα και συμπαγή Panel,) δεν έχουν χαμηλώσει τους χρόνους αντήχησης επαρκώς στις χαμηλές και στις μεσαίες συχνότητες.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν πάνω από τα επιτρεπτά όρια και αυτό δείχνει πως η αίθουσα δεν είναι επαρκώς ηχοπροστατευμένη. Τρεις από τις τέσσερις πλευρές της δεν «προστατεύονται» από το θόρυβο καθώς δεν μεσολαβεί κάποιο κτίριο μεταξύ αυτών και του δρόμου.

9. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ Γ18

Το κτίριο Γκίνη προστέθηκε στα κτίρια διδασκαλίας του Ιστορικού συγκροτήματος επί της οδού Πατησίων, την περίοδο 1930–1935, προς τιμήν του Άγγελου Γκίνη. Ο Γκίνης ήταν καθηγητής της έδρας Λιμενικών Έργων και διετέλεσε διευθυντής του τότε Σχολείου (όπως ονομαζόταν). Υπό τη διεύθυνσή του σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το τελικό βήμα της μετατροπής του Ιδρύματος σε Πανεπιστήμιο.

Την αρχιτεκτονική μελέτη εκπόνησε ο Κώστας Κιτσίκης, καθηγητής της Αρχιτεκτονικής εκείνη την εποχή.

Από το πέρας της κατασκευής του και μέχρι το 2003, το κτίριο Γκίνη φιλοξένησε τη σχολή των Πολιτικών Μηχανικών ενώ και καθ' όλη την διάρκεια της εκπαιδευτικής χρήσης του κτιρίου αλλά και μετά, στέγασε πληθώρα φοιτητικών και πολιτικών εκδηλώσεων (Εορτασμοί Επετείου Πολυτεχνείου κτλ.)

Το πάτωμα του Γ18 είναι μαρμάρινο, τα καθίσματα και τα έδρανα είναι ξύλινα, οι τοίχοι είναι χωρίς κάποια επένδυση και το ταβάνι του καλύπτεται από διάτρητες πλάκες Celotex.



Εικόνα 9.1 Εσωτερική άποψη του Γ18



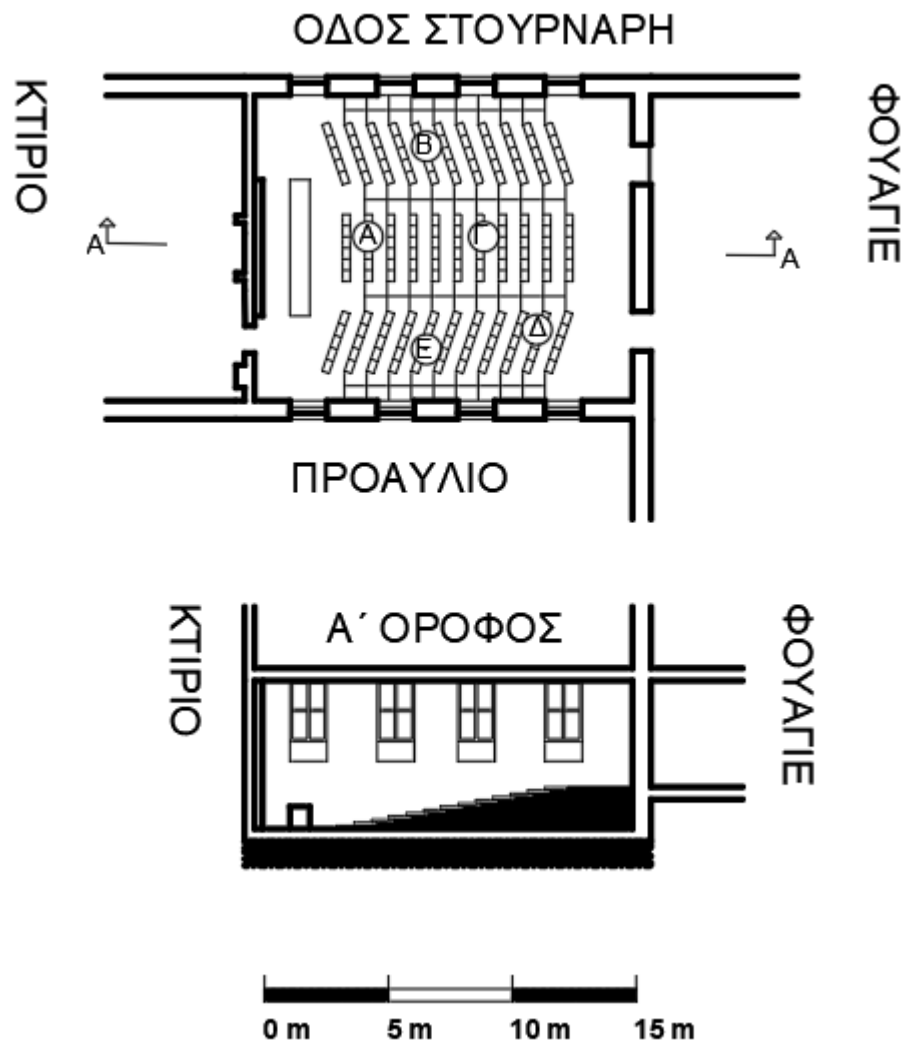
Εικόνα 9.2 Εσωτερική άποψη του Γ18 από την έδρα



Εικόνα 9.3 Οροφή της αίθουσας.



Εικόνα 9.4 Εξωτερική άποψη του κτιρίου Γκίνη



Εικόνα 9.5 Κάτοψη και τομή αμφιθεάτρου Γ18

9.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στο αμφιθέατρο Γ18 έγιναν 5 μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/RT_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/RT_{mid}) καθώς και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

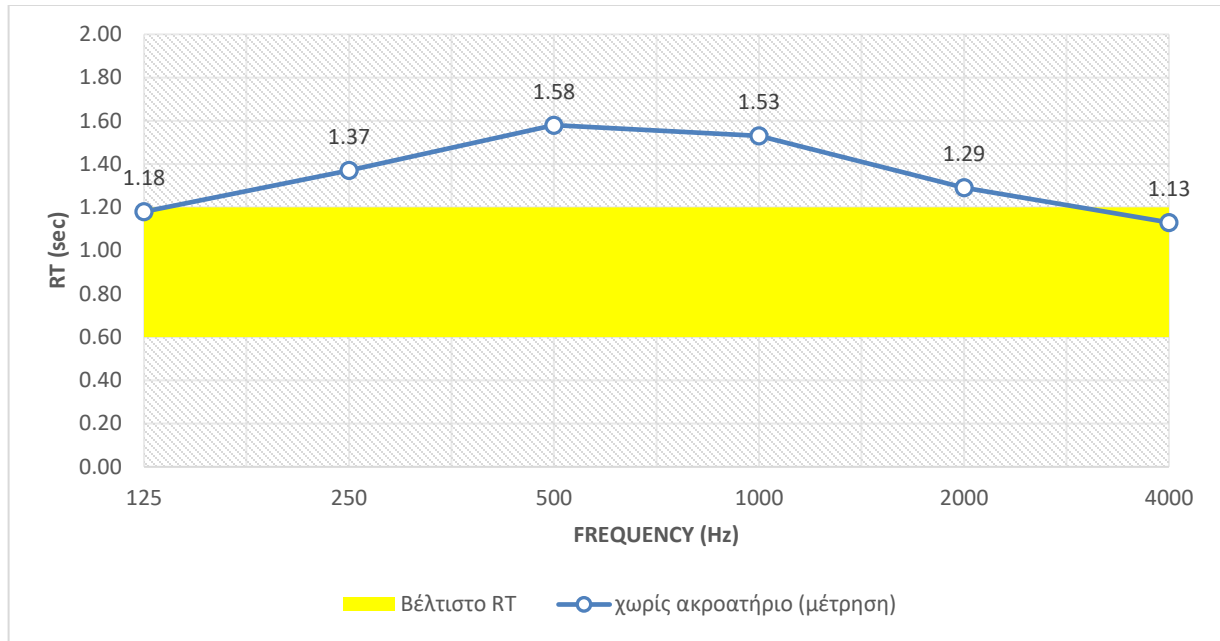
Πίνακας 9.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

RT_{low}/RT_{mid}	0.82
RT_{high}/RT_{mid}	0.78

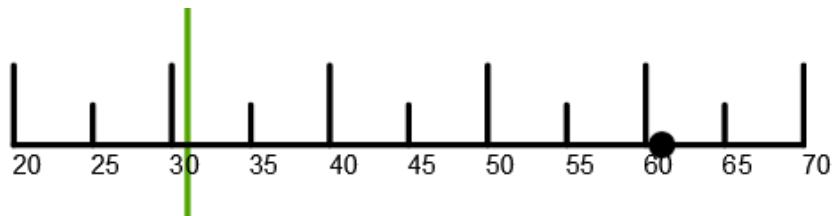
Πίνακας 9.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων ανά οκταβική ζώνη

EDT _{low}	1.28
EDT _{mid}	1.56
EDT _{high}	1.21

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 9.6 Μετρήσεις χρόνου αντήρησης συναρτήσει των συχνοτήτων στο Γ18. Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήρησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον Ermann [17] για αίθουσα ύψους H , μήκους $2H$ και πλάτους $1.5H$. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 9.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στο Γ18, $L_{Aeq}=61$ dBA
Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq} \leq 31$ dBA

9.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 8 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω δύο ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων

παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 44.79% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 9.3.

Πίνακας 9.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Ένταση» εξηγεί το 27.81 % της συνολικής διακύμανσης και ο παράγοντας «Διαύγεια» εξηγεί το 16.97%

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις
I. Ένταση	Με όγκο	Χωρίς όγκο	-.792
	Πλούσιος	Πτωχός	-.748
	Αδύναμος	Δυνατός	.745
	Κενός	Γεμάτος	.728
	Με Υπόσταση	Χωρίς Υπόσταση	-.687
	Λαμπρός	Σκοτεινός	-.663
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.656
	Ρηχός	Βαθύς	.640
	Χαμηλή Ακουστότητα	Υψηλή Ακουστότητα	.631
	Ζωντανός	Άψυχος	-.620
	Πλήρης	Άδειος	-.601
	Χαμηλός	Υψηλός	.598
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.567
	Αμυδρός	Δυνατός	.555
	Υψηλής Αντήχησης	Χαμηλής Αντήχησης	-.545
	Χωρίς Ευκρίνεια	Με Ευκρίνεια	.537
	Με Κακή Γενική Εντύπωση	Με Καλή Γενική Εντύπωση	.530
	Απόμακρος	Κοντινός	.525
	Διαπεραστικός	Μη Διαπεραστικός	-.509
	Πλούσιος σε Τονική Ποιότητα	Πτωχός σε Τονική Ποιότητα	-.436
Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	-.422	
II. Διαύγεια	Μπερδεμένος	Καθαρός	.823
	Διαυγής	Μπερδεμένος	-.800
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	-.735
	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	-.708
	Δυσχερής στην Ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	.689
	Με Ενοχλητική Ηχώ	Με Ανύπαρκτη Ηχώ	.435
	Σκληρός	Μαλακός	-.434
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.428

Πίνακας 9.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το αμφιθέατρο Γ18 (Standard error of loading for the auditorium)

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Ένταση»	0.412
«Διαύγεια»	0.429

Πίνακας 9.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο Γ18

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Ένταση»	2.541	0.060
«Διαύγεια»	1.757	0.163

9.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

9.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται υψηλότερα από τα επιθυμητά όρια σχεδόν σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Αντίστοιχη εικόνα παρουσίασαν και οι μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ηχοαπορρόφηση στο αμφιθέατρο είναι πρακτικά ανύπαρκτη.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάρους (LA_{eq}), στα 61 dBA, τιμή η οποία βρίσκεται πολύ πιο πάνω από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός πως η δεξιά πλευρά της πλατείας είναι δίπλα στην οδό Στουρνάρα, που είναι δρόμος γεμάτος κόσμο και κίνηση όλες τις ώρες της ημέρας.

9.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Στο Γ18 εξήχθησαν δύο παράγοντες με συνολικό ποσοστό διακύμανσης 44.79%. Ο επικρατέστερος παράγοντας είναι ο F1 «Ένταση» που εξηγεί το 27.81% της συνολικής διακύμανσης. Ο F1 σχετίζεται με την ένταση και την δύναμη και τον όγκο του ήχου. Παράλληλα περιγράφει έννοιες όπως η εντύπωση που προκαλεί ο ήχος που μας οδηγεί στο να συμπεράνουμε πως το ακροατήριο συνέδεσε την ένταση του ήχου με την γενική εντύπωση που του άφησε η ακουστική της αίθουσας.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Διαύγεια» περιγράφει έναν ήχο μπερδεμένο και δυσδιάκριτο, και συνδέεται επίσης με την προτίμηση του ακροατηρίου. Στην εν λόγω αίθουσα, οι ακροατές αποφάσισαν πως προτιμούν έναν ήχο καθαρό, μαλακό και χωρίς ηχώ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον F2 εμφανίζεται η έννοια «Δυσάρεστος-Ευχάριστος» που εμφανίζεται και στον F1, γεγονός που μας δείχνει πως τα δυσάρεστα συναισθήματα του κοινού προκλήθηκαν και από την χαμηλή ένταση του ήχου αλλά και από την έλλειψη διαύγειας αυτού.

9.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για την αίθουσα Γ18 προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο χωρίς καλή ακουστική. Τα υλικά ηχοαπορρόφησης που έχουν προστεθεί στο χώρο (διάτρητες πλάκες Celotex στο ταβάνι) δεν έχουν χαμηλώσει τους χρόνους αντήχησης και δεν συμβάλλουν και στη διάχυση του ήχου στο χώρο του αμφιθεάτρου.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν σχεδόν τρεις φορές πάνω από τα επιτρεπτά όρια και αυτό δείχνει πως η αίθουσα δεν είναι καθόλου ηχοπροστατευμένη από τους ήχους του παράπλευρου δρόμου (Οδός Στουρνάρα).

10. ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΧΗΜΙΚΩΝ

Η απόφαση για την κατασκευή του κτιρίου Τοσίτσα, όπου βρίσκεται το Μεγάλο αμφιθέατρο των Χημικών (MAX) πάρθηκε το 1947, με αφορμή των κτιρίων των Χημικών και των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών. Τελικά, η ανέγερση του κτιρίου ξεκίνησε το 1950, έπειτα από μελέτη του τότε καθηγητή του Ε. Μ. Πολυτεχνείου Εμμανουήλ Κριεζή.

Το κτίριο αποτελείται από αίθουσες διδασκαλίας, PC Lab, εργαστήρια, γραφεία καθηγητών και στεγάζει επίσης τη γραμματεία της σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.

Το MAX εκτείνεται από τον δεύτερο έως τον τέταρτο όροφο του κτιρίου, με τις μεγαλειώδεις διαστάσεις του να επισκιάζουν όλες τις υπόλοιπες αίθουσες διαλέξεων που μελετήσαμε στην παρούσα εργασία. Έχει χωρητικότητα 417 θέσεων, το πάτωμά του είναι επικαλυμμένο με πλάκες linoleum, ενώ στους πλευρικούς τοίχους φέρει ξύλινη επένδυση σε ύψος 2 μέτρων από το πάτωμα.



Εικόνα 10.1 Εσωτερική άποψη του MAX



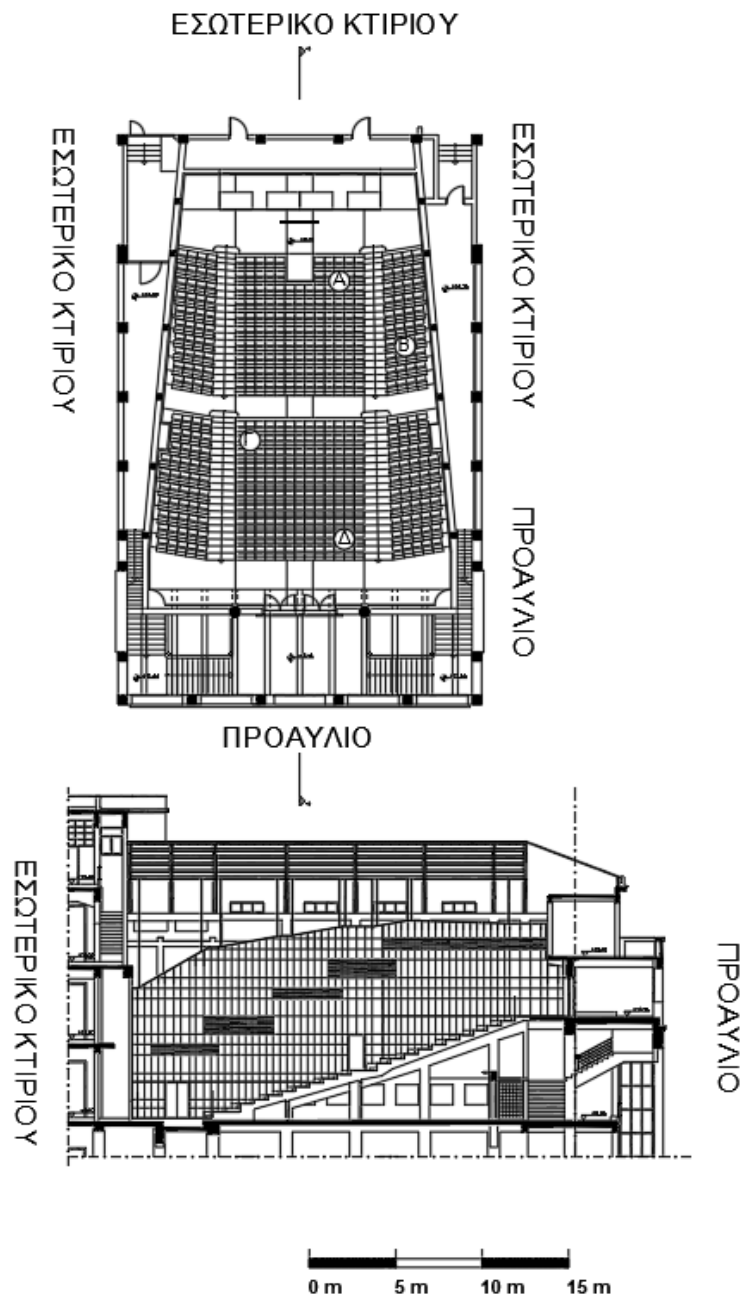
Εικόνα 10.2 Εσωτερική άποψη του MAX από την έδρα



Εικόνα 10.3 Οροφή της αίθουσας.



Εικόνα 10.4 Εξωτερική άποψη του κτιρίου Τσιτσά



Εικόνα 10.5 Κάτοψη και τομή του MAX

10.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στο MAX έγιναν 4 μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/Rt_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/Rt_{mid}) καθώς και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

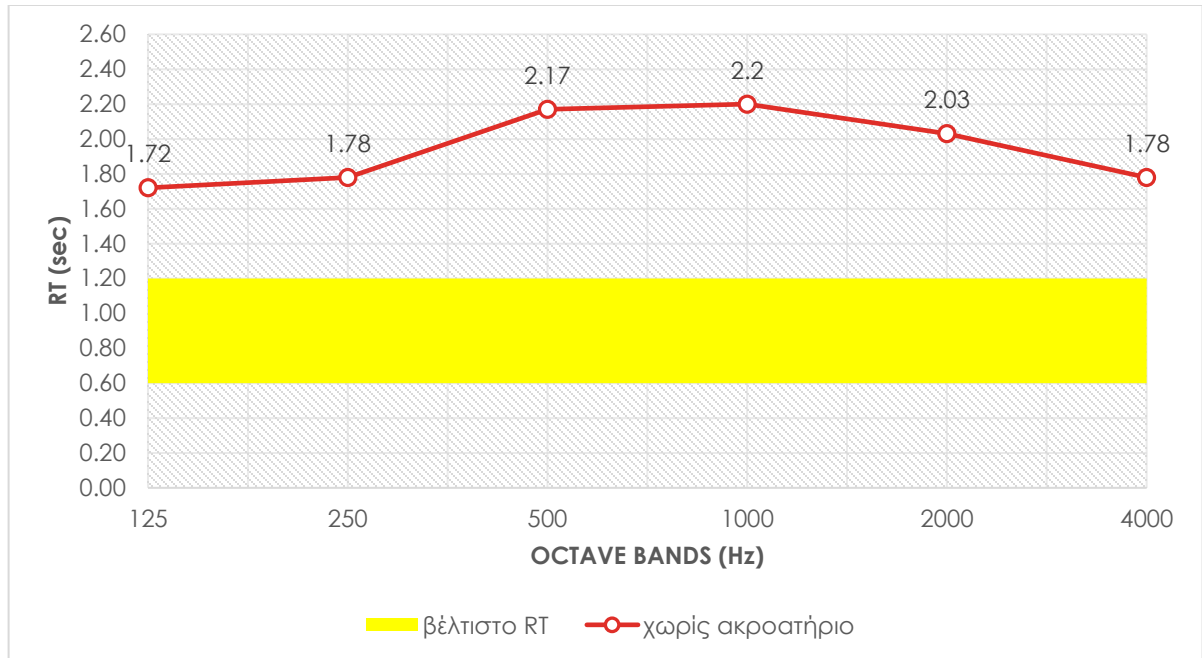
Πίνακας 10.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

RT_{low}/RT_{mid}	0.80
RT_{high}/RT_{mid}	0.81

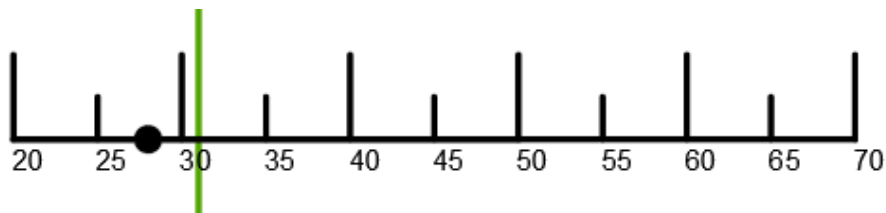
Πίνακας 10.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων ανά οκταβική ζώνη

EDT _{low}	1.75
EDT _{mid}	2.19
EDT _{high}	1.91

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 10.6 Μετρήσεις χρόνου αντήρησης συναρτήσει των συχνοτήτων στο MAX. Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήρησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον Ermann [17] για αίθουσα ύψους H, μήκους 2H και πλάτους 1.5H. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 10.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στο MAX, $L_{Aeq}=28$ dBA
Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq}\leq 31$ dBA

10.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 5 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω δύο ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 52.85% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 10.3.

Πίνακας 10.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Διαύγεια» εξηγεί το 27.55 % της συνολικής διακύμανσης και ο παράγοντας «Αρνητικές ιδιότητες του ΡΑ» εξηγεί το 25.30 %

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις	
I. Διαύγεια	Διαυγής	Μπερδεμένος	-.825	
	Μπερδεμένος	Καθαρός	.768	
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	.764	
	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	-.753	
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.747	
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	.742	
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.711	
	Αδύναμος	Δυνατός	.703	
	Με χαμηλή ακουστότητα	Με υψηλή ακουστότητα	.696	
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.656	
	Ζωντανός	Άψυχος	-.549	
	Απόμακρος	Κοντινός	.542	
	Χαμηλός	Υψηλός	.537	
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	-.506	
	II. Αρνητικές Ιδιότητες του ΡΑ	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.456
		Πλήρης	Άδειος	-.736
Οξύς		Μη οξύς	.684	
Με όγκο		Χωρίς όγκο	-.673	
Κενός		Γεμάτος	.648	
Με ενοχλητική ηχώ		Με ανύπαρκτη ηχώ	.641	
Τραχύς		Απαλός	.613	
Ρηχός		Βαθύς	.567	
Αμυδρός		Δυνατός	.492	

Πίνακας 10.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το MAX

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Διαύγεια»	0.426
«Αρνητικές Ιδιότητες του ΡΑ»	0.434

Πίνακας 10.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο MAX

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Διαύγεια»	0.712	0.556
«Αρνητικές ιδιότητες του PA»	0.745	0.538

10.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

10.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται πολύ υψηλότερα από τα επιθυμητά όρια σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Σε αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ηχοαπορρόφηση είναι ανύπαρκτη.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάθους (LA_{eq}), στα 28 dBA, τιμή η οποία βρίσκεται κάτω από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων, συνεπώς η τοποθέτηση του αμφιθεάτρου είναι σωστά σχεδιασμένη ώστε να προστατεύεται από εξωτερικούς θορύβους.

10.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Στο MAX εξήχθησαν δυο παράγοντες με συνολικό ποσοστό διακύμανσης 52.85%. Ο επικρατέστερος παράγοντας είναι ο F1 «Διαύγεια» που σχετίζεται με την καθαρότητα, την ευκρίνεια και την δύναμη του ήχου. Είναι εμφανές πως ο εν λόγω παράγοντας διατηρεί μια σταθερή ταυτότητα σε όλο το εύρος του, καθώς οι έννοιες που τον απαρτίζουν σχετίζονται όλες με τη διαύγεια του ήχου. Επίσης, στον F1 εμφανίστηκαν οι έννοιες «Προτιμητέος-Μη προτιμητέος» και «Με καλή γενική εντύπωση-Με κακή γενική εντύπωση» που δείχνουν σαφέστατα τις προτιμήσεις του κοινού αναφορικά με την ακουστική μιας αίθουσας.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Αρνητικές ιδιότητες του PA» περιγράφει έναν ήχο άδειο, οξύ και χωρίς όγκο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον F1 και στον F2 εμφανίζεται η έννοια «δυσάρεστος ευχάριστος» που μας δείχνει πως η δυσαρέσκεια του ακροατηρίου ως προς την ακουστική σχετίζεται με την έλλειψη διαύγειας του ήχου που προκαλείται από τη χρήση ηχείου στην αίθουσα.

10.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για το MAX προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο που δεν έχει καλή ακουστική. Τα υλικά ηχοαπορρόφησης είναι ανύπαρκτα στην αίθουσα και ως εκ τούτου οι χρόνοι αντήχησης είναι αρκετά υψηλοί.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν πάνω από τα επιτρεπτά όρια και αυτό δείχνει πως η αίθουσα είναι επαρκώς ηχοπροστατευμένη.

11. ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1,2

Το αμφιθέατρο 1,2 αποτελεί μέρος των νέων κτιρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών στις εγκαταστάσεις της Πολυτεχνειούπολης στο δήμο Ζωγράφου. Η μελέτη του εκπονήθηκε τα έτη 1996–97, ενώ η κατασκευή του ξεκίνησε το 1998 και ολοκληρώθηκε το 2002. Το 2003 τα νέα κτίρια εγκαινιάστηκαν οπότε η Σχολή μεταφέρθηκε στο σύνολό της από το κτίριο Γκίνη στην Πολυτεχνειούπολη.

Το αμφιθέατρο έχει επιβλητικό όγκο, χωρητικότητα Χ θέσεων ενώ είναι δυνατή και η πρόσβασή του από ΑΜΕΑ. Το πάτωμά του είναι καλυμμένο από πλάκες linoleum ενώ στους πίσω τοίχους υπάρχει επένδυση από διάτρητο μεταλλικό panel. Τα έδρανα και τα καθίσματα είναι κατασκευασμένα από ξύλο.

Στη μέση του αμφιθέατρου έχει κατασκευαστεί πέτασμα που χρησιμοποιείται για το χωρισμό του σε δύο αίθουσες, ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου.

Το αμφιθέατρο 1,2, εκτός από εκπαιδευτικές διαδικασίες (διαλέξεις, εξετάσεις μαθημάτων) δύναται να χρησιμοποιηθεί και για τη διεξαγωγή σεμιναρίων, εκδηλώσεων και συνεδρίων.



Εικόνα 11.1 Εσωτερική άποψη του αμφιθεάτρου



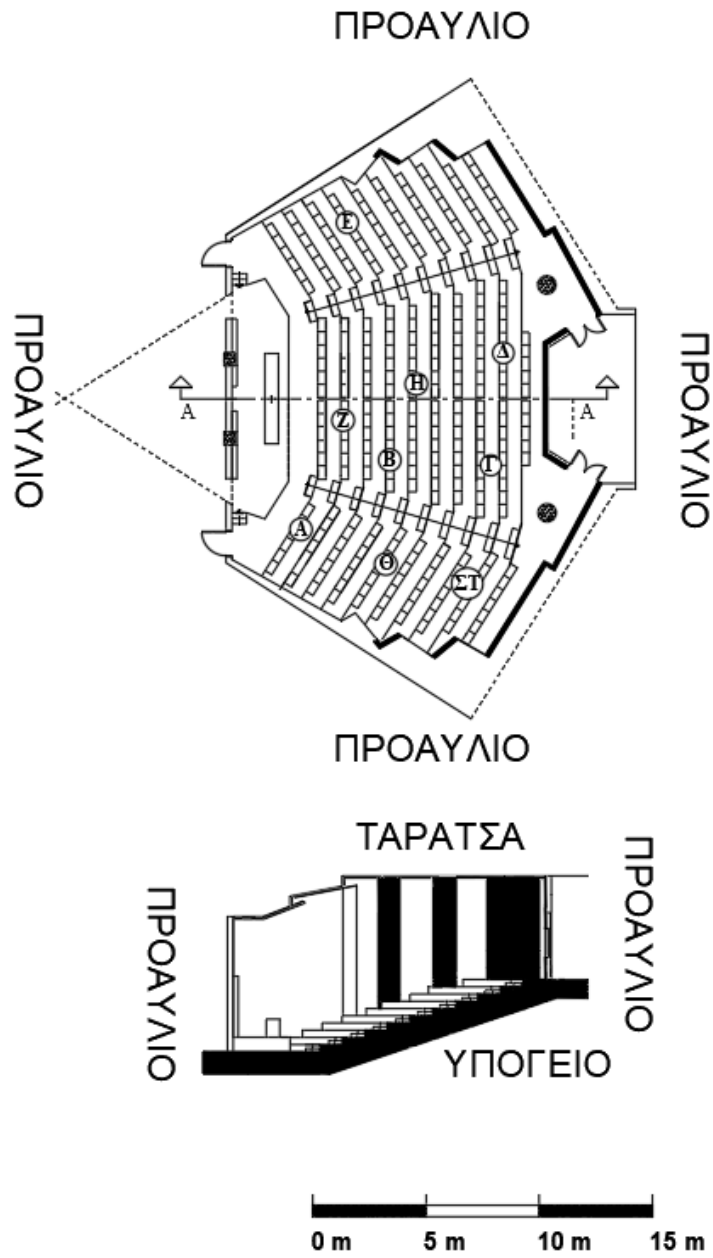
Εικόνα 11.2 Εσωτερική άποψη του αμφιθεάτρου 1,2 από την έδρα



Εικόνα 11.3 Οροφή της αίθουσας.



Εικόνα 11.4 Εξωτερική άποψη του αμφιθεάτρου



Εικόνα 11.5 Κάτοψη και τομή αμφιθεάτρου 1,2

11.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι μετρήθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πινακοποίηση των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα Ε. Στο αμφιθέατρο 1,2 έγιναν Χ μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{low}/RT_{mid}) και των υψηλών προς μεσαίων (RT_{high}/RT_{mid}) καθώς και οι τιμές του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ανά οκταβική ζώνη.

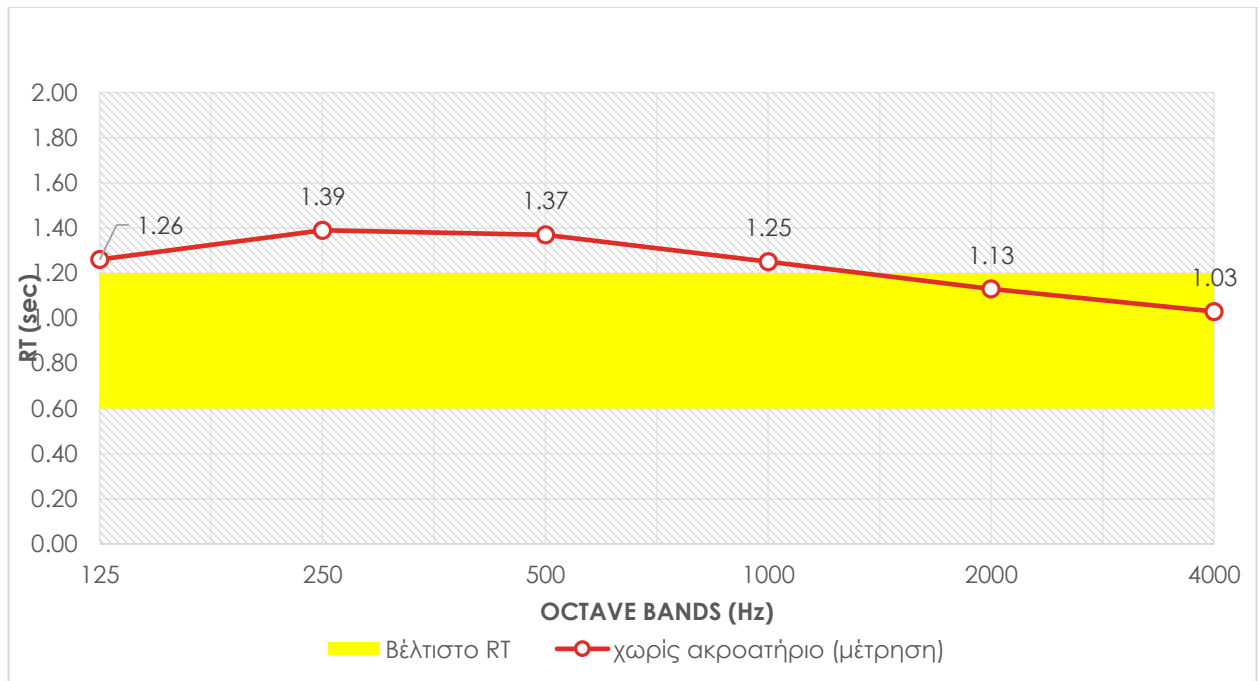
Πίνακας 11.1 Λόγοι των χρόνων αντήχησης

RT_{low}/RT_{mid}	1.01
RT_{high}/RT_{mid}	0.82

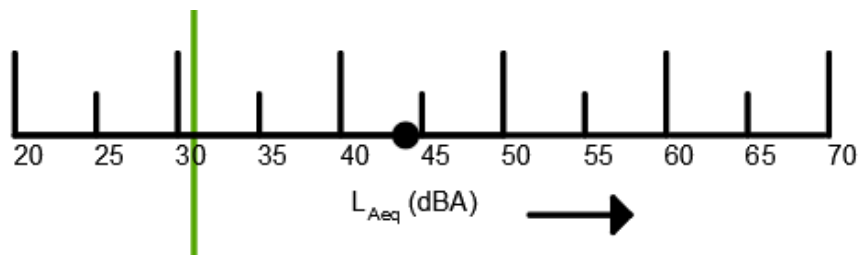
Πίνακας 11.2 Χρόνος απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων ανά οκταβική ζώνη

EDT _{low}	1.33
EDT _{mid}	1.31
EDT _{high}	1.08

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, σε μορφή διαγραμμάτων.



Εικόνα 11.6 Μετρήσεις χρόνου αντήχησης συναρτήσει των συχνοτήτων στο αμφιθέατρο 1,2. Το επιθυμητό εύρος τιμών για το χρόνο αντήχησης, για αίθουσα διαλέξεων χωρίς ακροατήριο, κυμαίνεται από 0.60 έως 1.00 sec σύμφωνα με τον Ermann [17] για αίθουσα ύψους H , μήκους $2H$ και πλάτους $1.5H$. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων, το επιθυμητό εύρος δύναται να ληφθεί μεγαλύτερο, αλλά χωρίς να υπερβαίνει τα 1.2 sec συνεπώς, λόγω των μεγάλων όγκων των αιθουσών που εξετάζουμε, επιλέξαμε ως χαμηλό όριο τα 0.6 sec και τα 1.2 sec ως υψηλό



Εικόνα 11.7 Μέτρηση θορύβου βάθους στο αμφιθέατρο 1,2 $L_{Aeq}=44$ dBA
Ανεκτό όριο για αίθουσες διαλέξεων $L_{Aeq} \leq 31$ dBA

11.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Μετά την ψηφιοποίηση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, η οποία εξήγαγε από 2 έως 9 παράγοντες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι καλύτερη μέσω δύο ισχυρών, ξεκάθαρων και ανεξάρτητων

παραγόντων που εξηγούν αθροιστικά το 43% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 11.3.

Πίνακας 11.3 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας «Διαύγεια-Υποκειμενική Ένταση» εξηγεί το 25.99 % της συνολικής διακύμανσης και ο παράγοντας «Υπόσταση» εξηγεί το 17.02 %

Παράγοντας	Διπολική Κλίμακα		Φορτίσεις
I. Διαύγεια - Υποκειμενική Ένταση	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	.868
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	.833
	Με χαμηλή ακουστότητα	Με υψηλή ακουστότητα	.799
	Κενός	Γεμάτος	.782
	Τραχύς	Απαλός	.746
	Εξασθενημένος	Δυνατός	.745
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	-.728
	Αμυδρός	Δυνατός	.694
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	.677
	Χαμηλός	Υψηλός	.606
	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	-.592
	Ζωντανός	Άψυχος	-.591
	Αδύναμος	Δυνατός	.587
	Πλήρης	Άδειος	-.526
II. Υπόσταση	Χαμηλός	Υψηλός	-.480
	Προτιμητέος	Μη προτιμητέος	.468
	Ζωντανός	Άψυχος	.438
	Πλήρης	Άδειος	.468
	Πλούσιος σε τονική ποιότητα	Πτωχός σε τονική ποιότητα	.800
	Διαπεραστικός	Μη διαπεραστικός	.774
	Οξύς	Μη οξύς	.717
	Υψηλής αντήχησης	Χαμηλής αντήχησης	.704
	Πλούσιος	Πτωχός	.646
	Σκληρός	Μαλακός	.607
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	-.569
	Διαυγής	Μπερδεμένος	.458

Πίνακας 11.4 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα για το αμφιθέατρο 1,2

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Διαύγεια-Υποκειμενική Ένταση»	0.426
«Υπόσταση»	0.434

Πίνακας 11.5 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης στο αμφιθέατρο 1,2

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Υποκειμενική Ένταση»	0.47	0.841
«Ευκρίνεια»	0.689	0.680

11.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

11.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται υψηλότερα από τα επιθυμητά όρια στο σύνολο σχεδόν του φάσματος των συχνοτήτων. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ηχοαπορρόφηση είναι ανεπαρκής για τις χαμηλές και τις μεσαίες συχνότητες.

Επίσης, μετρήθηκε και η στάθμη θορύβου βάθους (LA_{eq}), στα 44 dBA, τιμή η οποία βρίσκεται πάνω από το όριο των 31 dBA για αίθουσες διαλέξεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός πως τα φώτα ήταν ανοιχτά κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, σε συνδυασμό με το ότι το αμφιθέατρο δεν εφάπτεται σε κάποιο άλλο κτίριο για να προστατευτεί από τους θορύβους του εξωτερικού χώρου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.

11.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Στο αμφιθέατρο 1,2 εξήχθησαν δύο παράγοντες με συνολικό ποσοστό διακύμανσης 43%. Ο επικρατέστερος παράγοντας είναι ο F1 «Διαύγεια-Υποκειμενική ένταση» και σχετίζεται με έννοιες όπως η ένταση, η ακουστότητα και η τραχύτητα του ήχου. Παράλληλα μας δείχνει πως η έλλειψη ευκρίνειας, σε συνδυασμό με τη χαμηλή ένταση του ήχου, έκαναν το ακροατήριο να μην προτιμάει το αμφιθέατρο από πλευράς ακουστικής.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Υπόσταση» περιγράφει έναν ήχο άψυχο, άδειο και πτωχό σε τονική ποιότητα, που παρ' όλα αυτά είναι προτιμητέος από το κοινό. Λόγω της κατασκευαστικής φύσης του αμφιθεάτρου, που είναι «τυφλό» και φωτίζεται μόνο τεχνητά, είναι αναμενόμενο να προκαλείται σε ένα βαθμό υπνηλία και ατονία στον ακροατή. Συνεπώς, έννοιες όπως η οξύτητα και η διαπεραστικότητα του ήχου, εδώ συγκαταλέγονται στα θετικά στοιχεία της αίθουσας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι και στον F1 στον F2 εμφανίζονται οι έννοιες «Χαμηλός-Υψηλός», «Προτιμητέος-Μη προτιμητέος», «Ζωντανός-Άψυχος» και «Πλήρης-Άδειος» με διαφορετική προσήμανση, που σημαίνει πως ανάλογα τον παράγοντα που περιγράφουν, χρησιμοποιήθηκαν στην μία περίπτωση θετικά και στην άλλη αρνητικά, όπως εξηγήθηκε και παραπάνω.

11.4 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για αμφιθέατρο 1,2 προκύπτει πως είναι ένα αμφιθέατρο χωρίς καλή ακουστική. Δεν υπάρχει επαρκής ηχοαπορρόφηση, και ως αποτέλεσμα οι χρόνοι αντήχησης είναι υψηλότεροι των ανώτατων ορίων.

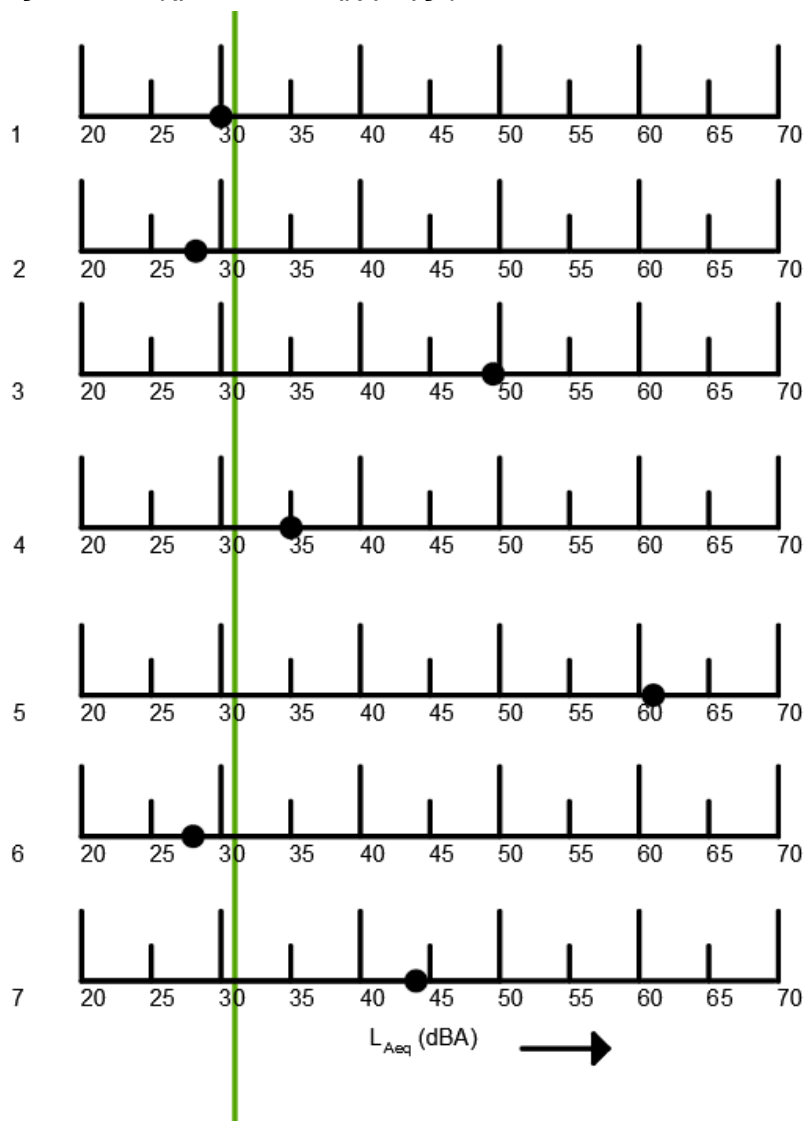
Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε θέση και να επιλέξει ο θεατής, θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο, και αυτό μας δείχνει πως η αίθουσα είναι καλά σχεδιασμένη.

Τέλος, ο θόρυβος βάθους ήταν πάνω από τα επιτρεπτά όρια και αυτό δείχνει πως η αίθουσα δεν είναι ηχοπροστατευμένη. Η τοποθέτηση του αμφιθεάτρου σε απόσταση από τα υπόλοιπα κτίρια της σχολής δρα μειονεκτικά για την ακουστική της.

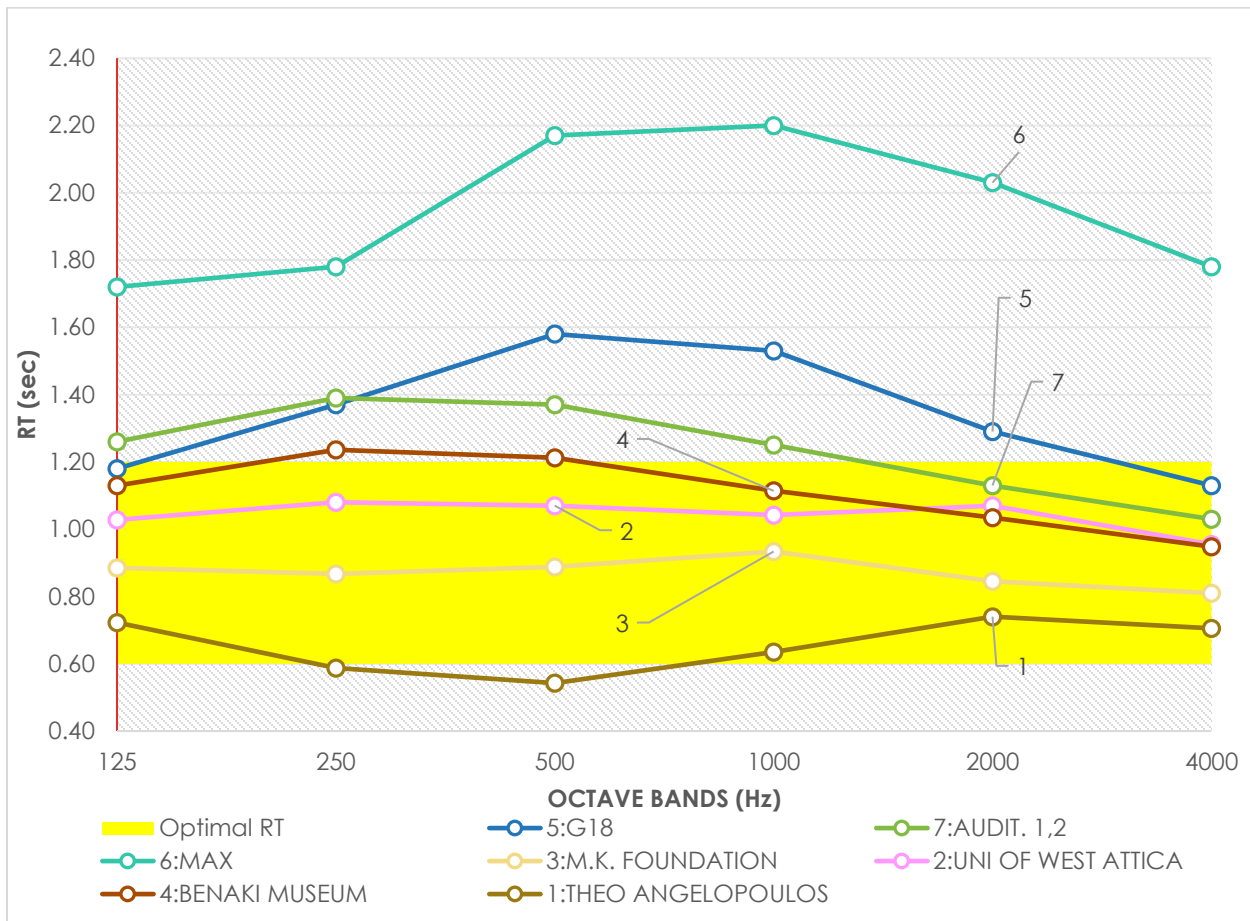
12. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ 7 ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ

12.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του θορύβου βάθους και του χρόνου αντήχησης για κάθε αίθουσα.



Εικόνα 12.1 Θόρυβος βάθους κάθε αίθουσας (1: αμφιθέατρο «Theo Angelorouλος», 2: Συνεδριακό κέντρο Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, 3: αμφιθέατρο Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης», 4: αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη, 5: αμφιθέατρο Γ18, 6: MAX, 7: αμφιθέατρο 1,2)



Εικόνα 12.2 Χρόνος αντήχησης κάθε αίθουσας. Τα επιθυμητά όρια του χρόνου αντήχησης για αίθουσες διαλέξεων είναι από 0.6 sec μέχρι 1.0 sec, για αίθουσες ύψους H, μήκους 2H και πλάτους 1.5H. Για αίθουσες μεγαλύτερων διαστάσεων το άνω όριο δύναται να αυξηθεί στα 1.2 sec. [17]

12.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Παρατηρώντας τα επτά αμφιθέατρα ξεχωριστά, που το μόνο κοινό τους χαρακτηριστικό είναι οι μνημειώδεις διαστάσεις, γίνεται εμφανές πως είχαν παρεμφερή αποτελέσματα ως προς τους παράγοντες που καθορίζουν την ακουστική του χώρου. Αυτό μας δίνει το έναυσμα να προχωρήσουμε σε συγκριτική ανάλυση μεταξύ των 7 αιθουσών με σκοπό να εξάγουμε συμπεράσματα πιο γενικής εφαρμογής.

Αφού ενοποιήσαμε τα δείγματα από όλες τις αίθουσες, έγινε ανάλυση κατά παράγοντες που εξήγαγε από 2 ως 6 παράγοντες και καταλήξαμε ότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της υπεραίθουσας που δημιουργήσαμε, γίνεται καλύτερα

μέσω τριών ανεξάρτητων, ισχυρών και καθαρών παραγόντων, που εξηγούν το 51.3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Παρόλο που το τυπικό σφάλμα είναι χαμηλότερο (της τάξης του 0,16%) επιλέξαμε να σταματήσουμε στο 0.55 για κάθε παράγοντα για να είναι πιο ερμηνεύσιμα τα αποτελέσματα.

Πίνακας 12.1 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες για τις επτά αίθουσες. Ο παράγοντας «Υποκειμενική Ένταση – Ακουστότητα» εξηγεί το 26.46 % της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας «Με Υπόσταση- Με όγκο» εξηγεί το 16.59 και ο παράγοντας «Οξυφωνία – Διαπεραστικότητα» εξηγεί το 10.25 %

Παράγοντας	Διπολική κλίμακα		Φορτίσεις
I. Υποκειμενική ένταση – Ακουστότητα	Εξασθενημένος	Δυνατός	0.826
	Αδύναμος	Δυνατός	0.822
	Χαμηλός	Υψηλός	0.807
	Αμυδρός	Δυνατός	0.804
	Με χαμηλή ακουστότητα	Με υψηλή ακουστότητα	0.771
	Κενός	Γεμάτος	0.725
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	0.710
	Μπερδεμένος	Καθαρός	0.689
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	0.663
	Απόμακρος	Κοντινός	0.645
	Χωρίς ευκρίνεια	Με ευκρίνεια	0.624
	Δυσάρεστος	Ευχάριστος	0.613
	II. Με υπόσταση – με όγκο	Με υπόσταση	Χωρίς υπόσταση	0.775
Λαμπρός		Σκοτεινός	0.753
Προτιμητέος		Μη προτιμητέος	0.713
Με όγκο		Χωρίς όγκο	0.670
Πλούσιος		Πτωχός	0.639
ποιότητα		Πτωχός σε τονική ποιότητα	0.605
Πλήρης		Άδειος	0.602
Διαυγής	Μπερδεμένος	0.585	
III. Οξυφωνία – διαπεραστικότητας	Οξύς	Μη οξύς	0.681
	Σκληρός	Μαλακός	0.674
	Διαπεραστικός	Μη διαπεραστικός	0.645
	Υψηλής αντήχησης	Χαμηλής αντήχησης	0.629
	Τραχύς	Απαλός	0.624

Πίνακας 12.2 Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα

Παράγων	Τυπικό Σφάλμα
«Υποκειμενική Ένταση-Ακουστότητα»	0.160
«Υπόσταση-Όγκος»	0.163
«Οξυφωνία-Διαπεραστικότητα»	0.166

Για κάθε παράγοντα, πραγματοποιήθηκε επίσης σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ των θέσεων μέτρησης με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της ανάλυσης της διακύμανσης τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 12.3.

Πίνακας 12.3 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
«Υποκειμενική Ένταση- Ακουστότητα»	8.728	0.000
«Υπόσταση-Όγκος»	6.989	0.000
«Οξυφωνία-Διαπεραστικότητα»	2.899	0.010

Τα αποτελέσματα του πίνακα δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που οι τρεις παράγοντες από θέση σε θέση και πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω αν η διαφορά αυτή οφείλεται στη διαφορά κάποιας φυσικής παραμέτρου ή λόγω της απόστασης από την πηγή, από θέση σε θέση.

Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, η οποία μας έδωσε δύο κύριες συνιστώσες ως την default τιμή. Κατά την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες χρησιμοποιήθηκαν οι φυσικές παράμετροι ως μέσοι όροι ανά οκταβική ζώνη για κάθε «θέση» καθώς και ο όγκος του κάθε αμφιθεάτρου, η απόσταση του τελευταίου ακροατή από την ηχητική πηγή και η απόσταση από το πάτωμα ως το ταβάνι στην πρώτη σειρά κάθε αίθουσας.

Οι φυσικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 12.4 Φυσικές παράμετροι και συμβολισμοί αυτών

Φυσική Παράμετρος	Σύμβολο	Frequency Region		
		Low	Mid	High
Reverberation time		RT_l	Rt_{mid}	RT_h
Early decay time		EDT_l	EDT_{mid}	EDT_h
Reverberation time spectrum index	RT_l/Rt_{mid}			
Background Noise Level	L_{aeq}			
Volume	V			
Volume per seat	V_{seat}			
Theatre height at formost seats	H			
Theatre depth at stalls level in meters	S			

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12.5 Αποτελέσματα ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες

Κύριες Συνιστώσες	Φυσικές μετρήσεις	Φόρτιση
PC1	EDT_{mid}	0.990
	Rt_{mid}	0.972
	EDT_l	0.971
	EDT_h	0.962
	RT_l	0.928
	RT_l/Rt_{mid}	-0.927
	RT_h	0.919
PC2	L_{aeq}	-0.914
	S	0.866

Στη συνέχεια υποβάλλαμε τα δεδομένα μας σε Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση (Simple Linear Regression Analysis), όπου χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Factor Scores του παράγοντα αυτού ως εξαρτημένη μεταβλητή, κι ως ανεξάρτητη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Principal Component Score της κύριας συνιστώσας που προκύπτει από την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες των φυσικών παραμέτρων και της απόστασης από την πηγή.

Επιλέξαμε την απλή γραμμική παλινδρόμηση, με σκοπό να διερευνήσουμε κατά πόσο επηρέασαν οι φυσικές ακουστικές παράμετροι, την διαφορετική αντίληψη της ακουστικής που είχε το κοινό από θέση σε θέση.

Τα αποτελέσματα της απλής γραμμικής παλινδρόμησης παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12.6 Σχέσεις μεταξύ των παραγόντων αντίληψης και των φυσικών συνιστωσών.

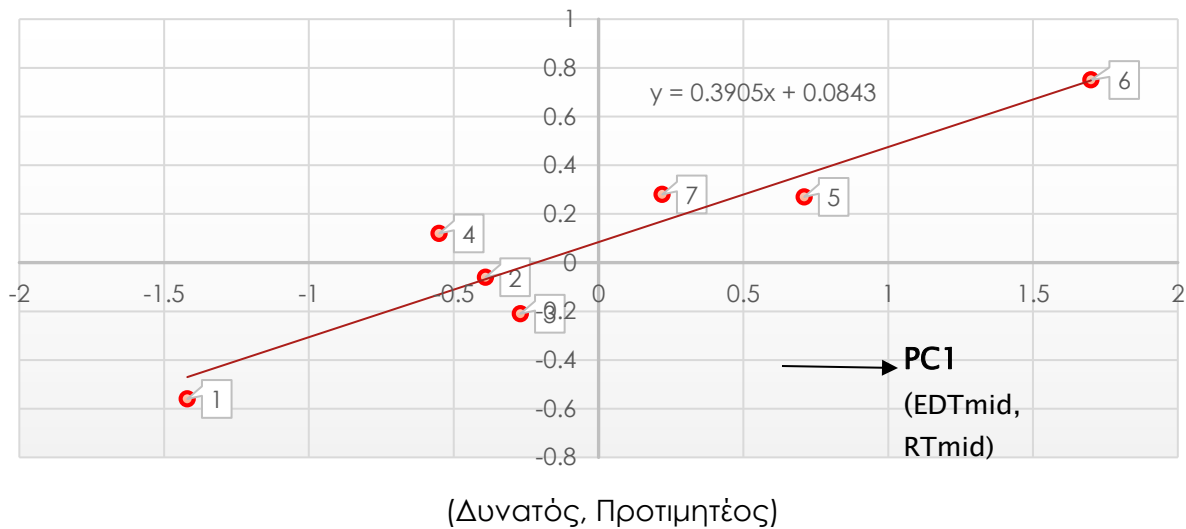
(-: Η λύση της γραμμικής παλινδρόμησης δεν είναι σημαντική)

Factor	Physical Component	R²	b	Significance
I. Subjective Intensity - Audibility	-	-	-	-
II. Body - Volume	PC1	0.889	0.391	0.001
III. Sharpness - Harshness	PC2	0.888	-0.299	0.001

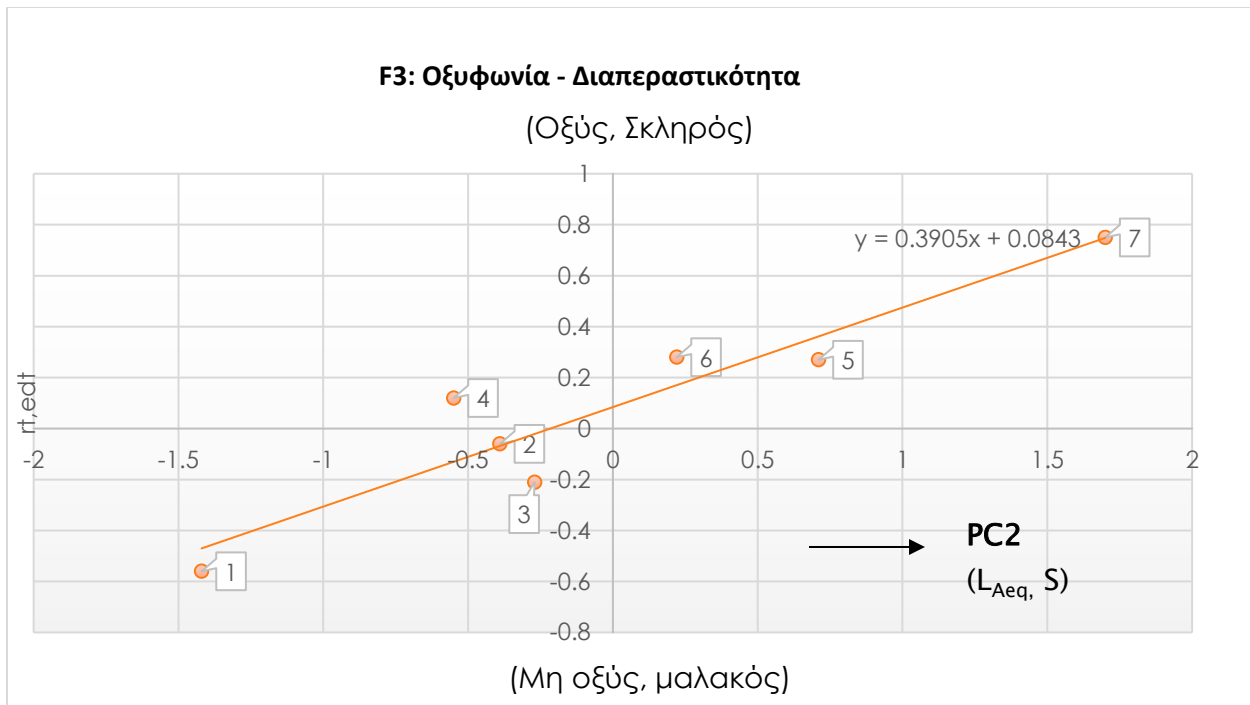
Από την παραπάνω ανάλυση προέκυψε πως η διαφορά στον τρόπο που ερμήνευσε το ακροατήριο τον παράγοντα F2 «Με όγκο-Με υπόσταση» οφείλεται στην κύρια συνιστώσα PC1 και στον παράγοντα F3 σχετίζεται με την κύρια συνιστώσα PC2.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ του παράγοντα αντίληψης F2 και της κύριας συνιστώσας PC1.

F2: Με όγκο – Με υπόσταση
(Χαμηλός, Αδύναμος, Μη προτιμητέος)



Εικόνα 12.3 Η συσχέτιση του παράγοντα αντίληψης «Με όγκο–Με υπόσταση» με την κύρια συνιστώσα φυσικών παραμέτρων PC1, η οποία φορτίζεται από τα μεγέθη EDTmid (Θετική φόρτιση), Rtmid (Θετική φόρτιση), EDTI (θετική φόρτιση), EDTH (Θετική φόρτιση), RTI (θετική φόρτιση), RTI/Rtmid (Αρνητική φόρτιση) και RTh (θετική φόρτιση). Οι αριθμητικές ενδείξεις αφορούν τις υπό εξέταση αίθουσες. 1: *Theo Angeloroulos* 2: *Συνεδριακό κέντρο Πανεπιστημίου Δυτ. Αττικής*, 3: *Αμφιθέατρο Ιδρύματος Μιχάλης Κακογιάννης*, 4: *Αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη*, 5: *Αμφιθέατρο Γ18*, 6: *MAX*, 7: *Αμφιθέατρο 1,2*



Εικόνα 12.4 Η συσχέτιση του παράγοντα αντίληψης «Οξυφωνία –Διαπεραστικότητα» με την κύρια συνιστώσα φυσικών παραμέτρων PC2, η οποία φορτίζεται από τα μεγέθη L_{Aeq} (Αρνητική φόρτιση) και S (Θετική φόρτιση). Οι αριθμητικές ενδείξεις αφορούν τις υπό εξέταση αίθουσες. 1: *Theo Angeloroulos* 2: *Συνεδριακό κέντρο Πανεπιστημίου Δυτ. Αττικής*, 3: *Αμφιθέατρο Ιδρύματος Μιχάλης Κακογιάννης*, 4: *Αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη*, 5: *Αμφιθέατρο Γ18*, 6: *MAX*, 7: *Αμφιθέατρο 1,2*

12.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων φυσικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης

12.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT), οι περισσότερες αίθουσες βρίσκονται υψηλότερα από τα επιθυμητά όρια του εύρους. Αυτό οφείλεται σε έλλειψη επαρκών ηχοαπορροφητικών υλικών στο εσωτερικό των αιθουσών αυτών.

Όσον αφορά το θόρυβο βάθους, μόνο σε τρεις από τις αίθουσες που μελετήθηκαν είχε γίνει σωστός σχεδιασμός ώστε να είναι επαρκώς προστατευμένες από τους εξωτερικούς θορύβους.

12.3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων αντίληψης

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των πειραμάτων αντίληψης εξήχθησαν τρεις παράγοντες με συνολικό ποσοστό διακύμανσης 43%. Ο

επικρατέστερος παράγοντας είναι ο F1 «Υποκειμενική Ένταση-Ακουστότητα» και σχετίζεται με έννοιες όπως η ένταση και η ακουστότητα του ήχου.

Ο δεύτερος παράγοντας F2 «Υπόσταση- Όγκος» περιγράφει έναν ήχο με υπόσταση, όγκο και γενικά προτιμητέο από το κοινό.

Ο παράγοντας F3 «Οξυφωνία-Διαπεραστικότητα» περιγράφει έναν ήχο οξύ και σκληρό, αποτέλεσμα που ίσως οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση μεγάλων στις περισσότερες από τις εφτά αίθουσες που μελετήσαμε.

Από την ανάλυση διακύμανσης προέκυψε πως υπάρχει διαφορά από θέση, δηλαδή από αίθουσα διαλέξεων σε αίθουσα διαλέξεων, για αυτό και πραγματοποιήσαμε απλή γραμμική παλινδρόμηση. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής, βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ του δεύτερου παράγοντα (F2) και της πρώτης κύριας συνιστώσας (PC1), και του τρίτου παράγοντα (F3), με την δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC2).

12.3.3 Ερμηνεία αποτελεσμάτων απλής γραμμικής παλινδρόμησης

Για την μη επεξήγηση του παράγοντα F1 μέσω της ανάλυσης αυτής, ίσως ευθύνεται το γεγονός πως επικεντρωθήκαμε στον χρόνο αντήχησης και αφήσαμε εκτός μετρήσεων παραμέτρους όπως το G, δηλαδή την απόσβεση του ήχου όσο αυξάνεται η απόσταση από την πηγή. Αυτό όμως θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω εμβάθυνσης από έναν μελλοντικό ερευνητή.

Όσον αφορά την συσχέτιση μεταξύ του δεύτερου παράγοντα με την πρώτη κύρια συνιστώσα, εδώ γίνεται εμφανές πως το ακροατήριο προτίμησε την αίθουσα με τους χαμηλότερους χρόνους αντήχησης, δηλαδή το αμφιθέατρο «Theo Angelorouλος» Γαλλικού Ινστιτούτου. Θεώρησε πως μικρότεροι χρόνοι αντήχησης ισοδυναμούν με ήχο που είχε υπόσταση και όγκο σε σχέση με αμφιθέατρα με μεγάλους χρόνους αντήχησης.

Στη σχέση μεταξύ του τρίτου παράγοντα με την δεύτερη κύρια συνιστώσα, από την εικόνα 12.4, σε συνδυασμό με τα δεδομένα των μετρήσεων των φυσικών συνιστωσών, μπορούμε να δούμε πως το αμφιθέατρο Γ18 έχει τη μικρότερη απόσταση ομιλητή από τον τελευταίο ακροατή και ταυτόχρονα το μεγαλύτερο θόρυβο βάθους. Από ότι φαίνεται, το ακροατήριο συνέδεσαν περισσότερο το θόρυβο βάθους (που έχει μεγαλύτερη φόρτιση) με ήχο μη οξύ και μαλακό, παρόλο που ως αίθουσα το Γ18 δεν έχει καθόλου ηχοαπορρόφηση.

Στο άλλο άκρο βρίσκεται το MAX, με τη μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ ομιλητή και τελευταίου ακροατή και το μικρότερο θόρυβο βάθους από όλα τα αμφιθέατρα της εργασίας. Σε αυτήν την περίπτωση το ακροατήριο θεώρησε πως ο ήχος ήταν πιο οξύς και πιο σκληρός.

Όλα τα υπόλοιπα αμφιθέατρα βρίσκονται κάπου ανάμεσα στις ακραίες περιπτώσεις. Το ακροατήριο εδώ θεώρησε πως αίθουσες με μεγαλύτερο θόρυβο βάθους έχουν απαλότερο ήχο, αλλά λόγω διαφοράς των συνθηκών διεξαγωγής των πειραμάτων αντίληψης με τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις, δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλές συμπέρασμα για την προτίμηση αυτή του κοινού

12.4 Σύγκριση με προγενέστερη έρευνα

12.4.1 Αίθουσες διαλέξεων

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης που πραγματοποιήθηκαν από τον Α. Οικονόμου σε επτά αίθουσες στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στο συγκρότημα στο δήμο Ζωγράφου, σε μορφή πίνακα.

Πίνακας 12.7 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας « Διαύγεια » εξηγεί το 37,16% της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας « Αντίληψη της δύναμης του ήχου » το 10,67%, ο παράγοντας «Υποκειμενική διάχυση» το 8,9% και ο παράγοντας « Τονική ποιότητα » το 7,7%.

Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες	Φορτίσεις	
I. Διαύγεια	-Πλούσιος	-Πτωχός	-0,81
	-Κενός	-Γεμάτος	0,80
	-Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	-0,79
	-Διαυγής	-Μπερδεμένος	-0,78
	-Λαμπρός	-Σκοτεινός	-0,77
	-Με κακή γενική εντύπωση	-Με καλή γενική εντύπωση	0,77
	-Δυσάρεστος	-Ευχάριστος	0,76
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	-0,75
	-Μπερδεμένος	-Καθαρός	0,75
	-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-Πτωχός σε τονική ποιότητα	-0,74
	-Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	-0,74
	-Ζωντανός	-Άψυχος	-0,72
	-Με όγκο	-Χωρίς όγκο	-0,71
	-Πλήρης	-Άδειος	-0,68
	-Δυσχερής στην ακρόαση	-Ευχερής στην ακρόαση	0,66
	-Χωρίς ευκρίνεια	-Με ευκρίνεια	0,61
	-Με χαμηλή ακουστότητα	-Με υψηλή ακουστότητα	0,61
	-Ρηχός	-Βαθύς	0,53
	-Απόμακρος	-Κοντινός	0,52
	-Χαμηλός	-Υψηλός	0,47
II. Αντίληψη της δύναμης του ήχου	-Αμυδρός	-Δυνατός	0,71
	-Εξασθενημένος	-Δυνατός	0,62
	-Απόμακρος	-Κοντινός	0,59
	-Με χαμηλή ακουστότητα	-Με υψηλή ακουστότητα	0,57
	-Χαμηλός	-Υψηλός	0,49
	-Δυσχερής στην ακρόαση	-Ευχερής στην ακρόαση	0,47
III. Υποκειμενική διάχυση	-Υψηλής αντήχησης	-Χαμηλής αντήχησης	0,72
	-Με ενοχλητική ηχώ	-Με ανύπαρκτη ηχώ	0,72
	-Με μεγάλη διάχυση	-Με μικρή διάχυση	0,68
IV. Τονική ποιότητα	-Οξύς	-Μη οξύς	0,73
	-Τραχύς	-Απαλός	0,72
	-Σκληρός	-Μαλακός	0,69
	-Διαπεραστικός	-Μη διαπεραστικός	0,58

Στην παραπάνω έρευνα τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης ερμηνεύτηκαν καλύτερα μέσω τεσσάρων ισχυρών και ανεξάρτητων παραγόντων, που εξηγούν το 64% της συνολικής διακύμανσης. Επίσης, βλέπουμε πως δύο από τους παραπάνω παράγοντες, συγκεκριμένα ο F2 «Αντίληψη της δύναμης του ήχου» και ο F4 «Τονική Ποιότητα», έχουν κάποια αντιστοιχία ως προς τις έννοιες που

περιλαμβάνουν με τους παράγοντες F1 «Υποκειμενική Ένταση-Ακουστότητα» και F3 «Οξυφωνία-Διαπεραστικότητα» της δικής μας ανάλυσης. Επίσης, στον παράγοντα F1 «Διαύγεια», περιλαμβάνονται αρκετές από τις έννοιες του παράγοντα F2 «Με όγκο - με υπόσταση» της παρούσας εργασίας. Συνεπώς, το κοινό από ό,τι φαίνεται αντιλαμβάνεται την ακουστική των αίθουσών με τον ίδιο τρόπο.

Στην έρευνα του Α. Οικονόμου έγινε και ανάλυση της διακύμανσης, υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά (επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο από 1%) στον τρόπο που το κοινό αντιλήφθηκε τους τρεις από τους τέσσερις παράγοντες, δηλαδή το κοινό διαπίστωσε διαφορά της ακουστικής από αίθουσα σε αίθουσα, αλλά εφόσον δεν είχαν πραγματοποιηθεί φυσικές ακουστικές μετρήσεις, δεν προχώρησε η έρευνα παρακάτω, ώστε να αποσαφηνιστούν οι λόγοι που διαπιστώθηκε αυτή η διαφορά.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης φαίνονται στον Πίνακα 12.8.

Πίνακας 12.8 Ανάλυση της διακύμανσης

Παράγοντας	F στατιστικό	Επίπεδο σημαντικότητας
I. Διαύγεια	5,671	0,000
II. Αντίληψη της δύναμης	4,301	0,000
III. Υποκειμενική διάχυση	28,884	0,000
IV. Τονική ποιότητα	2,503	0,022

12.4.2 Θεατρικές σκηνές

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης που πραγματοποιήθηκαν από 13 θεατρικές σκηνές στην Αθήνα, στην έρευνα των Πάνου Παναγιώτα και Σπύρου Παρασκευή (2019) σε μορφή πίνακα.

Πίνακας 12.9 Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες. Ο παράγοντας « Με όγκο - Με υπόσταση » εξηγεί το 28.12% της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας « Ευκρίνεια» το 16.10%, και ο παράγοντας «Οξυφωνία - Διαπεραστικότητα» το 9.44%

Παράγων	Κλίμακες αξιολόγησης		Συντελεστές φόρτισης
F1: ΜΕ ΟΓΚΟ- ΥΠΟΣΤΑΣΗ	Πλούσιος	-Πτωχός	0.793
	Με όγκο	-Χωρίς όγκο	0.752
	Γεμάτος	-Κενός	0.723
	Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	0.698
	Με αμεσότητα	-Απόμακρος	0.682
	Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	0.679
	Λαμπρός	-Σκοτεινός	0.662
	Υψηλής αντήχησης	-Ξηρός	0.652
	Πτωχός σε τονική ποιότητα	-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0.624
	Εξασθενημένος	-Δυνατός	-0.601
	Με κακή γενική εντύπωση	-Με καλή γενική εντύπωση	-0.595
	Άψυχος	-Ζωντανός	-0.579
	Απόμακρος	-Εγγύς	-0.549
	Υψηλός	-Χαμηλός	0.519
	Δυνατός	-Αδύναμος	0.513
F2: ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0.852
	Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0.851
	Με υψηλή ακουστότητα	-Με χαμηλή ακουστότητα	0.723
	Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	0.558
	Διαυγής	-Μπερδεμένος	0.548
	Δυσχερής στην ακρόαση	-Ευχερής στην ακρόαση	-0.526
F3: ΟΞΥΦΩΝΙΑ- ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	Οξύς	-Μη οξύς	0.723
	Διαπεραστικός	-Μη διαπεραστικός	0.699
	Τραχύς	-Μαλακός	0.659

Στην παραπάνω έρευνα τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης ερμηνεύτηκαν καλύτερα μέσω τεσσάρων ισχυρών και ανεξάρτητων παραγόντων,

που εξηγούν το 64% της συνολικής διακύμανσης. Επίσης, βλέπουμε πως δύο από τους παραπάνω παράγοντες, συγκεκριμένα ο F1 «Με όγκο - με υπόσταση» και ο F3 «Οξυφωνία - Διαπεραστικότητα», είναι αντίστοιχοι με τους παράγοντες F2 και F3 της δικής μας ανάλυσης. Συνεπώς, ενώ υπάρχουν ομοιότητες στον τρόπο με τον οποίο το κοινό αντιλαμβάνεται την ακουστική θεατρικών σκηνών και την ακουστική αίθουσών διαλέξεων, τα αποτελέσματα έχουν διαφορές, άρα επιβεβαιώνεται η θεώρηση πως ο θεατρικός λόγος και η διάλεξη είναι δύο διακριτά είδη ακροαμάτων.

Στην έρευνα των Πάνου Π. και Σπύρου Π. έγινε και ανάλυση της διακύμανσης, τα αποτελέσματα της οποίας έδειξαν πως υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά (επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο από 1%) στον τρόπο που το κοινό αντιλήφθηκε τους τρεις παράγοντες, δηλαδή το κοινό διαπίστωσε διαφορά της ακουστικής από αίθουσα σε αίθουσα.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης φαίνονται στον Πίνακα 12.10.

Πίνακας 12.10 Ανάλυση της διακύμανσης

Παράγων	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
F1	5,067	0,000
F2	3,000	0,000
F3	13,652	0,000

12.5 Συμπεράσματα

Από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για τα επτά αμφιθέατρα προκύπτει πως τα περισσότερα από αυτά είναι σχεδιασμένα χωρίς καλή ακουστική. Δεν υπάρχει επαρκής ηχοαπορρόφηση, και ως αποτέλεσμα οι χρόνοι αντήχησης είναι υψηλότεροι των ανώτατων ορίων.

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης συμπεραίνουμε πως η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, ενώ από την ανάλυση της διακύμανσης βλέπουμε πως προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση της αίθουσας. Αυτό σημαίνει πως αντιλήφθηκαν την ακουστική διαφορετικά από αίθουσα σε αίθουσα. Μέσω της ανάλυσης απλής γραμμικής παλινδρόμησης συμπεράναμε πως ο λόγος που το ακροατήριο αντιλήφθηκε διαφορετικά τον παράγοντα F1 δεν εξηγείται από τις κύριες συνιστώσες που εξήχθησαν, δηλαδή με τις φυσικές παραμέτρους που επιλέξαμε να συμπεριλάβουμε στην ανάλυσή μας. Ο παράγοντας F2 εξηγείται και δίνει μια σαφή απάντηση πως το κοινό προτιμάει αίθουσες διαλέξεων με χαμηλό χρόνο αντήχησης και πως οι μειωμένοι χρόνοι αντήχησης αντιστοιχούν σε ήχο με όγκο και υπόσταση. Ο παράγοντας F3, που επίσης ερμηνεύτηκε διαφορετικά από το ακροατήριο, συσχετίστηκε με τον αυξημένο θόρυβο βάθους σε ορισμένες από τις αίθουσες. Πιο συγκεκριμένα, το ακροατήριο θεώρησε πως οι αίθουσες με αυξημένο θόρυβο βάθους έχουν πιο μαλακό ήχο. Αυτό το εύρημα δεν μπορεί γενικευθεί όμως, καθότι δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν οι συνθήκες διεξαγωγής των πειραμάτων αντίληψης ήταν ακριβώς οι ίδιες με αυτές των φυσικών ακουστικών μετρήσεων και αν, συνεπώς, υπήρξαν άλλοι παράγοντες που συνέβαλαν στην εξαγωγή αυτού του συμπεράσματος.

Παράλληλα, από τη σύγκριση της δικής μας μελέτης με προγενέστερες μελέτες, προέκυψε πως το ακροατήριο αντιλαμβάνεται την ακουστική αιθουσών διαλέξεων, με αντίστοιχο τρόπο, ενώ υπάρχουν διαφορές ως προς την αντίληψη της ακουστικής θεατρικών σκηνών.

13. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή εξέτασε επτά διαφορετικές αίθουσες διαλέξεων. Εξαρχής είχαμε σκοπό να επικεντρωθούμε στο χρόνο αντήχησης ως φυσικό χαρακτηριστικό των εν λόγω αιθουσών αφού η διαφορά στην αντήχηση μεταξύ των αιθουσών, ήταν αυτή που μας κέντρισε το ενδιαφέρον. Με βάση μάλιστα την προσωπική μας έρευνα στην βιβλιογραφία, το ζήτημα της επιθυμητής αντήχησης αιθουσών διαλέξεων, δεν είναι ιδιαίτερα διασαφηνισμένο. Σε άλλες κατηγορίες αιθουσών, η βιβλιογραφία δίνει σαφή όρια ως προς τους επιθυμητούς χρόνους αντήχησης, όπως για παράδειγμα των θεατρικών σκηνών που είναι από 0.75 έως 1.00 sec, των οποίων η ακουστική είναι διαφορετική από αυτήν των αιθουσών διαλέξεων, καθότι οι διαλέξεις αποτελούν ένα διακριτό ακρόαμα.

Συνεπώς, αυτό δημιουργεί ένα «κενό» στην επιστήμη της ακουστικής το οποίο μας κέντρισε το ενδιαφέρον και ταυτόχρονα μας έδωσε το έναυσμα να το ψηλαφίσουμε.

Με την ολοκλήρωση λοιπόν της παρούσας εργασίας είμαστε σε θέση να παράγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με το αρχικό μας ερώτημα.

Από τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων προκύπτει ότι δεν είναι όλες οι αίθουσες σχεδιασμένες ώστε να έχουν καλή ακουστική. Λαμβάνοντας υπόψιν την περίοδο που κατασκευάστηκαν οι παλαιότερες από αυτές, είναι εμφανές πως, σε μια περίοδο που η επιστήμη της ακουστικής ήταν ακόμη πολύ νέα για να συμπεριληφθεί στις μελέτες κατασκευής, οι αρχιτέκτονες επικεντρώνονταν στον όγκο και την επιβλητικότητα της αίθουσας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν δύο από τις αίθουσες που μελετώνται εδώ, το Μέγα Αμφιθέατρο των Χημικών (MAX) και το αμφιθέατρο Γ18 στο κτίριο Γκίνη, που έχουν κατασκευαστεί στην περίοδο του μεσοπολέμου. Με την πάροδο των χρόνων όμως, βλέπουμε πως η λογική αυτή έχει αλλάξει, και πως στα πιο σύγχρονα αμφιθέατρα έχουν γίνει πολύ αξιόλογες προσπάθειες ώστε να βελτιωθεί η ακουστική του χώρου.

Η παρούσα εργασία έθεσε το ερώτημα της προτίμησης του ακροατηρίου αναφορικά με τον χρόνο αντήχησης μιας αίθουσας διαλέξεων και κατάφερε να δώσει μια αρκετά σαφή απάντηση ως προς αυτό.

Το αθηναϊκό κοινό έδειξε πως προτιμάει αίθουσες με αρκετά χαμηλούς χρόνους αντήχησης. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα πειράματα αντίληψης, όπως αυτή κρίθηκε από το κοινό, μας οδήγησαν στην εξαγωγή τριών ανεξάρτητων συνιστωσών, τις οποίες μπορούμε να περιγράψουμε συνοπτικά ως εξής: την πρώτη ως «Υποκειμενική Ένταση-Ακουστότητα», την δεύτερη ως «Με Υπόσταση-Με Όγκο» και την τρίτη ως «Οξυφωνία-Διαπεραστικότητα». Από τους τρεις παράγοντες, η «Υποκειμενική Ένταση-Ακουστότητα» συμπίπτει με προγενέστερη μελέτη σε

αίθουσες διαλέξεων οπότε έχει ευρεία αποδοχή. Αυτό σημαίνει πως το αθηναϊκό ακροατήριο αντιλαμβάνεται την ακουστική μιας αίθουσας με αντίστοιχο τρόπο.

Η συνιστώσα της αντίληψης η οποία ονομάζεται «Με Υπόσταση – Με Όγκο», μέσα από την οποία εκφράστηκε και η προτίμηση του κοινού, βρέθηκε πως συσχετίζεται με τον χρόνο αντήχησης (RT) των υπό εξέταση αιθουσών (στατιστικώς σημαντική, επίπεδο σημαντικότητας 0.001). Άρα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, αίθουσες διαλέξεων όπως το αμφιθέατρο «Theo Angelopoulos» που είναι αρκετά ογκώδεις και έχουν οριακά χαμηλό χρόνο αντήχησης, είναι αυτές που προτιμώνται από το κοινό.

Βέβαια, σε όλες τις αίθουσες που ο χρόνος αντήχησης ήταν σε χαμηλά επίπεδα, ο ήχος υποστηρίζεται από ηλεκτρονικά μέσα. Αυτό το στοιχείο για την παρουσία της ηλεκτρονικής υποστήριξης του ήχου, καθώς και η προτίμηση του ακροατηρίου σε αυτήν, είναι κάτι στο οποίο, από τη δική μας έρευνα στη βιβλιογραφία, δεν προκύπτει πως η επιστήμη της ακουστικής παίρνει θέση. Από πλευράς μηχανικού όμως, σημαίνει πως στο σχεδιασμό μιας αίθουσας υπάρχει απόλυτη ελευθερία ως προς την επιλογή των διαστάσεων, εφόσον όμως η αίθουσα αυτή είναι κατάλληλα καλυμμένη με ηχοαπορροφητική επένδυση.

Θεωρούμε πως η έρευνα προς αυτήν την κατεύθυνση πρέπει να συνεχιστεί με περαιτέρω πειράματα που να περιλαμβάνουν ευρύτερη γκάμα αιθουσών, προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα παραπάνω αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σωτηρόπουλου, Α. (2010). Συνεδριακό Κέντρο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών 'ακουστικός σχεδιασμός μεγάλου αμφιθεάτρου .5ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Ακουστική 2010', 4-6 Οκτωβρίου 2010 (σ.σ 117-124). Αθήνα : ΕΛ.ΙΝ.Α.
2. Γκέκα Σ., Καραγιάννης Ι., Πάνος Α., Παπαϊωάννου Γ, Σωτηροπούλου, Α. (2016). Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα ' Διορθωτική ακουστική νεοκλασικών αιθουσών διαλέξεων μνημειακού μεγέθους στην Αθήνα. 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Ακουστική 2016' 3-4 Οκτωβρίου 2016 (σ.σ 291-298). Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Α.
3. Barron, M. (1993). Auditorium Acoustics and Architectural Design. London: E & FN Spon. Also 2nd ed. (2010) e-book, London, New York: Spon press.
4. Beranek, L.L. (1962). Music, Acoustics and Architecture. New York: John Wiley & Sons, Inc.
5. Beranek, L.L. (1996). Concert and Opera Halls, How they sound. New York: Am. Inst. Physics press for the Acoust. Soc. Am.
6. Cooper D. E. (1969), Statistics for experimentalists. Pergamon Press, London.
8. BRE Digest (1976) The acoustics of rooms for speech. Building Research Establishment, Digest 192.
7. Osgood, C.E., Suci, G.J. & Tannenbaum, P.H. (1957). The measurement of meaning. Urbana, Chicago and London: Univ. of Illinois Press.
8. Sabine, W.C. (1922). Collected papers on acoustics. Cambridge Mass: Harvard Univ. Press.
9. Sotiropoulou A., Hawkes R.J., & Fleming D.B (1995). Concert hall acoustic evaluations by ordinary concert-goers: I Multi-dimensional description of evaluations. Acustica 81. p. 1-9
10. Acoustical Society of America (1985). Theaters for drama performance: Recent experiences in acoustical design. New York: Am. Inst. Physics
11. Φούντα Σ. (2008). Πειραματική έρευνα της αντίληψης της ακουστικής αιθουσών διδασκαλίας II· Αιθουσες διδασκαλίας συγκροτήματος Πατησίων Διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψη της Σωτηροπούλου Α., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
12. Οικονόμου Α. (2008). Πειραματική έρευνα της αντίληψης της ακουστικής αιθουσών διδασκαλίας· Αιθουσες διδασκαλίας συγκροτήματος Ζωγράφου. Διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψη της Σωτηροπούλου Α., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
13. Fletcher, H. Munson, W.A (1933). Loudness, its definition, measurement and

- calculation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 5, pp. 82–108
14. Alexandra Sotiropoulou, George Poulakos, George Cambourakis (2011). Acoustic Evaluation of Typical Errors in the Design of Modern Lecture Theatres. 8th International Conference on Auditorium Acoustics 2011 Dublin, Ireland 20–22 May 2011, pp 329–337
 15. Παπαϊωάννου Μ., Περγικάρη Ε., Μουγκάση Ν., Πουλάκος Γ., Καραγιάννης Ι., Σωτηροπούλου Α. (2016). Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα ` Διορθωτική ακουστική νεοκλασικών αιθουσών διαλέξεων μνημειακού μεγέθους στην Αθήνα. 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο `Ακουστική 2016` 3–4 Οκτωβρίου 2016 (σ.σ 308–316). Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Α.
 16. Σωτηροπούλου Α. Ακουστικός σχεδιασμός χώρων ακροατηρίου. [ηλεκτρ. βιβλ]:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Αθήνα (2016). Διαθέσιμο στο <http://hdl.handle.net/11419/5850>
 17. Ermann M. *Architectural Acoustics Illustrated*. Wiley. New Jersey. (2015).
 18. Cremer L., Muller H.A., Schultz T.J. *Principles and Applications of Room Acoustics*, Vol. II. Applied Science Publ., London & New York. (1982).
 19. Μάρη Α. (2007). Η αντίληψη της ακουστικής αιθουσών διδασκαλίας- «Παραγοντική» περιγραφή της αντίληψης. Διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψη της Σωτηροπούλου Α., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
 20. Jill E.Preminger & Dianne J.Van Tasell (1995). Quantifying the relation between speech quality and speech intelligibility. *Journal of speech and hearing research*, Volume 38, 714–725.
 21. Gabrielsson A., Schenkman B. N., & Hagerman B. (1988). The effects of different frequency responses on sound quality judgements and speech intelligibility. *Journal of Speech and Hearing research*, 31, 166–177.
 22. Acoustical Society of America (1985). *Theaters for drama performance: Recent experiences in acoustical design*. New York: Am. Inst. Physics
 23. Lehmann, P. & Wilkens, H. (1980). Zusammenhang subjektiver Beurteilungen von Konzertsälen mit raumakustischen Kriterien. *Acustica*, 45, pp. 256–268. Ελλάδα: Αρχιτεκτονική του 20^{ου} αιώνα (2000). Ελληνικό Ινστιτούτο Αρχιτεκτονικής.
 24. Αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη
<http://oldwww.benaki.gr/index.asp?id=40202&lang=gr>
 25. Κτίριο του Μουσείου Μπενάκη στην οδό Πειραιώς
<http://www.kokkinoukourkoulas.com/el/benaki-museum-pireos/>
 26. Τεκμήρια: το κτίριο του Γαλλικού Ινστιτούτου
<http://library.tee.gr/vufind/Record/kt10000141>

27. Ιστορία των κτιρίων της σχολής Πολιτικών Μηχανικών <http://www.civil.ntua.gr/info/history/>
28. Συνεδριακό κέντρο Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής <http://www.teiath.gr/articles.php?id=57911&lang=el&rid=cat&omid=19880>
29. Ιστορικό συγκρότημα Πατησίων <https://www.arch.ntua.gr/page/1099>
30. Αναγνώστου Κ., Μπαλαμπέκα Σ., (2017). Ακουστική μελέτη σε κλειστά θέατρα στην περιοχή των Αθηνών. Διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψη του Καμπουράκη Γ., Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
31. Κηλαηδόνη Γ., Καραγιάννης Ι., Χριστοφορίδης Δ., Σωτηροπούλου Α. (2016). Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα ΄ Συστήματα ηλεκτροακουστικής υποβοήθησης στο αρχαίο θέατρο της Επιδάουρου• πείραμα υποκειμενικής αξιολόγησης της χρήσης νέων τεχνολογιών στις θεατρικές παραστάσεις. 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Ακουστική 2016' 3-4 Οκτωβρίου 2016 (σ.σ 45-52). Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Α.
32. Πάνου Π., Σπύρου Π., (2019). Διερεύνηση της αντίληψης της ακουστικής σε θεατρικές σκηνές του 19ου και 20ου αιώνα στην Ελλάδα. Διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψη της Σωτηροπούλου Α., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
33. Αμφιθέατρο Ιδρύματος «Μιχάλης Κακογιάννης» <https://mcf.gr/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

A.1 Εισαγωγή

Η ακουστική μελετά τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά του ήχου, και αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής, αφού διερευνά την αλληλεπίδραση του ήχου με τα δομικά υλικά και τις μορφές και συνεισφέρει στην καλύτερη αντίληψη του.

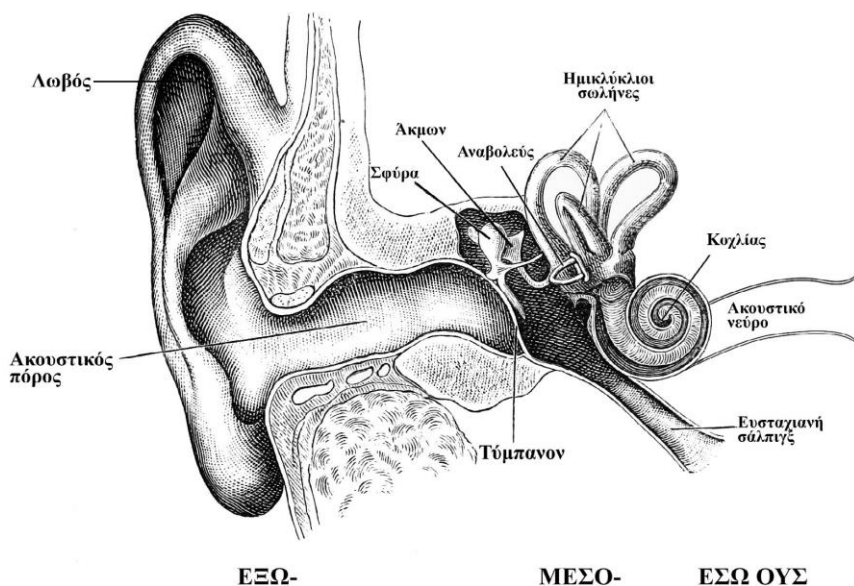
A.2 Ήχος και ηχητικές παράμετροι

Ήχος ονομάζεται κάθε μηχανική διαταραχή που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα μέσα σε ένα μέσο υγρό, στερεό ή αέριο, το οποίο μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις και έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε να μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα.

Ο ήχος παράγεται όταν μια ηχητική πηγή κάνει παλμικές κινήσεις, δηλαδή ταλαντώνεται. Εξαιτίας των ελαστικών ιδιοτήτων του εκάστοτε υλικού η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται από κάθε μόριο στα γειτονικά του, προκαλώντας έτσι μεταβολές πίεσης. Συνεπώς δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα, περιοχές υψηλής και χαμηλής πίεσης αντίστοιχα, τα οποία «ταξιδεύουν» μέσα στο υλικό παράλληλα με τη διεύθυνση ταλάντωσης των μορίων του.

Ο ήχος θέτει το τύμπανο του αυτιού σε παλμική κίνηση, μέσω του ακουστικού πόρου. Η κίνηση αυτή στη συνέχεια θα μεταβιβαστεί στην ωοειδή θυρίδα, μέσω της σφύρας του άκμονος και του αναβολέως (ακουστικά οστάρια που λειτουργούν εν είδει μοχλού), και κατόπιν μέσα στον κοχλία.

Ο κοχλίας είναι ένας οστεώδης συσπειρωμένος σωλήνας που βρίσκεται στο έσω ούς, και είναι θεμελιώδης για την αντίληψη της ακοής. Στο εσωτερικό του ο κοχλίας είναι γεμάτος με υγρό μέσα στο οποίο κινείται ο ήχος. Η παλμική κίνηση μέσα στο υγρό του κοχλία, από τον αιθουσαίο σωλήνα μεταφέρεται μέσω του ελικοτρήματος στον τυμπανιαίο σωλήνα· εκεί θέτει σε κίνηση τη βασική μεμβράνη και τις τριχοειδείς απολήξεις (hair cells) του ακουστικού νεύρου, οι οποίες είναι εμφυτευμένες στην κάτω επιφάνεια της βασικής μεμβράνης. Αυτή η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια που τελικά διαβιβάζεται στον εγκέφαλο.



Σχήμα Α.1: Ανατομία του οργάνου της ακοής

Ως ταχύτητα του ήχου ορίζουμε την ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων. Η ταχύτητα συμβολίζεται με c και μετριέται σε m/sec (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Διαφέρει σε μέσο διάδοσης καθώς εξαρτάται από το υλικό του μέσου αλλά και από την θερμοκρασία. Στα στερεά ο ήχος διαδίδεται γρηγορότερα από ότι στα υγρά και στα υγρά πιο γρήγορα από τα αέρια.

State	Substance	Speed in m/s
Solids	Aluminium	6420
	Nickel	6040
	Steel	5960
	Iron	5950
	Brass	4700
	Glass (Flint)	3980
Liquids	Water (Sea)	1531
	Water (distilled)	1498
	Ethanol	1207
	Methanol	1103
Gases	Hydrogen	1284
	Helium	965
	Air	346
	Oxygen	316
	Sulphur dioxide	213

Σχήμα Α.2: Ταχύτητα διάδοσης ήχου σε διαφορετικά μέσα

Στην περίπτωση που το μέσο διάδοσης του ήχου είναι ο αέρας, ισχύει η σχέση:

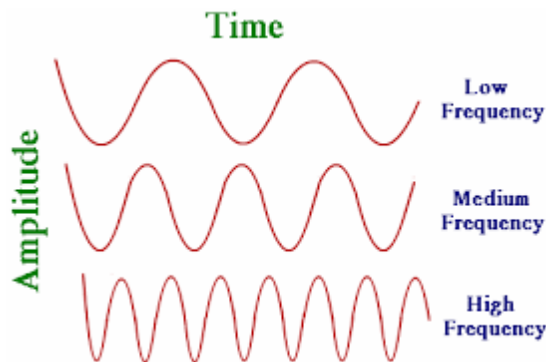
$$c = 332 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

Στην ακουστική χώρων χρησιμοποιούμε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου. Η ταχύτητα αυτή λαμβάνεται γύρω στους 20° C, είναι ίδια για όλες τις συχνότητες και ισούται με 340 m/s.

Η φυσική περιγραφή ενός ήχου επιτυγχάνεται με την βοήθεια αναφοράς στην συχνότητα και στην στάθμη του ήχου.

Η περίοδος του ήχου είναι ο χρόνος που χρειάζεται το ηχητικό κύμα για να πραγματοποιήσει έναν πλήρη κύκλο, συμβολίζεται με T και μετράται σε δευτερόλεπτα.

Η συχνότητα του ήχου είναι ο ρυθμός με τον οποίο πάλλονται τα σωματίδια του αέρα κατά τη διάδοση του ηχητικού κύματος. Συμβολίζεται με f , ορίζεται ως ο αριθμός των κορυφών που διαμορφώνονται σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου και μετράται σε Hz (Hertz). Είναι το αντίστροφο της περιόδου T , δηλαδή $f=1/T$.



Σχήμα A.3: Απεικόνιση χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων

Ως μήκος κύματος του ήχου ορίζεται η απόσταση που διανύει το ηχητικό κύμα μέχρι να ολοκληρωθεί ένα πλήρης κύκλος. Συμβολίζεται με λ και μετράται σε m (μέτρα).

Οι παραπάνω ηχητικές παράμετροι συνδέονται με τη σχέση:

$$c = \lambda T$$

$$\text{ή } c = \lambda * f$$

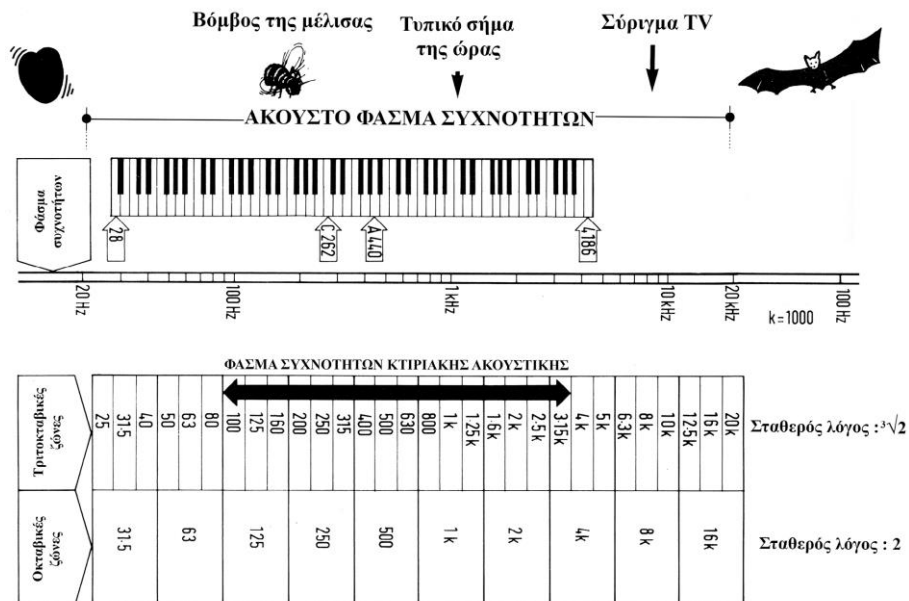
A.3 Οκτάβα, Τριτοκτάβα

Τα ακουστικά προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην ακουστική, βρίσκονται σε συνάρτηση με τη συχνότητα, αφού οι περισσότεροι ήχοι αποτελούνται από διάφορες συχνότητες, χαμηλές, μεσαίες, υψηλές.

Η οκτάβα είναι ένα θεμελιώδες μουσικό διάστημα που αντιστοιχεί στον διπλασιασμό της συχνότητας, δηλαδή ο λόγος της αρχικής συχνότητας f_1 προς την τελική συχνότητα f_2 ισούται με 2 ($f_1/f_2=2$). Η οκτάβα είναι μονάδα μέτρησης διαστήματος συχνοτήτων και λαμβάνει την ονομασία της από την κεντρική συχνότητα του κάθε διαστήματος ($f_o = \sqrt{f_1 * f_2}$). 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 , 4.000 Hz.

Ορισμένες φορές, για μεγαλύτερη ανάλυση, χρησιμοποιούμε την τριτοκτάβα, δηλαδή μια ζώνη συχνοτήτων στην οποία ισχύει $f_2/f_1=2^{1/3}$.

Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20 , 31.5 , 40 , 50 , 63 , 80 , 100 , 125 , 160 , 200 , 250 , 315 , 400 , 500 , 630 , 800 , 1.000 , 1.250 , 1.600 , 2.000 , 2.500 , 3.150 , 4.000 , 5.000 , 6.300 , 8.000 , 10.000 , 12.500 , 16.000 , 20.000 Hz.



Σχήμα A.4: Οκταβικές και τριτοκταβικές ζώνες του φάσματος

A.4 Στάθμη έντασης του ήχου

Ηχητική ένταση σε ένα σημείο του ηχητικού πεδίου και προς μια καθορισμένη διεύθυνση ονομάζεται το πηλίκο της μέσης ηχητικής ισχύος που διαπερνά κάθετα μια στοιχειώδη επιφάνεια, διά το εμβαδό της επιφάνειας αυτής.

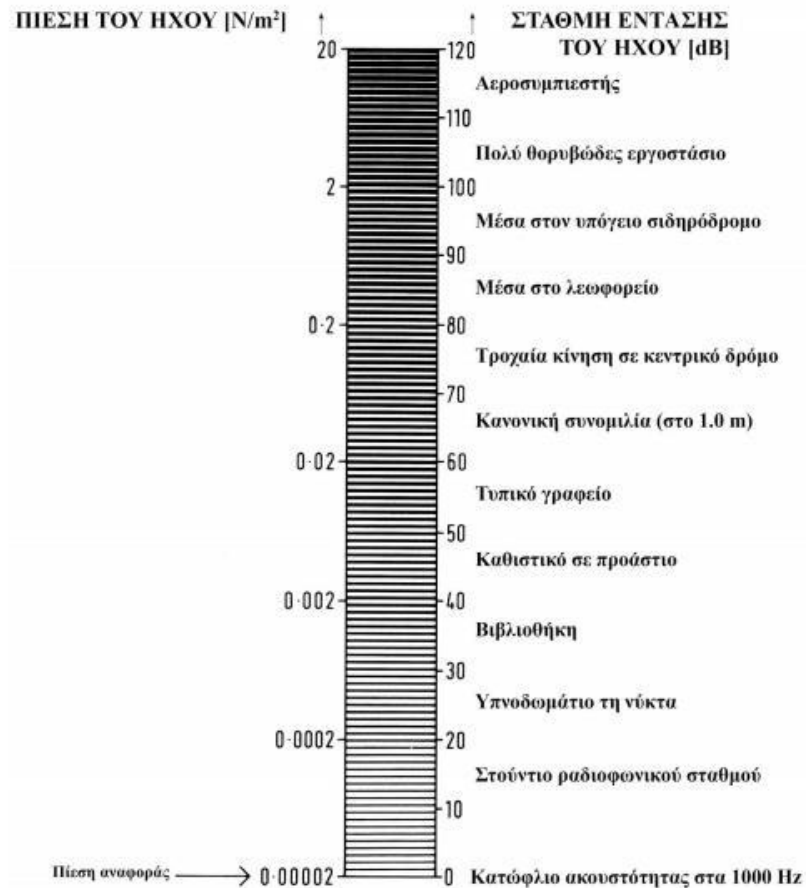
Η στάθμη έντασης του ήχου είναι το στοιχείο εκείνο που διαφοροποιεί έναν έντονο ήχο από έναν αδύναμο ήχο.

Η ηχητική πίεση σε συγκεκριμένο σημείο του ηχητικού πεδίου είναι η διαφορά της στατικής πίεσης του μέσου από την ολική πίεση που υπάρχει σε αυτό το σημείο. Η ηχητική πίεση αναφοράς στον αέρα λαμβάνεται ίση με 0,00002 N/m².

Η στάθμη έντασης του ήχου μετριέται σε dB (Decibel). Το όργανο της ακοής λειτουργεί σε λογαριθμική κλίμακα, για αυτό για να υπολογιστεί η στάθμη του ήχου χρησιμοποιείται ο παρακάτω λογάριθμος:

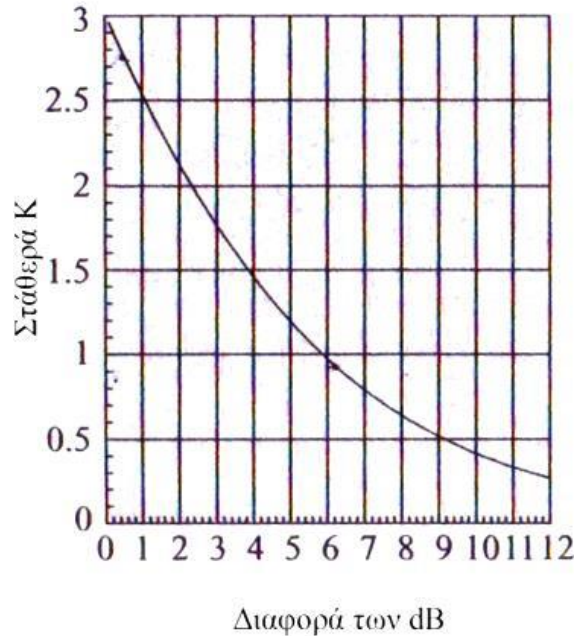
$$\left[\frac{\text{ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ}}{\text{ΤΟΥ ΗΧΟΥ}} \right] = 10 \log \left[\frac{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}}{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ}} \right]^2, \text{ [dB]}$$

Για συνεχείς ήχους, η ελάχιστη μεταβολή στην στάθμη του ήχου που γίνεται αντιληπτή είναι στα 3 dB.



Σχήμα Α.5: Αντιστοιχία ηχητικής πίεσης και στάθμης έντασης του ήχου

Τα dB δεν προστίθενται αλγεβρικά. Πρέπει πρώτα να προσθέσουμε τα αντίστοιχα τετράγωνα των πιέσεων και μετά να λογαριθμήσουμε το άθροισμα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ένας πιο απλός τρόπος άθροισης ήχων, όπου για κάθε διαφορά στάθμης των δύο ηχητικών πηγών που προσθέτουμε αντιστοιχεί ένας αριθμός, τον οποίο προσθέτουμε στην υψηλότερη στάθμη ήχου.



Σχήμα A.6: Πρόσθεση Decibel

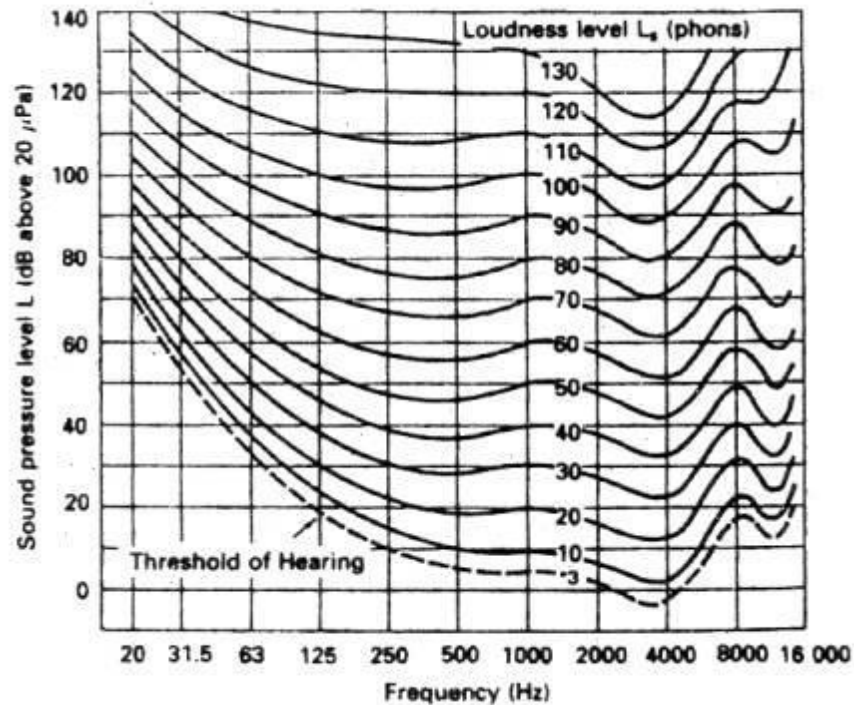
Παραδείγματος χάριν, αν προσθέσουμε δύο ήχους 60 dB που παράγονται ταυτόχρονα, η συνολική στάθμη δεν είναι 120 dB, αλλά 63 dB.

A.5. Ακουστότητα και αντίληψη του ήχου

Ακουστότητα ορίζουμε την αντίληψη της στάθμης έντασης ενός ήχου. Η στάθμη ακουστότητας είναι το υποκειμενικό εκείνο χαρακτηριστικό γνώρισμα του ήχου, το οποίο παρέχει το μέγεθος της ακουστικής εντυπώσεως, που προκαλείται στο αυτί του ανθρώπου.

Σε γενικές γραμμές, η στάθμη ακουστότητας που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο σύστημα ακοής, δεν ταυτίζεται με την στάθμη ηχητικής έντασης ή την στάθμη ακουστικής πίεσης. Αυτό συμβαίνει επειδή το ανθρώπινο αυτί παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία στις διάφορες ακουστές συχνότητες.

Η κλίμακα της στάθμης ακουστότητας (σε μονάδες phon) ταυτίζεται αριθμητικά με την κλίμακα της στάθμης έντασης σε dB μόνο στην συχνότητα αναφοράς, δηλαδή στην συχνότητα των 1000 Hz. Για όλες τις άλλες συχνότητες η μετάβαση από την κλίμακα της στάθμης ακουστότητας στην κλίμακα της στάθμης έντασης γίνεται με την βοήθεια του διαγράμματος των ισοακουστικών καμπυλών, δημιουργήμα των H. Fletcher και W.A. Munson. Η ισοακουστική καμπύλη των μηδέν phon ονομάζεται «κατώφλι ακουστότητας».



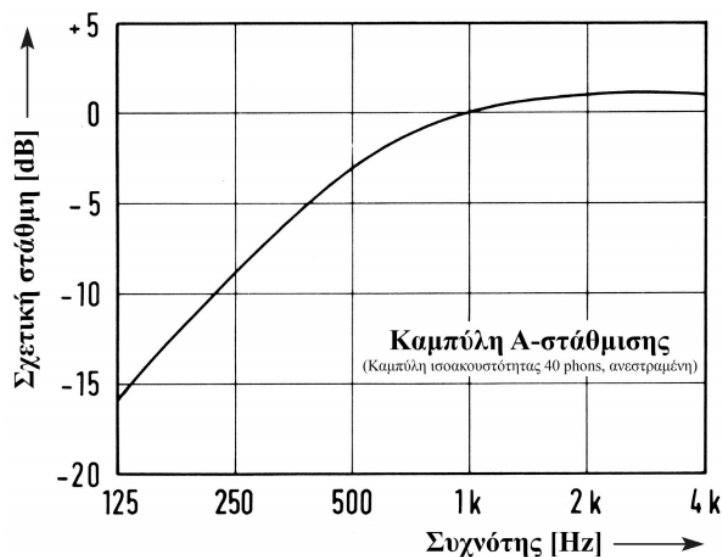
Σχήμα Α.7: Καμπύλες ισοακουστότητας κατά Fletcher & Munson

Η αντίληψη του ήχου πραγματοποιείται μέσω της ακοής, και αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς. Χρησιμοποιείται σε διάφορες περιπτώσεις, όπως η επικοινωνία, η ψυχαγωγία, η μουσική σύνθεση, η προειδοποίηση και η αποφυγή κινδύνων. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ των 20 Hz και 20.000 Hz. Το εύρος αυτό διαφέρει ανάλογα με την ηλικία του ανθρώπου, και σε μεγαλύτερες ηλικίες παρατηρείται μείωση της αντίληψης υψηλών συχνοτήτων. Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι αντίστοιχα, και δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί. Σε άλλους οργανισμούς το φάσμα της ακοής διαφέρει: για παράδειγμα, στον σκύλο το εύρος ακοής εκτείνεται μεταξύ 40 Hz και 60.000 Hz. Οι υπόηχοι και οι υπέρηχοι, παρόλο που δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο, μπορεί να έχουν βλαπτική επίδραση στην υγεία του. Η μέγιστη ευαισθησία του οργάνου της ακοής παρατηρείται μεταξύ 3000 Hz και 4000 Hz. Επίσης, να τονίσουμε ότι η ευαισθησία του οργάνου της ακοής σταδιακά μειώνεται στη χαμηλή περιοχή του φάσματος.

A.6 A-σταθμισμένη ηχοστάθμη (dBA)

Η A-σταθμισμένη ηχοστάθμη είναι ένα μονότιμο μέγεθος που αποτιμά τη στάθμη έντασης του ήχου σε dB, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει υπόψιν την ποικίλη ευαισθησία του οργάνου της ακοής στις διαφορετικές περιοχές. Η μονάδα μέτρησης του μεγέθους αυτού είναι τα dBA. Για να προσομοιαστεί καλύτερα η υποκειμενική αντίληψη του ανθρώπου για την ένταση του ήχου, πρέπει να περιοριστεί η επίδραση των υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με τις μεσαίες συχνότητες, γι' αυτό και η συγκεκριμένη ηχοστάθμη είναι η πιο διαδεδομένη σε σχέση με τις υπόλοιπες (καμπύλες φίλτρων B,C και D). Επίσης αποκαλείται και στάθμη θορύβου.

Το dBA σταθμίζει τη στάθμη έντασης του ήχου στις διάφορες περιοχές του φάσματος σύμφωνα με την ευαισθησία του οργάνου της ακοής σε κάθε μία από αυτές και μετά αθροίζει τις διάφορες στάθμες.



Σχήμα A.8: Καμπύλη A-στάθμισης

Οι συντελεστές A-στάθμισης (W_A) προκύπτουν από τον ακόλουθο τύπο:

$$W_A = 10 \log \left[\frac{1.562339 \cdot f^4}{(f^2 + 107.65265^2) \cdot (f^2 + 737.86223^2)} \right] + 10 \log \left[\frac{2.24288 \cdot 10^6 \cdot f^4}{(f^2 + 20.598997^2) \cdot (f^2 + 12194.22^2)} \right]$$

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι συντελεστές που προκύπτουν για τις διάφορες οκταβικές ζώνες:

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΑΙ Α-ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ							
Οκτ. ζώνες	125	250	500	1000	2000	4000	[Hz]
Συντελεσταί	-16	-9	-3	0	+1	+1	[dB]

A.7 Ακουστική κλειστού χώρου

Τα ηχητικά κύματα σπανίως διαδίδονται σε τελείως ελεύθερα πεδία, καθώς στην διαδρομή τους συναντούν διαφόρων ειδών εμπόδια. Στην ακουστική των κλειστών χώρων μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα τεχνητά και ορατά εμπόδια, όπως οι επιφάνειες, τα έπιπλα ενός δωματίου και οι άνθρωποι. Έτσι προκαλούνται κάποια φαινόμενα τα όποια κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν γιατί μπορεί να ενισχύσουν την καλή ακουστική ή να δημιουργήσουν περισσότερα προβλήματα.

A.7.1 Διάδοση ήχου

Ο ήχος που λαμβάνουν οι άνθρωποι μέσα σε ένα κλειστό χώρο μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις συνιστώσες: απευθείας ήχος, πρώιμες ανακλάσεις και αντήχηση. Ο **απευθείας ήχος** είναι ο πρώτος ήχος που φτάνει στο αυτί του ακροατή, ο οποίος «ταξιδεύει» απευθείας από την πηγή.

Τον απευθείας ήχο ακολουθούν οι **πρώιμες ανακλάσεις** του ήχου από τους πλαϊνούς τοίχους, την οροφή κλπ., οι οποίες φτάνουν αργότερα, επειδή χρειάζεται να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση. Οι πρώιμες ανακλάσεις μπορούν να φτάσουν στον ακροατή μέχρι και 50 ms (100 ms για μεγάλες αίθουσες) αργότερα από τη στιγμή που παράχθηκε ο ήχος, και ως κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (EEF₅₀ ή D50) ορίζεται ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που φτάνει στον ακροατή εντός 50 ms προς την συνολική ηχητική ενέργεια που φτάνει σε αυτόν. Υπολογιστικά προσδιορίζεται από τον παρακάτω τύπο (Barron, 1988):

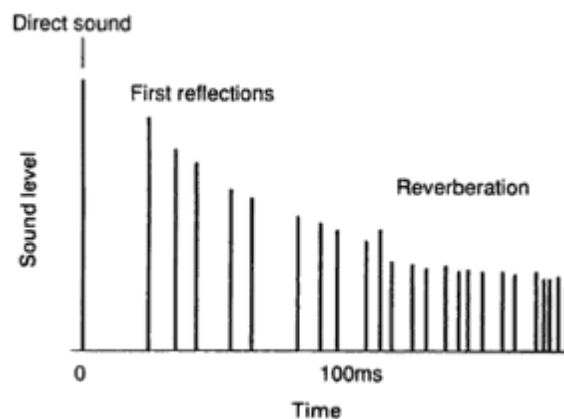
$$EEF_{50} = \frac{(d+e_r)}{(d+e_r+1)}$$

όπου:

d : ενέργεια απευθείας ήχου, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10 m. $\{d = 100 / r\}$ όπου r : απόσταση από την πηγή σε m. [151]

e_r : ανακλώμενη ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή εντός 50 ms μετά τον απευθείας ήχο, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10 m. $\{e_r = (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} (1 - e^{-1.11/T})\}$ όπου V : όγκος του χώρου σε m^3 και T : χρόνος αντήχησης σε s.

l : ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή μετά τα 50 ms, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10m. $\{l = (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} e^{-1.11/T}\}$.



Σχήμα Α.9: Ηχητικές ακτίνες σε κλειστούς χώρους

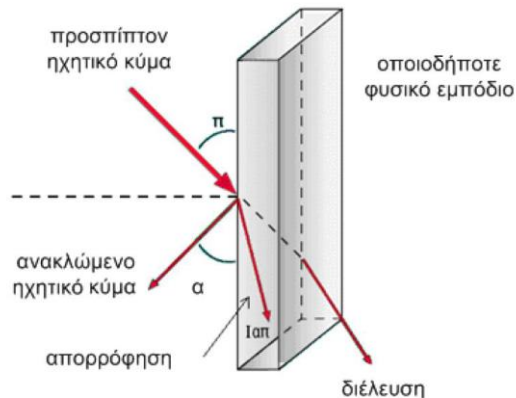
Μία ακόμα παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί είναι το κλάσμα των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων (C_{50}). Αυτή η παράμετρος προκύπτει μέσω του D_{50} και εκφράζεται σε dB. Η συγκεκριμένη παράμετρος συνήθως υπολογίζεται για τον πρώιμο ήχο που φθάνει στο ακροατήριο μετά τα 80 ms (C_{80}).

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{D_{50}}{1 - D_{50}} \right)$$

Η ηχητική ενέργεια που φτάνει στον ακροατή μετά το χρονικό όριο των 50 ms (100 ms για μεγάλες αίθουσες) ονομάζεται αντήχηση, στην οποία θα αναφερθούμε εκτενώς παρακάτω.

A.7.2 Ανάκλαση

Ως ανάκλαση ορίζεται η αλλαγή στην πορεία του ήχου λόγω πρόσπτωσης σε μια επιφάνεια. Η γωνία ανάκλασης (α) είναι ίδια με τη γωνία πρόσπτωσης (π), και η διεύθυνση του ανακλώμενου κύματος είναι συμμετρική ως προς το νοητό άξονα που περνά από το σημείο κρούσης και είναι κάθετος στην επιφάνεια.



Σχήμα A.10: Πρόσπτωση ηχητικού κύματος σε επίπεδη ανακλαστική Επιφάνεια

Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η διαδικασία της ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων. Ένα μέρος της ενέργειας του κύματος ανακλάται και το υπόλοιπο μεταβιβάζεται στο εμπόδιο, στο οποίο καταναλώνεται με δύο τρόπους: κάποιο ποσοστό της απορροφάται από το ίδιο το εμπόδιο και κάποιο θέτει σε κίνηση την επιφάνειά του, δημιουργώντας ένα νέο κύμα που εκπέμπεται από την άλλη του πλευρά.

Η διασπορά του ήχου ποικίλλει ανάλογα με την επιφάνεια πρόσπτωσης, η οποία στο εξής θα ονομάζεται ανακλαστήρας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανακλαστήρων, μερικοί εκ των οποίων ανάλογα με την μορφή τους μπορεί να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα. Ο επίπεδος και ακόμα περισσότερο ο κυρτός ανακλαστήρας έχουν καλύτερη επιρροή στην ανάκλαση του ήχου σε σχέση με τον κοίλο, ο οποίος καλύτερα να αποφεύγεται καθώς δημιουργεί προβλήματα εστιασμού.

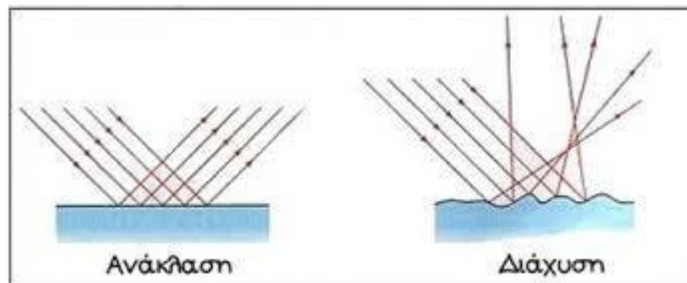
A.7.4 Διέλευση

Το φαινόμενο της διέλευσης παρατηρείται, εφόσον δεν ισχύουν ιδανικές συνθήκες, όταν ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας «εισχωρεί» στο υλικό, το οποίο τίθεται με τη σειρά του σε ταλάντωση, δημιουργώντας ένα νέο ηχητικό κύμα που

εκπέμπεται από την άλλη του πλευρά. Η αποτροπή της διέλευσης του ήχου αποτελεί το κυριότερο ζητούμενο στην ηχομόνωση χώρων.

A.7.5 Διάχυση

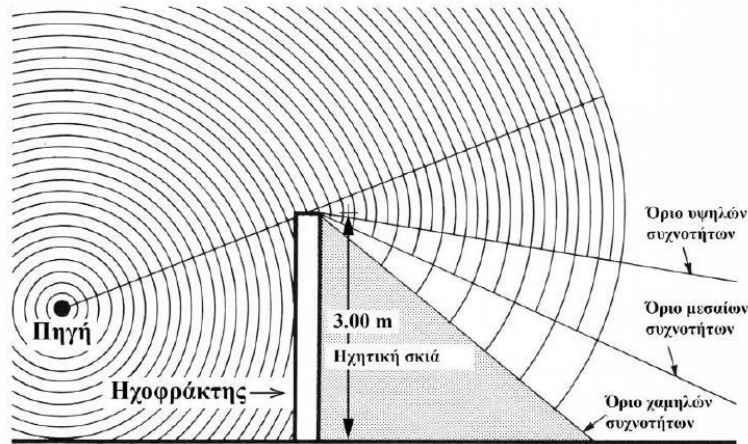
Ως διάχυση ορίζεται ο σκεδασμός μιας ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας σε ασθενέστερες ακτίνες τυχαίας κατανομής. Το φαινόμενο αυτό πραγματοποιείται όταν το μέγεθος (x) της ανακλαστικής επιφάνειας ισούται με το μήκος κύματος (λ) του ήχου. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το φαινόμενο τοποθετούνται ειδικά διαμορφωμένες κατασκευές, οι οποίες «διασπούν» το ηχητικό κύμα στις επιμέρους συχνότητες, από τις οποίες αποτελείται, δημιουργώντας ένα πεδίο ανάκλασης που απλώνεται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του χώρου.



Σχήμα A.11: Το φαινόμενο της διάχυσης

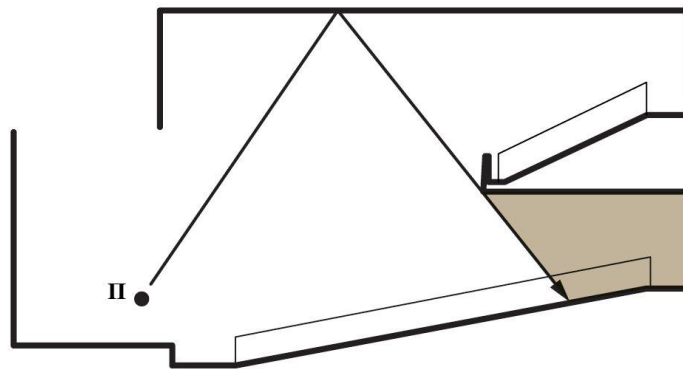
A.7.6 Περίθλαση

Η περίθλαση είναι η το φαινόμενο της διάχυσης των κυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις όταν αυτά συναντούν ένα εμπόδιο ή μία οπή με διαστάσεις παραπλήσιες με αυτές του μήκους κύματος. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ασαφούς ηχητικής σκιάς (shadow zone), δηλαδή μείωση της στάθμης του ήχου. Ο βαθμός περίθλασης εξαρτάται από το μήκος κύματος του ήχου σε σχέση με το μέγεθος του εμποδίου. Οι υψηλές συχνότητες που έχουν σχετικά μικρό μήκος κύματος δεν περιθλώνται σε αντίθεση με τις χαμηλές συχνότητες, οι οποίες περιθλώνται στην άλλη πλευρά του εμποδίου.



Σχήμα Α.12: Το φαινόμενο της περίθλασης (© Webb, 1978)

Στους κλειστούς χώρους το φαινόμενο της περίθλασης πραγματοποιείται όταν υπάρχει βαθύς εξώστης (μεγαλύτερος των 2-3 μέτρων). Σε αυτήν την περίπτωση οι περισσότερες θέσεις που βρίσκονται κάτω από τον εξώστη στερούνται υψίσυχνους ήχους, και για αυτόν τον λόγο τέτοιοι εξώστες πρέπει να αποφεύγονται.



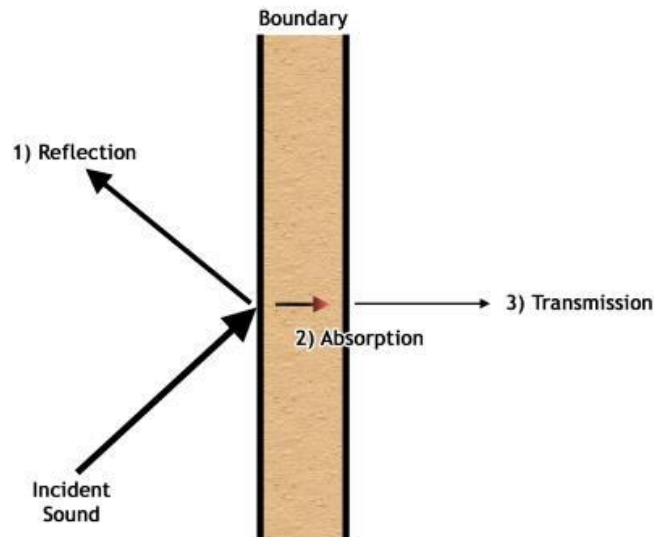
Βαθύς εξώστης - ΛΑΘΟΣ

Σχήμα Α.13: Απεικόνιση ηχητικής σκιάς κάτω από βαθύ εξώστη

A.7.7 Ηχοαπορρόφηση

Κατά την πρόσπτωση του ήχου σε κάποιο πέτασμα του χώρου, ένα ποσό της ενέργειάς του ανακλάται και ένα άλλο απορροφάται. Ηχοαπορρόφηση ονομάζεται το ποσοστό του ήχου το οποίο απορροφάται. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα εντός του υλικού

(ηχοαπορρόφηση) και το υπόλοιπο μεταδίδεται ως ηχητική ενέργεια στο μέσο, που υπάρχει πίσω από το πέτασμα (ηχομετάδοση).



Σχήμα A.14: Το φαινόμενο της ηχοαπορρόφησης

Για τον υπολογισμό της ηχοαπορρόφησης χρησιμοποιείται ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης «α», ο οποίος ορίζεται ως 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 0 έως 1, από την πλήρη ανάκλαση έως την πλήρη απορρόφηση του ήχου.

Επίσης ορίζεται ως ηχοαπορρόφηση επιφάνειας το γινόμενο του συντελεστή «α» επί το εμβαδό της επιφάνειας.

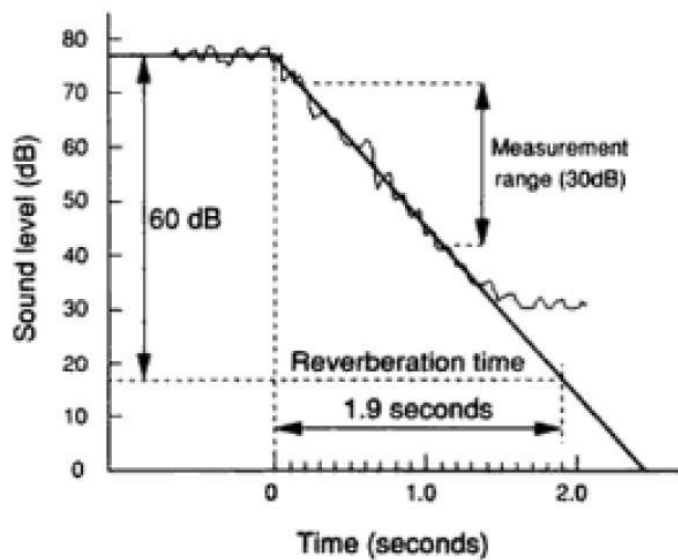
A.7.8.1 Αντήχηση και χρόνος αντήχησης (RT)

Αντήχηση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένας ήχος συνεχίζει να υπάρχει στον χώρο και να είναι ακουστός ακόμη και όταν ο μηχανισμός που τον δημιουργεί έχει πάψει να υφίσταται. Ο χρόνος αντήχησης (RT) είναι το μέγεθος του χρόνου που χρειάζεται για να επιτευχθεί μείωση της ηχητικής πίεσης, κατά 60 dB, μετά την παύση της, για κάθε συχνότητα και μετριέται σε sec.

Αντί της μέτρησης ή υπολογισμού του χρόνου αντήχησης, σύμφωνα με το βασικό ορισμό, συνήθως μετριέται ή υπολογίζεται στα διάφορα σημεία μιας αίθουσας το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μείωση της στάθμης από -5dB σε -35dB (μείωση κατά 30 dB) ή από -5 dB σε -20dB (μείωση κατά 15 dB) ή από 0 dB σε -10 dB (μείωση κατά 10 dB). Για την εύρεση του χρόνου αντήχησης τα αποτελέσματα της

πρώτης κατηγορίας μέτρησης διπλασιάζονται, της δεύτερης τετραπλασιάζονται και της τρίτης εξαπλασιάζονται. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα συμβολίζονται ως T30 T15 και EDT (από τα αρχικά του όρου Early Decay Time που μπορεί να αποδοθεί ως «αρχικώς» ή «πρώιμος» χρόνος αντήχησης). Η μείωση της στάθμης συναρτήσει του χρόνου δεν είναι ομαλή επομένως, γενικά, οι παράμετροι αυτές δεν έχουν τις ίδιες τιμές.

Για αίθουσες μουσικής ο χρόνος αντήχησης είναι συνήθως πάνω από 2 sec, ενώ ειδικά για αίθουσες «rock» μουσικής όπου επικρατούν μπάσα, πρέπει να είναι μικρότερος από 1.2 sec. Αντίθετα, σε χώρους ομιλίας ο χρόνος αντήχησης δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 sec.



Σχήμα Α.15: Σχηματική απεικόνιση της απόσβεσης του ήχου σε κλειστό χώρο

Ο Sabine καθόρισε πειραματικά την μεταβλητή αυτή ως:

$$RT = \frac{0.16 V}{\sum_i F_i \alpha_i + Vx}, \quad [s]$$

όπου:

RT: χρόνος αντήχησης [s]

V : όγκος του χώρου [m³]

F_i: επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου [m²]

α_i: συντελεστής ηχοαπορρόφησης του νιοστού υλικού [%] ή [Sab]

x: ηχοαπορρόφηση του αέρα ανά μονάδα όγκου [%] ή [Sab]

v: το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο

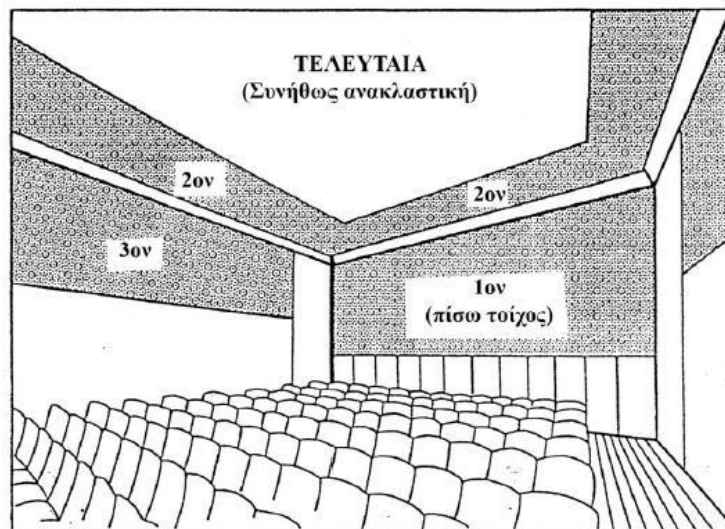
Απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύει ο παραπάνω τύπος είναι το διάχυτο ηχητικό πεδίο.

Με τη χρήση του συγκεκριμένου τύπου μπορούν να υπολογιστούν τα τετραγωνικά ηχοαπορρόφησης που απαιτούνται, εφόσον δίνεται ο χρόνος αντήχησης.

Ιδιαίτερη προσοχή κατά την χρήση αυτού του τύπου θα πρέπει να δοθεί σε χώρους με μεγάλη αναλογία ηχοαπορρόφησης (δηλαδή σε χώρους όπου χρησιμοποιείται ηχοαπορροφητικό δάπεδο και οροφή), καθώς και σε αίθουσες με μορφολογημένη οροφή που ανακλά σχεδόν το σύνολο του ήχου απευθείας στο ακροατήριο.

Τέλος, επισημαίνεται ότι κατά κανόνα ο πραγματικός χρόνος αντήχησης προκύπτει μικρότερος των υπολογισμών, κάτι μπορεί να αποδειχθεί ολέθριο για παράδειγμα σε αίθουσες συναυλιών.

Η επιλογή τοποθέτησης των ηχοαπορροφητικών υλικών σε μία αίθουσα καλό είναι να ακολουθεί τον κανόνα που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα A.16: Βέλτιστη τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών σε αίθουσα ομιλίας

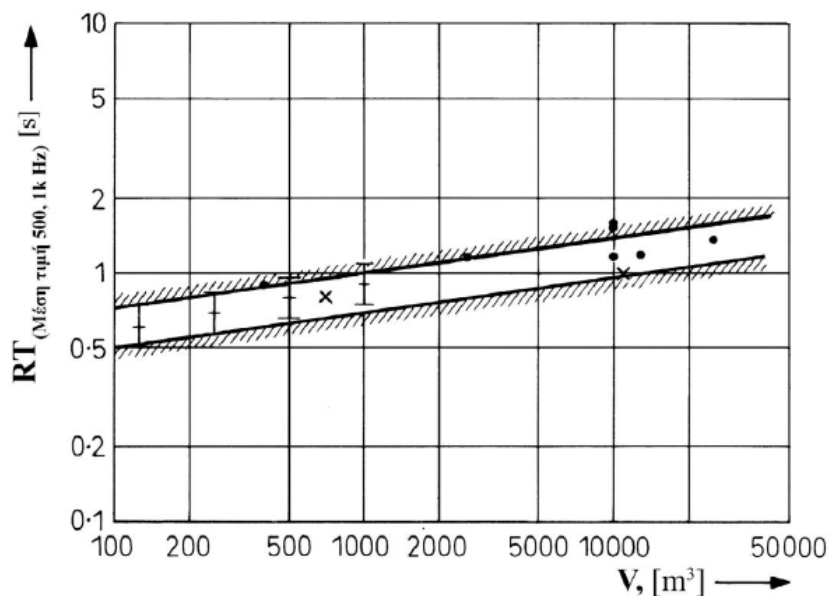
A.7.8.2 Χρόνος αντήχησης με ακροατήριο

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο χρόνος αντήχησης μετρείται χωρίς ακροατήριο χάριν ευκολίας και για τον υπολογισμό του με ακροατήριο πρέπει να

γίνει κατάλληλη τροποποίηση, έτσι ώστε να ληφθεί υπόψιν η ηχοαπορρόφηση του κοινού.

Μέσω του τύπου του χρόνου αντήχησης, μπορεί να υπολογιστεί η επιφάνεια των ηχοαπορροφητικών υλικών δεδομένου του όγκου της αίθουσας. Έπειτα, υπολογίζεται η πρόσθετη ηχοαπορρόφηση που προσφέρει το ακροατήριο) και προκύπτει εκ νέου η συνολική ηχοαπορροφητική επιφάνεια. Τέλος, μέσω της παραπάνω διαδικασίας καταλήγουμε στον χρόνο αντήχησης έχοντας λάβει υπόψιν την ύπαρξη ακροατηρίου.

Για τον υπολογισμό του επιθυμητού εύρους τιμών του χρόνου αντήχησης με ακροατήριο μπορεί να ληφθεί υπόψιν το παρακάτω διάγραμμα, όπου φαίνεται η ιδανική συσχέτιση όγκου και χρόνου αντήχησης.



Σχήμα A.16: Επιθυμητές τιμές του χρόνου αντήχησης (RT) για αίθουσες ακρόασης ομιλίας με ακροατήριο συναρτήσει του όγκου (V) του χώρου

Ένα ακόμα σημαντικό κριτήριο για να υπάρχει επιθυμητός χρόνος αντήχησης αφορά τον όγκο ανά άτομο της αίθουσας, συνιστώμενες τιμές του οποίου φαίνονται παρακάτω.

A.7.9 Ηχώ

Ένας ακροατής, που βρίσκεται σε έναν χώρο δέχεται διαδοχικά το απευθείας ηχητικό κύμα, καθώς και εκείνα που έρχονται από τις διάφορες ανακλάσεις σε

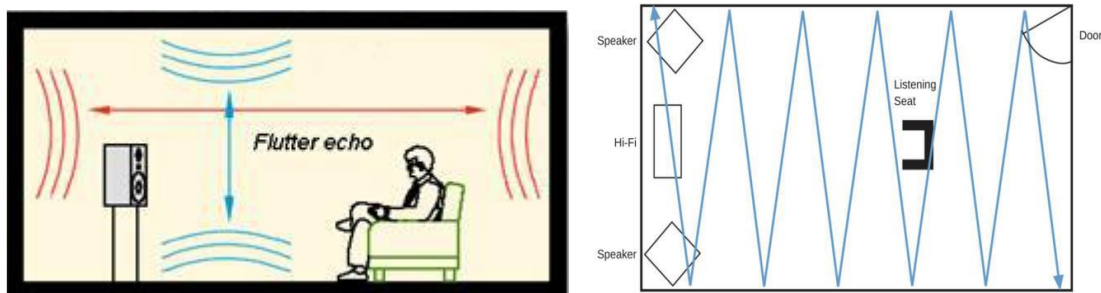
διαφορές χρόνου, που εξαρτώνται από τις διαφορές δρόμου των διαφόρων ηχητικών κυμάτων.

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

Για χρονικές διαφορές μικρότερες από 0,035s, που αντιστοιχούν σε διαφορές πορείας 12 m δε δημιουργείται ηχώ. Στην περίπτωση αυτή, τα ανακλώμενα κύματα ενεργούν προσθετικά, αυξάνοντας την ακουστική εντύπωση. Για χρονικές διαφορές μεταξύ 0.035s και 0.05s δημιουργείται ένα φαινόμενο, που πλησιάζει τόσο περισσότερο προς την ηχώ, όσο οι διαφορές πλησιάζουν προς το μεγαλύτερο όριο. Τέλος, για χρονικές διαφορές μεγαλύτερες από 0,05s για ήχους μικρής διάρκειας ή από 0,01s για ήχους μεγαλύτερης διάρκειας (που αντιστοιχούν σε διαφορές δρόμου περίπου 14 m και 34m) εμφανίζεται η ηχώ. Ως στοιχείο συγκρίσεως αναφέρεται ότι μια μέση συλλαβή διαρκεί 0,1 s και το διάστημα μεταξύ δύο λέξεων είναι 0,2 s περίπου.

A.7.10 Πλαταγισμός (Flutter echo)

Ο πλαταγισμός είναι το αποτέλεσμα μίας σχετικά έντονης επαναλαμβανόμενης ανάκλασης που δημιουργείται μεταξύ παράλληλων ανακλαστικών επιφανειών, υπό την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου είναι ηχοαπορροφητικές. Ο πλαταγισμός συνήθως συνοδεύεται από κάποια χρωματική αλλοίωση του ήχου, διότι κάποιες συχνότητες του αντιστοιχούν σε στάσιμα κύματα (συχνότητες συντονισμού) του χώρου.



Σχήμα A.17: Σχηματική απεικόνιση ανάπτυξης πλαταγισμού (SRL, 1976)

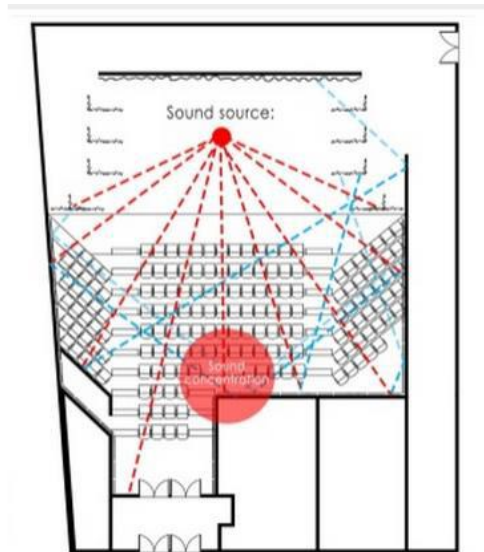
Ορισμένοι τρόποι σχεδιασμού αποφυγής πλαταγισμού είναι οι εξής :

- Αποφυγή παραλληλίας μεταξύ αντικρουστών παρειών του χώρου.

- Χρήση ηχοαπορροφητικής επένδυσης σε μία τουλάχιστον επιφάνεια ανά ζεύγος παραλλήλων παρειών του χώρου.
- Χρήση μορφολογικών στοιχείων σε μία τουλάχιστον επιφάνεια ανά ζεύγος παραλλήλων παρειών του χώρου.

A.7.11 Εστιασμός του ήχου

Οι ανακλάσεις μίας σημειακής πηγής σε κοίλες επιφάνειες δημιουργούν φαινόμενα εστιασμού. Τα φαινόμενα αυτά είναι ανεπιθύμητα, επειδή δημιουργούν μεγάλη ανομοιομορφία της ηχητικής ισχύος σε μια περιορισμένη ζώνη.



Σχήμα A.18: Φαινόμενο εστιασμού (SRL, 1976)

Τεχνικές αποφυγής εστιασμού είναι οι εξής :

- Αποφυγή κοίλων επιφανειών.
- Χρήση στοιχείων διάχυσης στις κοίλες επιφάνειες.
- Χρήση αναρτημένων στοιχείων που αποτρέπουν τον εστιασμό του ήχου στην κοίλη οροφή.
- Χρήση ηχοαπορροφητικής επένδυσης σε κοίλες επιφάνειες.
- Τα εστιακά σημεία της κοίλης επιφάνειας να επιλέγονται εκτός του επιπέδου ακρόασης.

A.7.12 Στάθμη θορύβου σε χώρους ομιλίας

Ο έλεγχος του θορύβου είναι πρωταρχικής σημασίας στόχος στον ακουστικό σχεδιασμό χώρων ομιλίας. Για ομιλία σε κλειστούς χώρους, σχετικά χαμηλού χρόνου αντήχησης (<1 sec), με απόσταση μεταξύ ομιλητή και ακροατή περίπου ενός μέτρου, και εφόσον η στάθμη θορύβου είναι μέχρι 35 dBA, η κατανόηση ομιλίας είναι απόλυτα ικανοποιητική. Εάν η στάθμη του θορύβου της τάξεως των 45 dBA, τότε η κατανόηση της ομιλίας είναι αρκετά ικανοποιητική. Με μεγάλη προσπάθεια του ομιλητή και εάν ο θόρυβος δεν έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, είναι δυνατή κάποια κατανόηση της ομιλίας με θόρυβο μέχρι 65 dBA. Τα όρια αυτά πρέπει να μειωθούν στην περίπτωση κατά την οποία ο ακροατής έχει προβλήματα ακοής, ή μεγάλη ηλικία.

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). Γενικά, προτείνεται η στάθμη της φωνής να είναι τουλάχιστον κατά 10 dBA μεγαλύτερη εκείνης του θορύβου .

Γίνεται διάκριση σε τρεις κατηγορίες της στάθμης ηχητικής πίεσης σε ένα χώρο με συγκεκριμένη χρήση:

1. Η επιθυμητή στάθμη (ανώτατο όριο), η οποία καθορίζεται από τα κριτήρια ποιότητας και άνεσης ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται.
2. Η στάθμη, η οποία στατιστικά αναμένεται να υπάρξει στο χώρο αυτό.
3. Η στάθμη, η οποία μετριέται σε ένα χώρο σε δεδομένη στιγμή και με συγκεκριμένες συνθήκες.

Επειδή η στάθμη ηχητικής πίεσης δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, είναι απαραίτητη η γνώση της στατιστικής κατανομής της στάθμης κατά τη διάρκεια του διαστήματος που θέλουμε να εξετάσουμε. Το διάστημα αυτό μπορεί να είναι, ένα λεπτό, μια ώρα, οχτώ ώρες, διάρκεια νύχτας, διάρκεια ημέρας, κλπ.

Ένα μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται συχνά είναι η ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης και είναι η μέση τετραγωνική τιμή για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού είναι εξαιρετικά δυσχερές. Όμως υπάρχουν εύχρηστα όργανα, τα οποία μετρούν απευθείας το LA_{eq} κατά το διάστημα μέτρησης. Το μέγεθος αυτό μπορεί να οριστεί και μετρηθεί είτε σε ζώνες συχνοτήτων είτε συνολικά σε dBA.

Η ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης είναι ένα μέγεθος το οποίο δίνει μια σαφή εικόνα για τη μέση, μετριέται εύκολα και με απλές, σχετικά χαμηλού κόστους συσκευές.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΣΗΜΕΙΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

B.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ (Factor Analysis)

B.1.1 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:

1. 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.
2. Να δημιουργήσουμε νέες μεταβλητές, τους παράγοντες, στις οποίες μπορούμε με έναν υποκειμενικό τρόπο να αναγνωρίσουμε ως κάποιες μη μετρήσιμες μεταβλητές, όπως είναι η αντίληψη του ήχου από τον ακροατή.
3. Να εξηγήσουμε τις συσχετίσεις που υπάρχουν στα δεδομένα, οι 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 $j=1 \dots n$ 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

$$i=1 \dots m$$

$d_j : \gamma$

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.

B.1.2 ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Υπάρχει ποικιλία μεθόδων για την επίλυση μοντέλων μέσω της ανάλυσης κατά παράγοντες. Αυτές οι μέθοδοι έχουν σκοπό να διαμορφώσουν αυτό που στο εξής θα αποκαλείται αρχικός πίνακας παραγόντων. Το κοινό στοιχείο όλων των μεθόδων ανάλυσης κατά παράγοντες, είναι ότι ο πρώτος παράγοντας που εξάγεται τείνει να είναι ένας γενικός παράγοντας, διότι σχεδόν κάθε μεταβλητή παρουσιάζει σημαντική φόρτιση στο πρώτο παράγοντα.

Αφού εξαχθεί ο αρχικός πίνακας παραγόντων είναι εφικτό να αποφασίσει κανείς τον αριθμό των παραγόντων που θα διατηρηθούν. Δεν υφίσταται κάποιο απόλυτο κριτήριο για αυτή την επιλογή. Η ανάλυση μπορεί να τερματιστεί όταν ο αριθμός των παραγόντων που έχουν επιλεγεί μπορεί να ερμηνεύσει ένα σημαντικά υψηλό ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων.

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

Ένα ακόμη κριτήριο 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.

B.1.3 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.

B.1.4 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 δείγματος	του	Επίπεδο σημαντικότητας 5%	Επίπεδο σημαντικότητας 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.

B.2 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 διακύμανσή 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 :

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

και ειδικότερα

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

Ένα μοντέλο που θα περιγράψει καλύτερα τα δεδομένα είναι :

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

Όπου : $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$

τ_i = το ποσό που επιδρά το i επίπεδο στο μοντέλο

μ = σταθερό

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

Έτσι προχωράμε στον έλεγχο της υπόθεσης :

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

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

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

$$SST = SStr + SSe$$

Η ποσότητα SSe (άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων) μετρά την συνολική μεταβλητότητα εντός του δείγματος.

Η ποσότητα $SStr$ (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 : $\alpha - 1$
- Διασπορά υπολοίπων : $\alpha(n-1) = \alpha n - \alpha = N - \alpha$

- Οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας είναι $an-1$ (οι βαθμοί ελευθερίας έχουν προσθετική ιδιότητα)

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

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

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

B.3 Απλή γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Linear Regression Analysis)

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Η ανάλυση (απλής) παλινδρόμησης είναι μια στατιστική μεθοδολογία η οποία απεικονίζει ουσιαστικά την σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών έτσι ώστε η μια μεταβλητή να μπορεί να προβλεφθεί από την άλλη.

Χρησιμοποιείται πλέον ευρέως σαν μεθοδολογία σε τομείς όπως κοινωνικές επιστήμες, βιολογία, οικονομικά αλλά και στην διοίκηση επιχειρήσεων (για προβλέψεις τιμών, πωλήσεων κλπ.).

Ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής της μεθοδολογίας είναι:

Η διερεύνηση της σχέσης πωλήσεων και διαφημιστικής δαπάνης (και πρόβλεψη πωλήσεων), η διερεύνηση ύψους και βάρους, εισοδήματος και κατανάλωσης κλπ.

Το πρώτο βήμα για να πραγματοποιηθεί η μελέτη αυτή είναι η κατασκευή μιας μαθηματικής εξίσωσης (μοντέλου) που να περιγράφει την σχέση μεταξύ των 2 υπό εξέταση μεταβλητών. Εδώ θα μελετήσουμε την απλούστερη περίπτωση (που όμως έχει μεγάλη εφαρμογή και χρησιμοποιείται ευρέως σε πραγματικά προβλήματα) της απλής γραμμικής σχέσης μεταξύ των 2 υπό εξέταση μεταβλητών.

Μοντέλο Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης

Στη περίπτωση αυτή έχουμε μια εξαρτημένη μεταβλητή (Y) και μια ανεξάρτητη μεταβλητή X (predictor variable) μέσω της οποίας υπολογίζονται οι τιμές της Y και η εξίσωση(παλινδρόμησης) η οποία τις συνδέει είναι γραμμική.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

όπου

Y_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην i παρατήρηση της X μεταβλητής.

β_0, β_1 παράμετροι

X_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην i παρατήρηση

e_i είναι το τυχαίο σφάλμα και ισχύει $E(e_i) = 0$ και $\sigma^2(e_i) = \sigma^2$. Επίσης τα σφάλματα θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα, δηλαδή ισχύει $\sigma(e_i, e_j) = 0$, για κάθε

Οι ακριβείς τιμές της Y διαφέρουν από τις αναμενόμενες κατά ένα «ανεξήγητο» τυχαίο σφάλμα: $Y_i = E[Y_i] + e_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$

Υποθέσεις της απλής γραμμικής παλινδρόμησης

Η σχέση ανάμεσα στα X και Y μοιάζει με μία ευθεία.

Οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής X θεωρούνται γνωστές (όχι τυχαίες); η μοναδική τυχειότητα στις τιμές της Y εμφανίζεται από την ύπαρξη του σφάλματος e_i .

Τα σφάλματα e_i κατανέμονται κανονικά με μέσο 0 και διακύμανση σ^2 . Τα σφάλματα διαδοχικών παρατηρήσεων είναι ασυσχέτιστα (δεν αλληλεξαρτώνται).

Άρα: $e \sim N(0, \sigma^2)$

Χαρακτηριστικά Μοντέλου Παλινδρόμησης

Η εξαρτημένη μεταβλητή Y_i αποτελείται από 2 μέρη. Από το σταθερό όρο (ντετερμινιστικό) $\beta_0 + \beta_1 X_i$ και από τον τυχαίο όρο e_i . Επομένως η εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι μια τυχαία μεταβλητή.

Από την στιγμή που ισχύει ότι $E(e_i) = 0$, ισχύει ότι $E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$. Η μεταβλητή Y_i απέχει από την προβλεπόμενη τιμή μέσω της εξίσωσης παλινδρόμησης εξαιτίας του τυχαίου όρου e_i .

Ισχύει ότι $\sigma^2(Y_i) = \sigma^2(\beta_0 + \beta_1 X_i + e_i) = \sigma^2(e_i) = \sigma^2$

τα τυχαία σφάλματα e_i θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα.

Ερμηνεία παραμέτρων παλινδρόμησης

β_0 : Είναι ουσιαστικά το σημείο τομής της ευθείας (εξίσωσης) παλινδρόμησης με τον άξονα των Y . Δίνει ουσιαστικά το μέσο της συνάρτησης πιθανότητας στο $X=0$. Όταν η τιμή $X=0$ δεν παίζει κάποιο ρόλο στο μοντέλο, δεν έχει η παράμετρος κάποιο συγκεκριμένο νόημα.

β_1 : Είναι η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης και σημαίνει αλλαγή στην μέση τιμή της συνάρτησης πιθανότητας του Y ανά μονάδα αύξησης του X .

Παράδειγμα

Έχουμε για 10 χρόνια δεδομένα για εισόδημα και κατανάλωση μιας οικογένειας και θέλουμε να εκτιμήσουμε το γραμμικό μοντέλο το οποίο συνδέει το εισόδημα και την κατανάλωση.

$$Income(Y) = \alpha + \beta * consumption(X) + \epsilon$$

'Εισόδημα' 'Κατανάλωση'

15478	11214
14574	10321
21456	14587
18541	15624
19213	15420
22147	15641
20011	13548
19654	11110
21547	12584
17412	9852

Διαμορφώνουμε τα δεδομένα και δημιουργούμε στο R το γραμμικό μοντέλο το οποίο συνδέει εισόδημα και κατανάλωση.

Εκτιμήθηκαν οι εκτιμητές του μοντέλου με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

$$\hat{\alpha} = 9816.5516 \quad \hat{\beta} = 0.7072$$

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2541.7	-2079.1	620.6	1309.8	2830.9

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	9816.5516	4057.3107	2.419	0.0419 *
consumption	0.7072	0.3081	2.295	0.0508 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2102 on 8 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3971, Adjusted R-squared: 0.3217

F-statistic: 5.268 on 1 and 8 DF, p-value: 0.05084

Παρατηρούμε ένα $R^2 = 0.3971$ το οποίο είναι ένδειξη για την έλλειψη γραμμικότητας της σχέσης εισοδήματος και κατανάλωσης (μόλις το 39,71% της διακύμανσης του εισοδήματος εξηγείται από την κατανάλωση). Καμία από τις 2 παραμέτρους δεν φαίνεται να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το μηδέν όπως φαίνεται με τους t ελέγχους. Επίσης, με τον έλεγχο F φαίνεται ότι η υπόθεση ότι οι συντελεστές μπορούν να μηδενίζονται ταυτόχρονα δεν απορρίπτεται. Επομένως το μοντέλο δεν φαίνεται σε καμία περίπτωση κατάλληλο για συμπερασματολογία και προβλέψεις.

Γραμμική Παλινδρόμηση

Με την ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) εξετάζουμε τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με σκοπό την πρόβλεψη των τιμών της μιας, μέσω των τιμών της άλλης (ή των άλλων). Σε κάθε πρόβλημα παλινδρόμησης διακρίνουμε δύο είδη μεταβλητών: τις ανεξάρτητες ή ελεγχόμενες ή επεξηγηματικές

(independent, predictor, casual, input, explanatory variables) και τις εξαρτημένες ή απόκρισης (dependent, response variables). Σε πειραματικές έρευνες, ανεξάρτητη μεταβλητή X είναι εκείνη την οποία μπορούμε να ελέγξουμε, δηλαδή, να καθορίσουμε τις τιμές της (π.χ. το ύψος της διαφημιστικής δαπάνης ενός προϊόντος, ο αριθμός των λειτουργούντων ταμείων σε ένα υποκατάστημα τραπεζής, η ποσότητα λιπάσματος, η θερμοκρασία επεξεργασίας ενός προϊόντος). Εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι εκείνη στην οποία αντανακλάται το αποτέλεσμα των μεταβολών στις ανεξάρτητες μεταβλητές (π.χ. η ζήτηση ενός προϊόντος, ο χρόνος αναμονής των πελατών ενός υποκαταστήματος τραπεζής, η απόδοση μιας καλλιέργειας, η αντοχή ενός υλικού). Σε μη πειραματικές έρευνες (δειγματοληψίες) η διάκριση μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών δεν είναι πάντοτε σαφής γιατί καμία μεταβλητή δεν είναι ελεγχόμενη αλλά όλες είναι τυχαίες (π.χ. το ύψος και το βάρος των φοιτητών, οι ώρες μελέτης των φοιτητών ενός πανεπιστημιακού τμήματος και η απόδοση τους σε ένα τεστ, οι εβδομάδες εμπειρίας ενός εργατή σε μια επιχείρηση και ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων που παράγει, η κατάταξη δέκα προϊόντων από έναν κριτή και η κατάταξη των ιδίων προϊόντων από έναν άλλο κριτή, ο αριθμός των πωλήσεων μουσικών CD σε μια περιοχή και ο αριθμός των νέων στην ίδια περιοχή). Ας θεωρήσουμε δύο μεταβλητές X, Y . Αν οι μεταβλητές αυτές συνδέονται με μια σχέση της μορφής $Y = f(X)$ μέσω της οποίας για κάθε τιμή της X μπορούμε να προβλέψουμε ακριβώς την τιμή της Y , δηλαδή, αν οι τιμές της Y δεν υπόκεινται σε σφάλματα, τότε λέμε ότι οι δύο μεταβλητές συνδέονται με τη συναρτησιακή-προσδιοριστική (deterministic) σχέση $Y = f(X)$. Για παράδειγμα, το ρεύμα που καταναλώνει μια οικογένεια σε ένα δίμηνο και το ποσό που πληρώνει για την κατανάλωση αυτή συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Επίσης, το ποσό που καταθέτει κάποιος στο Ταμειυτήριο και ο τόκος που παίρνει για το ποσό αυτό, συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα σημεία του διαγράμματος διασποράς βρίσκονται όλα πάνω στην καμπύλη που έχει εξίσωση $Y = f(X)$ και όσες φορές και αν επαναλάβουμε το πείραμα θέτοντας το X στο ίδιο επίπεδο $X = x$, θα παίρνουμε πάντα την ίδια τιμή για το Y .

Για παράδειγμα, η εξίσωση $Y = (X - 4)^2 + 1$ (που παριστάνει μια παραβολή) περιγράφει προσδιοριστικά τη σχέση μεταξύ των X και Y του παρακάτω πίνακα:

$x_i \ y_i$

1 10

2 5

3 2

4 1

5 2

6 5

7 10

Οι μη προσδιοριστικές σχέσεις μεταξύ μεταβλητών ονομάζονται στοχαστικές - στατιστικές (stochastic, probabilistic) σχέσεις. Στην περίπτωση αυτή, αν επαναλάβουμε το πείραμα πολλές φορές θέτοντας το X στο ίδιο επίπεδο $X = x_i$ τότε στην τιμή x_i της X δεν αντιστοιχεί μια μόνο τιμή y της Y αλλά, γενικά, αντιστοιχεί ένα πλήθος διαφορετικών τιμών της Y . Για παράδειγμα, αν X είναι η τιμή ενός προϊόντος και Y είναι η ζήτησή του, η Y βρίσκεται σε στοχαστική σχέση-εξάρτηση από τη X , γιατί η ζήτηση ενός προϊόντος επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως είναι το ύψος του εισοδήματος των καταναλωτών, οι τιμές ομοειδών προϊόντων, οι καταναλωτικές συνήθειες, κ.ά.

Γενικά, δύο μεταβλητές που συνδέονται είτε με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση είτε με στοχαστική σχέση λέγονται «εξαρτημένες». Αν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ δύο μεταβλητών, τότε μπορούμε τη μια από αυτές να τη χαρακτηρίσουμε ως «αιτία» και την άλλη ως «αποτέλεσμα». Αυτό όμως, μόνο στην περίπτωση που η εξάρτηση οφείλεται σε σχέση αιτιότητας των δύο μεταβλητών και όχι σε μια απλή συμμεταβολή η οποία μπορεί να οφείλεται σε εξάρτηση των δύο μεταβλητών από μια τρίτη μεταβλητή. Αν, για παράδειγμα, X είναι το ετήσιο εισόδημα μιας οικογένειας και Y, Z είναι τα ποσά που ξοδεύει η οικογένεια αυτή σε ένα έτος για κρέας και για αγορά λογοτεχνικών βιβλίων, τότε: αν διαπιστώσουμε σε ένα σύνολο οικογενειών σχέση μεταξύ των X και Y (ή μεταξύ των X και Z) δεχόμαστε ότι υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των δύο μεταβλητών και τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη X ως «αιτία» και την Y (ή τη Z) ως «αποτέλεσμα». Αν όμως διαπιστωθεί σχέση μεταξύ των Y και Z (που είναι πολύ πιθανό, αφού και οι δύο μεταβάλλονται με το ετήσιο εισόδημα X) ασφαλώς θα πρόκειται για «νόθα» εξάρτηση.

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Αν το διάγραμμα διασποράς δύο μεταβλητών X και Y έχει μορφή επιμήκους κεκλιμένης έλλειψης ή πλατυσμένου J , η σχέση των X και Y είναι κατά προσέγγιση γραμμική. Στην περίπτωση αυτή έχουμε την απλούστερη μορφή παλινδρόμησης, την **απλή γραμμική παλινδρόμηση** όπου υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή X και

η εξαρτημένη μεταβλητή Y μπορεί να προσεγγισθεί ικανοποιητικά από μια γραμμική συνάρτηση του X .

Η γραμμική σχέση $Y = \alpha + \beta \cdot X$ δε μπορεί, ασφαλώς, να περιγράψει τη γραμμική στοχαστική εξάρτηση των μεταβλητών X και Y αφού αν, για παράδειγμα, X είναι η τιμή ενός προϊόντος και Y είναι η ζήτηση του προϊόντος αυτού, και διατηρήσουμε τη X στο ίδιο επίπεδο $X = x_1$ τότε οι αντίστοιχες τιμές του Y θα είναι φυσικά διαφορετικές στις διάφορες επαναλήψεις. Επίσης, αν X είναι η ποσότητα λιπάσματος και Y είναι η απόδοση μιας καλλιέργειας, και διατηρήσουμε τη X στο ίδιο επίπεδο $X = x_1$ τότε οι αντίστοιχες τιμές του Y θα είναι φυσικά διαφορετικές στις διάφορες επαναλήψεις αφού παράγοντες όπως, η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, η ποιότητα του εδάφους, θα επηρεάζουν, επίσης, την παραγωγή. Επιπλέον, συμβαίνει να παρατηρούνται και σφάλματα μέτρησης των τιμών της Y (λόγω οργάνων ή ελλιπούς πληροφόρησης). Έτσι, για $X = x_2$ το αντίστοιχο Y_1 είναι μια τυχαία μεταβλητή Y που ακολουθεί κάποια κατανομή. Ομοίως, για $X = x_2$ θα έχουμε κάποια άλλη κατανομή Y_2 κ.ο.κ.

Επομένως, στην εξίσωση $Y = \alpha + \beta \cdot X$, πρέπει να προσθέσουμε έναν ακόμη όρο ϵ ο οποίος, για δεδομένη τιμή της X , να περιγράφει τη διαφορά της παρατηρούμενης από τη θεωρητική $(\alpha + \beta \cdot X)$ τιμή της Y . Δηλαδή, $\epsilon = Y - (\alpha + \beta \cdot X)$. Προκύπτει, επομένως, το στοχαστικό μοντέλο $Y = \alpha + \beta \cdot X + \epsilon$.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

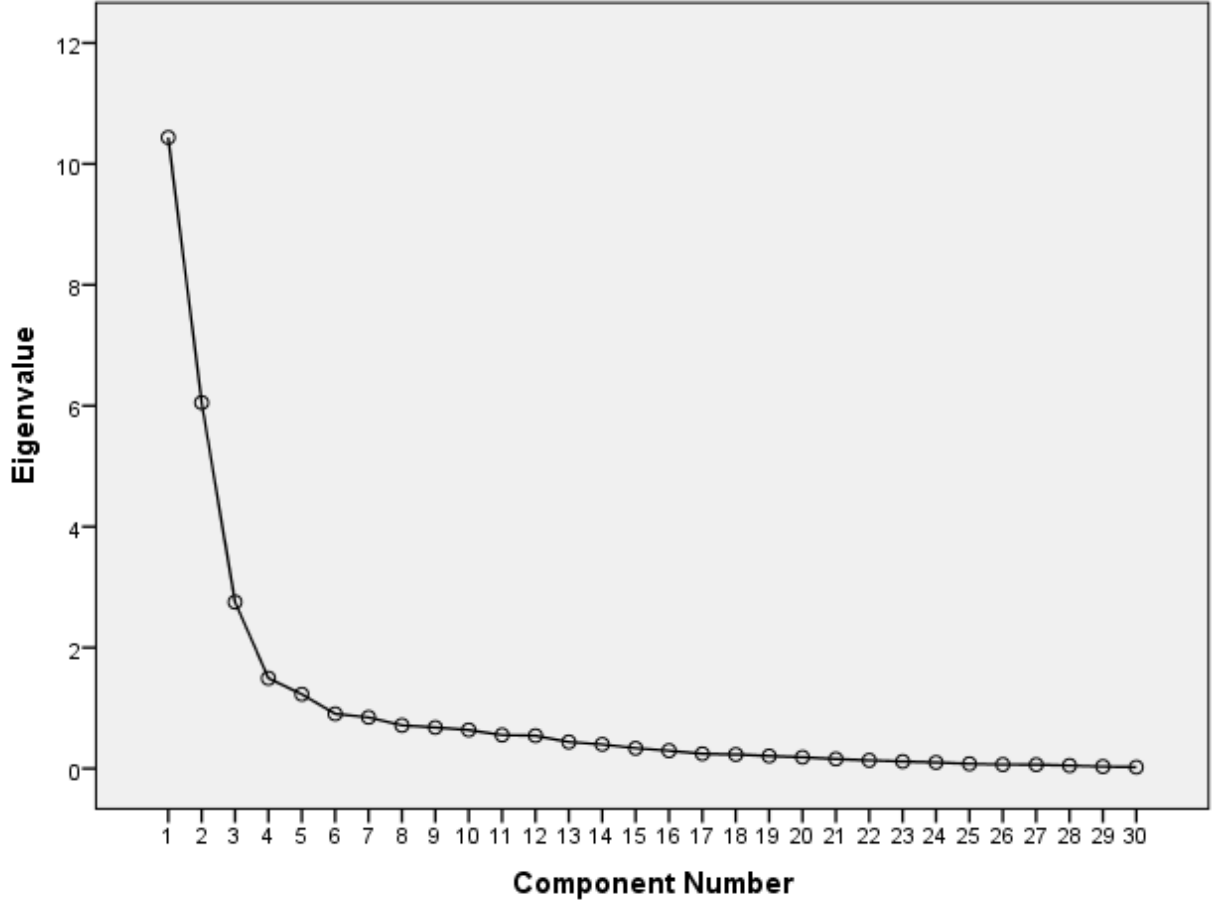
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SPSS

1. Αμφιθέατρο «Theo Angelopoulos»

Factor analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	10.437	34.791	34.791	10.437	34.791	34.791	9.070	30.233	30.233
2	6.052	20.172	54.963	6.052	20.172	54.963	5.917	19.723	49.956
3	2.753	9.176	64.139	2.753	9.176	64.139	4.255	14.183	64.139
4	1.494	4.979	69.118						
5	1.229	4.097	73.215						
6	.904	3.013	76.229						
7	.846	2.819	79.048						
8	.714	2.380	81.427						
9	.680	2.265	83.693						
10	.638	2.126	85.819						
11	.553	1.844	87.663						
12	.543	1.810	89.473						
13	.438	1.461	90.934						
14	.399	1.329	92.263						
15	.335	1.118	93.381						
16	.296	.986	94.368						
17	.243	.811	95.178						
18	.233	.777	95.955						
19	.206	.687	96.641						
20	.187	.623	97.264						
21	.157	.522	97.786						
22	.136	.453	98.239						
23	.116	.385	98.624						
24	.102	.339	98.963						
25	.079	.262	99.225						
26	.066	.221	99.445						
27	.062	.208	99.653						
28	.049	.164	99.817						
29	.033	.111	99.927						
30	.022	.073	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a				Rotated Component Matrix ^a			
	Component				Component		
	1	2	3		1	2	3
v30	.908	-.063	.095	v22	.917	.038	-.026
v16	.844	.016	-.076	v20	.894	.077	-.184
v21	.841	.056	-.152	v25	.875	-.087	.033
v2	.834	-.118	-.102	v10	.860	.035	-.055
v22	.817	.009	-.417	v21	.825	.024	.229
v25	.814	-.098	-.320	v23	.823	-.029	.119
v18	.810	-.171	.316	v2	.802	-.156	.229
v23	.798	-.020	-.235	v16	.797	-.033	.287
v19	.781	.098	.166	v30	.785	-.151	.446
v4	.769	.060	-.144	v4	.756	.031	.207
v6	.757	-.052	.045	v6	.669	-.119	.342
v10	.754	.001	-.419	v19	.636	-.002	.493
v20	.728	.010	-.556	v18	.605	-.298	.575
v1	.678	.144	.320	v8	.501	-.165	.496
v8	.673	-.057	.261	v29	-.012	.867	-.204
v14	.605	.134	.355	v26	.084	.843	-.200
v13	.551	.284	.179	v12	-.030	.841	-.013
v27	-.005	.824	-.069	v27	.004	.817	.129
v12	-.097	.816	-.184	v24	-.032	.803	-.046
v29	-.162	.796	-.366	v15	-.115	.715	.382
v15	-.001	.787	.226	v28	.008	.696	.260
v26	-.072	.771	-.398	v7	.027	.655	.221
v24	-.110	.771	-.204	v9	-.167	.646	.416
v28	.062	.737	.071	v5	-.068	.502	-.051
v9	-.028	.728	.294	v17	.078	-.006	.799
v7	.066	.688	.039	v11	.111	.169	.648
v5	-.122	.478	-.127	v1	.476	.017	.597
v17	.403	.178	.672	v14	.396	.006	.594
v11	.357	.312	.486	v3	.013	.280	.571
v3	.228	.405	.435	v13	.417	.194	.452

Component Transformation Matrix			
nt	1	2	3
1	.907	-.077	.415
2	-.024	.972	.232
3	-.421	-.221	.880

One Way Anova

Descriptives									
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
REGR factor score 1 for analysis 3	1	6	-1.4413654	1.80790164	.73807275	-3.3386418	.4559110	-3.37177	.87012
	2	7	.1251891	.85471790	.32305300	-.6652931	.9156713	-1.57954	1.01261
	3	7	.1932091	.22933993	.08668235	-.0188949	.4053132	-.15037	.53882
	4	8	.1964936	.94757526	.33501845	-.5956992	.9886863	-1.80401	1.66842
	5	3	-.0211167	.72093119	.41622982	-1.8120090	1.7697757	-.82629	.56454
	6	5	.4040176	.50334213	.22510145	-.2209642	1.0289994	-.19694	1.14692
	7	9	.3599923	.46259614	.15419871	.0044094	.7155752	-.63913	.80941
	8	6	-.0582021	.86708813	.35398725	-.9681552	.8517511	-1.43397	.79026
	Total	51	.0000000	1.00000000	.14002801	-.2812545	.2812545	-3.37177	1.66842
REGR factor score 2 for analysis 3	1	6	-1.0818568	.90604714	.36989219	-2.0326950	-.1310187	-1.68259	.72326
	2	7	.0335300	.57905471	.21886211	-.5020063	.5690663	-.69303	.86227
	3	7	-.2256801	.63909457	.24155504	-.8167440	.3653838	-.87497	1.11938
	4	8	.2709931	1.86768537	.66032649	-1.2904309	1.8324172	-1.49031	3.25682
	5	3	.1958092	.76934999	.44418442	-1.7153621	2.1069806	-.61982	.90852
	6	5	-.0747229	.54707810	.24466076	-.7540101	.6045643	-.79857	.64074
	7	9	.2119153	.49622845	.16540948	-.1695196	.5933503	-.46862	1.04547
	8	6	.5911992	.63963584	.26113024	-.0800574	1.2624559	-.25601	1.26286
	Total	51	.0000000	1.00000000	.14002801	-.2812545	.2812545	-1.68259	3.25682
REGR factor score 3 for analysis 3	1	6	-.2125362	1.40952250	.57543515	-1.6917393	1.2666670	-1.67989	1.78879
	2	7	.1444758	1.56989417	.59336422	-1.3074341	1.5963858	-1.22459	3.14979
	3	7	.4979847	.76765565	.29014656	-.2119784	1.2079477	-.66656	1.55788
	4	8	.2304914	.69663720	.24629844	-.3519119	.8128947	-.59923	1.21595
	5	3	.5929618	.25226785	.14564691	-.0337063	1.2196299	.34998	.85359
	6	5	-.1203146	.91173719	.40774127	-1.2523858	1.0117567	-1.39299	.86571
	7	9	-.5419991	.86110072	.28703357	-1.2038997	.1199015	-1.47064	1.03996
	8	6	-.2275430	.67850608	.27699895	-.9395915	.4845054	-.76306	1.07988
	Total	51	.0000000	1.00000000	.14002801	-.2812545	.2812545	-1.67989	3.14979

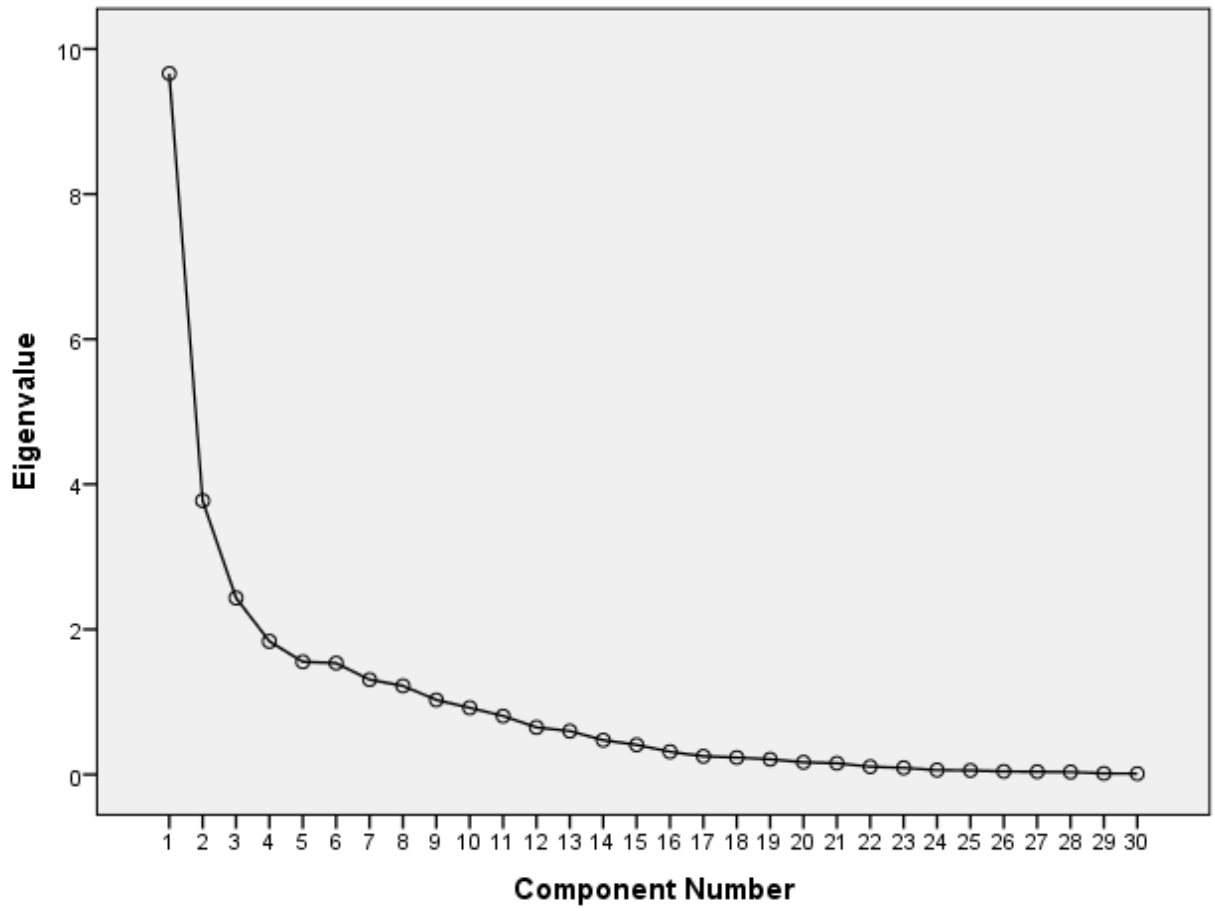
ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 3	Between Groups	15.149	7	2.164	2.670	.022
	Within Groups	34.851	43	.810		
	Total	50.000	50			
REGR factor score 2 for analysis 3	Between Groups	10.619	7	1.517	1.656	.146
	Within Groups	39.381	43	.916		
	Total	50.000	50			
REGR factor score 3 for analysis 3	Between Groups	6.660	7	.951	.944	.483
	Within Groups	43.340	43	1.008		
	Total	50.000	50			

2. Αμφιθέατρο 18

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.662	32.207	32.207	9.662	32.207	32.207	8.346	27.818	27.818
2	3.774	12.581	44.788	3.774	12.581	44.788	5.091	16.969	44.788
3	2.433	8.111	52.899						
4	1.836	6.119	59.019						
5	1.553	5.177	64.196						
6	1.536	5.119	69.314						
7	1.308	4.360	73.675						
8	1.221	4.071	77.746						
9	1.028	3.425	81.171						
10	.920	3.066	84.237						
11	.806	2.685	86.922						
12	.649	2.163	89.086						
13	.598	1.994	91.080						
14	.474	1.579	92.658						
15	.409	1.363	94.022						
16	.315	1.049	95.071						
17	.252	.839	95.910						
18	.234	.780	96.690						
19	.210	.699	97.388						
20	.169	.563	97.951						
21	.155	.517	98.468						
22	.107	.357	98.825						
23	.092	.307	99.132						
24	.061	.205	99.337						
25	.057	.191	99.528						
26	.043	.142	99.670						
27	.038	.127	99.798						
28	.034	.114	99.911						
29	.015	.049	99.960						
30	.012	.040	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a		
	Component			Component	
	1	2		1	2
VAR25	.851	.199	VAR28	-.792	.115
VAR15	-.762	.161	VAR15	-.748	-.218
VAR26	-.758	.041	VAR10	.745	.146
VAR04	.727	.020	VAR21	.728	-.078
VAR10	.726	-.224	VAR26	-.687	-.322
VAR29	-.719	-.448	VAR27	-.663	-.012
VAR20	.716	.069	VAR25	.656	.578
VAR18	.703	.109	VAR23	.640	-.108
VAR22	.679	.093	VAR04	.631	.361
VAR30	.658	.106	VAR05	-.620	-.172
VAR06	.650	.434	VAR07	-.601	.038
VAR28	-.644	.476	VAR20	.598	.400
VAR05	-.628	.142	VAR18	.567	.428
VAR02	.622	.049	VAR22	.555	.403
VAR21	.605	-.413	VAR11	-.545	.256
VAR27	-.590	.303	VAR01	.537	.231
VAR01	.582	-.050	VAR30	.530	.404
VAR23	.513	-.398	VAR02	.525	.337
VAR07	-.512	.318	VAR17	-.509	.176
VAR09	-.449	.085	VAR09	-.436	-.138
VAR03	-.351	-.284	VAR14	-.379	.194
VAR16	.356	.743	VAR16	-.038	.823
VAR12	-.348	-.721	VAR12	.034	-.800
VAR24	-.437	-.570	VAR29	-.422	-.735
VAR08	-.051	.522	VAR24	-.115	-.708
VAR11	-.360	.483	VAR06	.367	.689
VAR13	-.162	-.406	VAR08	-.291	.435
VAR17	-.366	.396	VAR13	.049	-.434
VAR14	-.242	.350	VAR03	-.175	-.416
VAR19	.018	-.158	VAR19	.091	-.131

Component Transformation Matrix		
nt	1	2
1	.881	.473
2	-.473	.881

One Way Anova

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
						REGR factor score 1 for analysis 8	1			7	0.466844	1.12784957	0.426287	-0.5762434	1.5099304	-1.02166	1.86438
	2	8	0.635439	0.7485868	0.264665	0.0096043	1.2612727	-0.34146	1.84369
	3	7	-0.47064	0.80058582	0.302593	-1.2110542	0.2697825	-1.65029	0.54173
	4	7	-0.17057	1.16075863	0.438726	-1.2440953	0.9029501	-2.40673	0.88274
	5	7	-0.55185	0.6920364	0.261565	-1.1918774	0.0881764	-1.53035	0.54015
	Total	36	0	1	0.166667	-0.3383513	0.3383513	-2.40673	1.86438
REGR factor score 2 for analysis 8	1	7	0.800761	0.85450481	0.322972	0.0104761	1.5910464	-0.40112	1.92389
	2	8	-0.15717	1.16485285	0.411838	-1.1310125	0.8166702	-1.33469	1.94873
	3	7	0.072902	0.86529124	0.327049	-0.7273585	0.8731633	-0.87513	1.1409
	4	7	-0.28145	1.16382681	0.439885	-1.35781	0.7949106	-1.72755	1.44548
	5	7	-0.41259	0.58194467	0.219954	-0.9507988	0.1256193	-1.50321	0.21888
	Total	36	0	1	0.166667	-0.3383513	0.3383513	-1.72755	1.94873

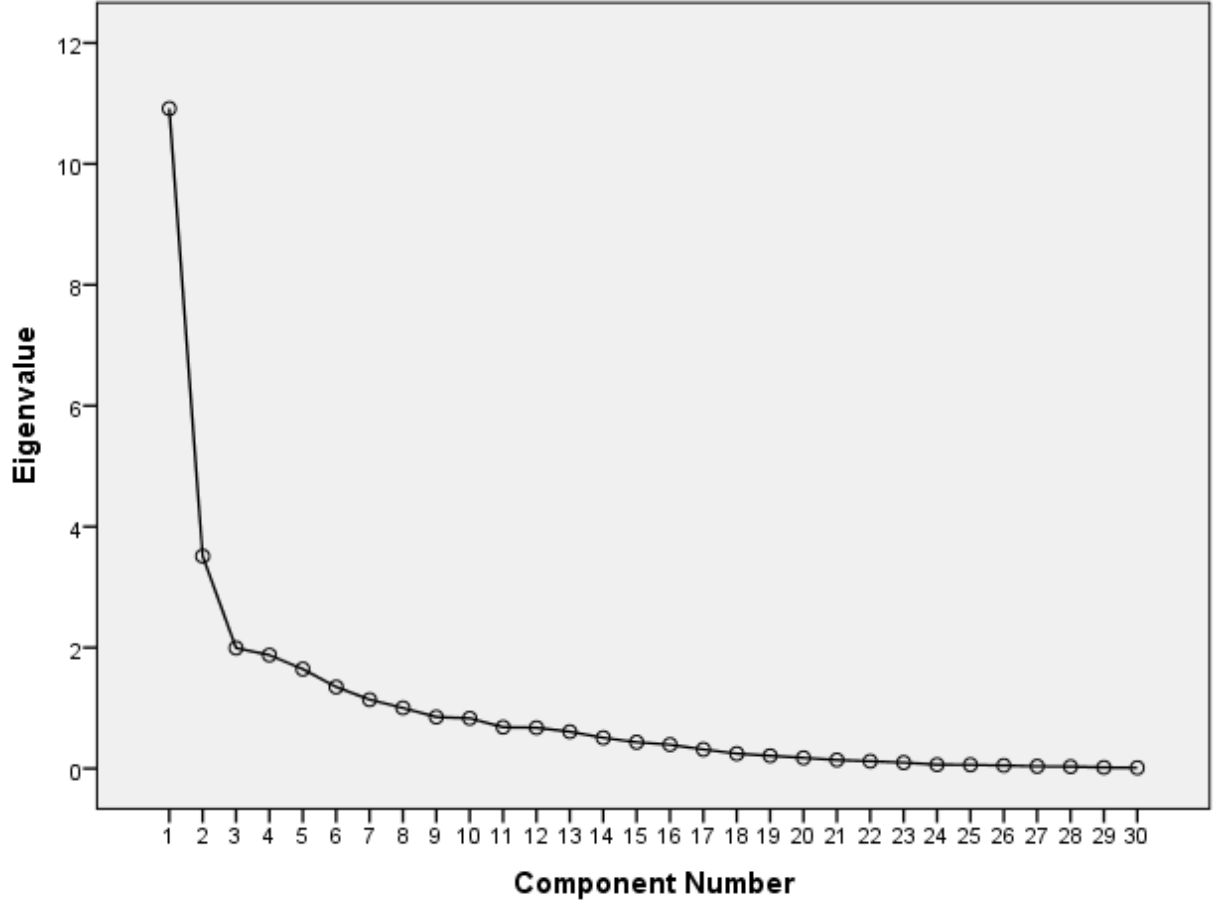
ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 8	Between Groups	8.642	4	2.160	2.541	.060
	Within Groups	26.358	31	.850		
	Total	35.000	35			
REGR factor score 2 for analysis 8	Between	6.469	4	1.617	1.757	.163
	Within Groups	28.531	31	.920		
	Total	35.000	35			

3. Θέατρο Ιδρύματος Μιχάλη Κακογιάννη

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	10.915	36.382	36.382	10.915	36.382	36.382	7.580	25.265	25.265
2	3.513	11.709	48.092	3.513	11.709	48.092	5.331	17.769	43.034
3	1.993	6.643	54.735	1.993	6.643	54.735	3.510	11.701	54.735
4	1.877	6.256	60.991						
5	1.645	5.483	66.474						
6	1.348	4.494	70.968						
7	1.139	3.797	74.765						
8	1.002	3.341	78.106						
9	.851	2.835	80.941						
10	.832	2.772	83.713						
11	.683	2.278	85.991						
12	.674	2.245	88.236						
13	.608	2.028	90.264						
14	.509	1.695	91.959						
15	.435	1.449	93.409						
16	.394	1.315	94.723						
17	.316	1.054	95.777						
18	.245	.818	96.596						
19	.212	.706	97.302						
20	.177	.590	97.892						
21	.142	.475	98.367						
22	.120	.401	98.767						
23	.099	.330	99.097						
24	.063	.210	99.307						
25	.061	.203	99.511						
26	.050	.168	99.678						
27	.036	.121	99.799						
28	.029	.098	99.897						
29	.018	.061	99.959						
30	.012	.041	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a		
	Component			Component	
	1	2		1	2
VAR22	.897	-.047	VAR22	.897	-.053
VAR06	.860	-.026	VAR06	.860	-.032
VAR25	.856	.038	VAR25	.856	.032
VAR20	.846	-.093	VAR20	.846	-.098
VAR10	.844	-.144	VAR10	.843	-.149
VAR21	.802	-.016	VAR21	.801	-.021
VAR18	.766	.097	VAR18	.767	.092
VAR01	.759	.086	VAR01	.760	.081
VAR04	.744	-.040	VAR04	.744	-.045
VAR12	-.724	.014	VAR12	-.724	.018
VAR27	-.697	-.031	VAR27	-.697	-.026
VAR09	-.690	.072	VAR09	-.689	.077
VAR30	.662	.092	VAR30	.663	.088
VAR28	-.656	-.068	VAR28	-.656	-.064
VAR24	-.654	-.168	VAR24	-.655	-.164
VAR23	.651	.173	VAR23	.652	.169
VAR07	-.642	.293	VAR07	-.640	.297
VAR26	-.629	-.015	VAR26	-.629	-.011
VAR02	.400	-.098	VAR02	.400	-.100
VAR05	-.393	-.248	VAR05	-.395	-.245
VAR29	-.307	.235	VAR29	-.306	.237
VAR08	.213	.024	VAR08	.213	.023
VAR14	.122	.783	VAR14	.127	.782
VAR17	.146	.756	VAR17	.151	.755
VAR11	-.022	.715	VAR11	-.018	.716
VAR15	-.317	.677	VAR15	-.313	.679
VAR13	.084	.668	VAR13	.089	.667
VAR19	.339	.499	VAR19	.343	.497
VAR16	.351	-.459	VAR16	.347	-.461
VAR03	-.024	.332	VAR03	-.022	.333

Component Transformation Matrix		
nt	1	2
1	1.000	-.007
2	.007	1.000

One Way Anova

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
REGR factor score 1 for analysis 6	1	8	.2162501	.73020594	.25816679	-.3942173	.8267176	-.93555	1.56991
	2	6	-.4702108	1.52159645	.62118915	-2.0670284	1.1266067	-3.30842	1.06350
	3	4	.3683358	.54402160	.27201080	-.4973240	1.2339956	-.29151	.83997
	4	4	.5335506	.45800246	.22900123	-.1952335	1.2623347	.10929	1.18189
	5	7	-.0792970	.97839011	.36979670	-.9841569	.8255630	-1.87962	.82803
	6	3	.0820428	.21053985	.12155524	-.4409672	.6050527	-.09467	.31499
	7	5	-.4414662	1.49342209	.66787866	-2.2957947	1.4128622	-2.90198	.71929
	Total	37	.0000000	1.00000000	.16439899	-.3334166	.3334166	-3.30842	1.56991
REGR factor score 2 for analysis 6	1	8	.2886111	.90856773	.32122720	-.4709706	1.0481927	-1.36735	1.12967
	2	6	.1108795	.73792072	.30125487	-.6635208	.8852798	-.97527	1.09385
	3	4	-.5785260	.58510141	.29255071	-1.5095529	.3525009	-1.23165	.14249
	4	4	-.1545568	.41562016	.20781008	-.8159013	.5067876	-.66762	.34996
	5	7	.0828752	1.62719419	.61502159	-1.4220284	1.5877789	-1.98662	2.82014
	6	3	.2256673	.28525178	.16469019	-.4829375	.9342720	-.02616	.53545
	7	5	-.2597925	1.34085522	.59964868	-1.9246842	1.4050991	-1.22160	1.91852
	Total	37	.0000000	1.00000000	.16439899	-.3334166	.3334166	-1.98662	2.82014
REGR factor score 3 for analysis 6	1	8	-.0860072	.58435447	.20660050	-.5745398	.4025253	-.81552	.80346
	2	6	.1350860	.84350976	.34436142	-.7501232	1.0202952	-.79689	1.71134
	3	4	-.5147822	1.56369467	.78184733	-3.0029693	1.9734050	-2.67041	1.06177
	4	4	-.7491369	.86013745	.43006873	-2.1178075	.6195337	-1.47038	.38913
	5	7	.7311797	1.28930122	.48731006	-.4612251	1.9235844	-.25919	3.28888
	6	3	-.0987722	.33649930	.19427796	-.9346828	.7371384	-.46823	.19016
	7	5	.0222554	.87312356	.39047273	-1.0618707	1.1063815	-1.38508	.75459
	Total	37	.0000000	1.00000000	.16439899	-.3334166	.3334166	-2.67041	3.28888

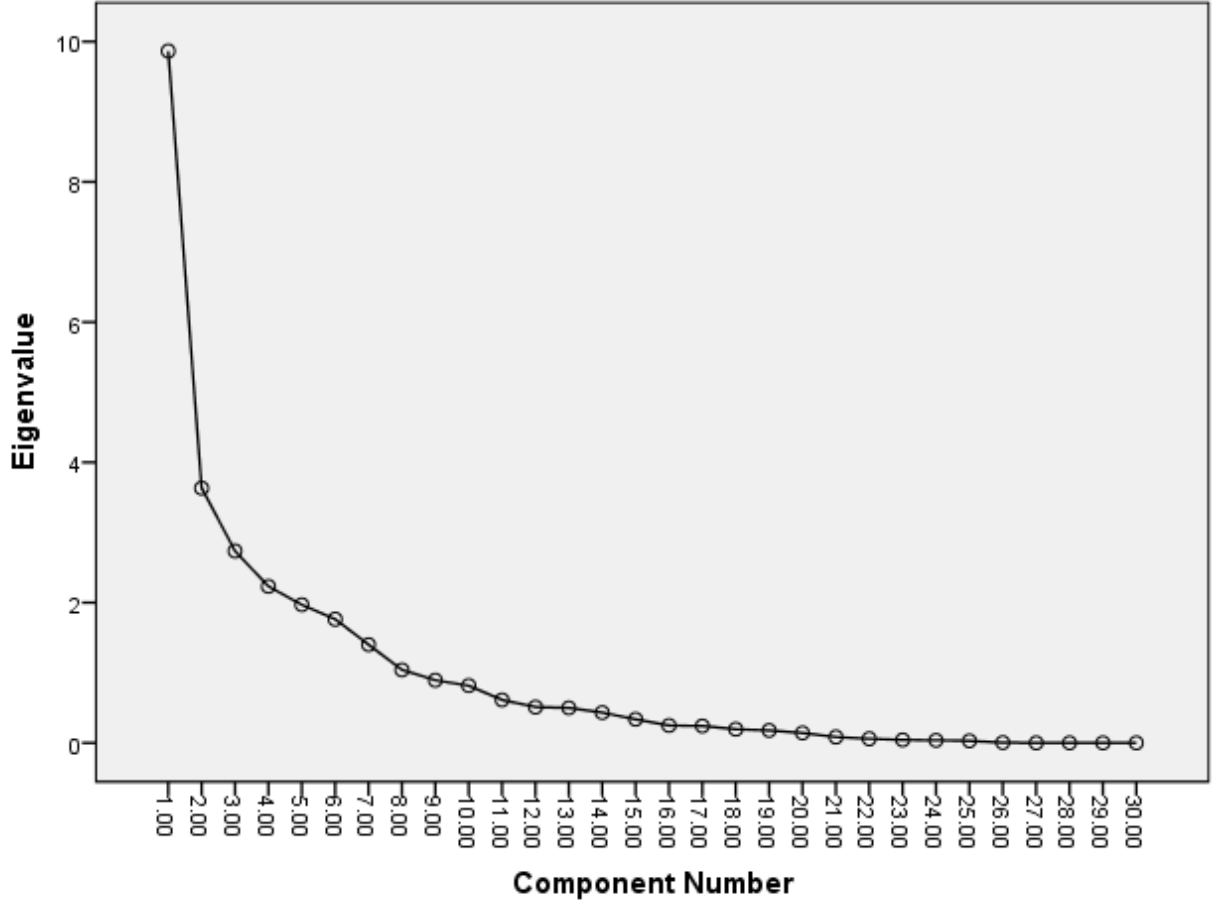
ANOVA						
		Squares	df	Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 6	Between Groups	4.421	6	.737	.700	.652
	Within Groups	31.579	30	1.053		
	Total	36.000	36			
REGR factor score 2 for analysis 6	Between Groups	2.713	6	.452	.407	.868
	Within Groups	33.287	30	1.110		
	Total	36.000	36			
REGR factor score 3 for analysis 6	Between Groups	7.248	6	1.208	1.260	.305
	Within Groups	28.752	30	.958		
	Total	36.000	36			

4. Αμφιθέατρο Μουσείου Μπενάκη

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.865	32.885	32.885	9.865	32.885	32.885	5.964	19.879	19.879
2	3.632	12.106	44.991	3.632	12.106	44.991	5.657	18.856	38.735
3	2.736	9.120	54.111	2.736	9.120	54.111	4.613	15.376	54.111
4	2.231	7.437	61.548						
5	1.971	6.569	68.117						
6	1.763	5.877	73.995						
7	1.402	4.672	78.667						
8	1.041	3.471	82.138						
9	.893	2.977	85.115						
10	.816	2.721	87.836						
11	.613	2.043	89.879						
12	.511	1.703	91.581						
13	.499	1.662	93.243						
14	.431	1.438	94.681						
15	.337	1.124	95.805						
16	.247	.824	96.630						
17	.241	.805	97.434						
18	.194	.648	98.082						
19	.178	.594	98.677						
20	.142	.473	99.149						
21	.083	.277	99.426						
22	.059	.195	99.621						
23	.042	.141	99.762						
24	.037	.124	99.886						
25	.029	.098	99.984						
26	.005	.016	100.000						
27	9.424E-16	3.141E-15	100.000						
28	1.407E-16	4.689E-16	100.000						
29	6.016E-17	2.005E-16	100.000						
30	6.190E-19	2.063E-18	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a				Rotated Component Matrix ^a			
	Component				Component		
	1	2	3		1	2	3
V29	.812	.001	.277	V15	.802	.289	.027
V20	.806	-.155	-.236	V17	.765	.196	-.009
V27	-.740	.330	.246	V29	.746	.367	.211
V15	.720	-.065	.452	V11	-.693	-.154	-.308
V14	-.702	-.037	.109	V23	-.664	-.429	.054
V11	-.694	-.210	-.271	V28	-.660	-.023	-.421
V22	.692	-.006	-.479	V3	.631	.309	.184
V3	.688	.006	.232	V5	.620	-.235	.220
V24	.678	.421	-.080	VAR00009	.595	.048	.304
V23	-.675	.240	-.340	V12	-.115	.812	.095
V18	.654	-.545	.162	V27	-.269	-.767	-.239
V28	-.645	-.376	-.236	V13	.019	.738	-.106
V17	.625	-.031	.482	V18	.476	.702	-.177
V7	.585	-.306	.141	V20	.346	.679	.385
V21	.579	.502	-.149	V26	-.177	-.670	-.121
V26	-.569	.358	.208	V25	-.348	-.609	.055
V25	-.568	.413	-.038	V22	.115	.606	.574
VAR00009	.564	.266	.244	V7	.449	.503	-.030
V19	.545	.315	-.509	V14	-.397	-.432	-.402
V4	-.529	-.157	.496	V8	-.116	-.425	-.134
V8	-.388	.186	.161	V10	.123	.136	.011
V10	.167	-.069	.028	V9	.223	-.028	.823
V1	.387	.703	.059	V19	.043	.306	.748
V9	.503	.628	-.285	V21	.354	.049	.694
V13	.400	-.588	-.224	V24	.459	.138	.644
V12	.444	-.519	-.463	V1	.406	-.287	.632
V2	.059	.212	.017	V4	-.017	-.402	-.623
V16	.146	-.411	.456	V16	.369	.190	-.476
V5	.376	.410	.423	V6	.035	-.244	-.397
V6	-.299	-.102	.345	V2	.084	-.121	.166

Component Transformation Matrix			
nt	1	2	3
1	.671	.590	.449
2	.148	-.700	.699
3	.727	-.402	-.557

One Way Anova

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	1	5	-.2784219	.61433946	.27474096	-1.0412251	.4843813	-1.13019	.59214
	2	5	-.7190710	1.09441233	.48943607	-2.0779634	.6398214	-2.02935	.51220
	3	5	-.5283053	.94059200	.42064553	-1.6962045	.6395939	-1.80169	.36068
	4	3	1.3110303	.89852765	.51876518	-.9210361	3.5430967	.49707	2.27520
	5	3	.6408851	.77864473	.44955074	-1.2933756	2.5751458	-.25157	1.18163
	6	2	.2333342	1.19920850	.84796846	-10.5411267	11.0077951	-.61463	1.08130
	7	2	.1772267	.29933024	.21165844	-2.5121488	2.8666022	-.03443	.38889
	8	1	.0158762	.	.	.	.	.01588	.01588
	9	1	.9362467	.	.	.	.	.93625	.93625
	Total	27	.0000000	1.00000000	.19245009	-.3955868	.3955868	-2.02935	2.27520
REGR factor score 2 for analysis 1	1	5	-.4129078	1.32788557	.59384848	-2.0616955	1.2358799	-2.21594	1.23575
	2	5	-.0010706	.30095166	.13458967	-.3747514	.3726102	-.38343	.43031
	3	5	.5092563	.88862665	.39740592	-.5941194	1.6126320	-.73878	1.62765
	4	3	.1960889	.34791809	.20087060	-.6681876	1.0603653	-.12958	.56264
	5	3	-1.3286353	.62735646	.36220442	-2.8870752	.2298045	-1.97211	-.71874
	6	2	.5829503	.61335670	.43370868	-4.9278410	6.0937416	.14924	1.01666
	7	2	.6420899	1.36909339	.96809522	-11.6587262	12.9429060	-.32601	1.61019
	8	1	-.9831285	.	.	.	.	-.98313	-.98313
	9	1	1.4542980	.	.	.	.	1.45430	1.45430
	Total	27	.0000000	1.00000000	.19245009	-.3955868	.3955868	-2.21594	1.62765
REGR factor score 3 for analysis 1	1	5	.2272041	.89001314	.39802598	-.8778932	1.3323014	-1.31235	.88294
	2	5	-.5127108	.92804711	.41503529	-1.6650335	.6396119	-1.42527	1.05117
	3	5	-.2272091	1.07031159	.47865789	-1.5561765	1.1017582	-1.64171	1.06155
	4	3	-.7241821	.76698319	.44281795	-2.6294740	1.1811097	-1.53601	-.01173
	5	3	.4935164	1.73819258	1.00354595	-3.8243934	4.8114261	-.87299	2.44988
	6	2	.3943332	.73759447	.52155805	-6.2326902	7.0213566	-.12722	.91589
	7	2	.8991854	.81806860	.57846185	-6.4508693	8.2492401	.32072	1.47765
	8	1	.5411447	.	.	.	.	.54114	.54114
	9	1	.1273944	.	.	.	.	.12739	.12739
	Total	27	.0000000	1.00000000	.19245009	-.3955868	.3955868	-1.64171	2.44988

ANOVA

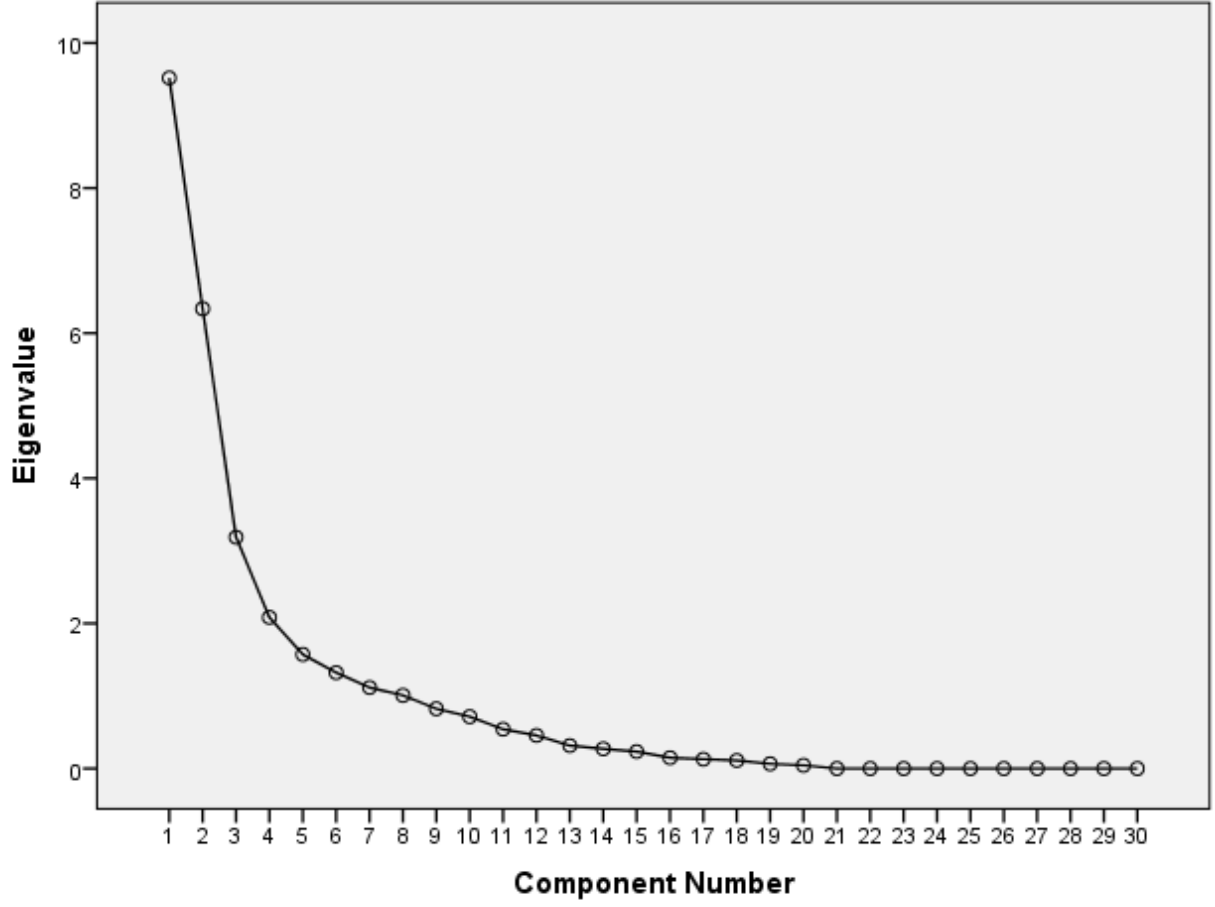
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	11.806	8	1.476	1.871	.128
	Within Groups	14.194	18	.789		
	Total	26.000	26			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	12.146	8	1.518	1.973	.110
	Within Groups	13.854	18	.770		
	Total	26.000	26			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	6.372	8	.796	.730	.664
	Within Groups	19.628	18	1.090		
	Total	26.000	26			

5. Συνεδριακό Κέντρο Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.518	31.726	31.726	9.518	31.726	31.726	7.477	24.925	24.925
2	6.338	21.125	52.851	6.338	21.125	52.851	7.399	24.664	49.589
3	3.188	10.626	63.477	3.188	10.626	63.477	4.166	13.888	63.477
4	2.083	6.942	70.420						
5	1.573	5.243	75.663						
6	1.322	4.407	80.070						
7	1.116	3.722	83.791						
8	1.008	3.361	87.153						
9	.824	2.747	89.899						
10	.715	2.382	92.281						
11	.542	1.805	94.086						
12	.456	1.519	95.606						
13	.316	1.052	96.657						
14	.272	.907	97.565						
15	.234	.779	98.343						
16	.148	.493	98.836						
17	.129	.431	99.267						
18	.111	.369	99.636						
19	.065	.217	99.854						
20	.044	.146	100.000						
21	1.172E-15	3.908E-15	100.000						
22	9.343E-16	3.114E-15	100.000						
23	5.143E-16	1.714E-15	100.000						
24	4.094E-16	1.365E-15	100.000						
25	2.014E-16	6.714E-16	100.000						
26	9.007E-17	3.002E-16	100.000						
27	2.660E-17	8.866E-17	100.000						
28	-8.283E-17	-2.761E-16	100.000						
29	-2.830E-16	-9.435E-16	100.000						
30	-6.379E-16	-2.126E-15	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a				Rotated Component Matrix ^a			
	Component				Component		
	1	2	3		1	2	3
VAR21	.804	.354	-.100	VAR25	.905	-.191	-.037
VAR27	-.792	.442	-.274	VAR12	-.878	.168	-.039
VAR25	.789	.279	-.396	VAR21	.819	-.215	.255
VAR12	-.771	-.318	.324	VAR20	.804	-.075	.408
VAR20	.739	.522	.005	VAR1	.787	-.062	-.152
VAR15	-.738	-.343	.109	VAR15	-.768	.180	-.227
VAR22	.727	.300	-.172	VAR22	.767	-.190	.151
VAR5	-.702	.522	-.156	VAR16	.677	-.139	.070
VAR7	-.687	.490	-.117	VAR4	.651	.071	-.041
VAR23	.649	-.426	.333	VAR10	.642	-.037	.291
VAR6	.624	-.615	.089	VAR9	-.626	.036	-.271
VAR16	.609	.257	-.213	VAR29	-.529	.017	.004
VAR1	.595	.264	-.472	VAR27	-.255	.889	-.206
VAR28	-.582	.515	.068	VAR6	.129	-.868	-.069
VAR10	.568	.417	-.031	VAR5	-.203	.864	-.048
VAR9	-.551	-.402	.042	VAR2	.049	-.832	-.193
VAR4	.435	.349	-.347	VAR7	-.224	.822	-.027
VAR29	-.406	-.242	.239	VAR23	.129	-.802	.233
VAR2	.514	-.683	.010	VAR28	-.217	.730	.167
VAR19	.292	.652	.479	VAR26	-.156	.714	.223
VAR14	-.196	.639	.565	VAR24	.046	.704	-.503
VAR17	-.025	.572	-.074	VAR11	-.144	.659	.162
VAR26	-.514	.558	.092	VAR17	.292	.459	.195
VAR30	.036	.552	.428	VAR3	.180	.433	.256
VAR3	-.079	.527	.035	VAR18	.355	-.027	.851
VAR11	-.484	.496	.047	VAR19	.318	.188	.777
VAR8	.380	.440	.361	VAR14	-.093	.463	.737
VAR13	.254	-.113	.769	VAR13	-.212	-.426	.665
VAR24	-.517	.314	-.621	VAR30	.100	.286	.630
VAR18	.470	.544	.578	VAR8	.334	.004	.597

Component Transformation Matrix			
Component	1	2	3
1	.749	-.625	.221
2	.484	.744	.461
3	-.452	-.238	.859

One Way Anova

Descriptives									
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 6	1	6	.1191328	.56939697	.23245534	-.4784127	.7166783	-.40731	1.08164
	2	4	.1083890	.91487966	.45743983	-1.3473887	1.5641666	-.75447	1.32091
	3	5	-.1233823	1.38619222	.61992401	-1.8445673	1.5978027	-1.83665	1.94236
	4	4	-.2163822	1.51033300	.75516650	-2.6196590	2.1868947	-2.28683	.99760
	5	2	.1670438	.94187669	.66600740	-8.2953825	8.6294701	-.49896	.83305
	Total	21	.0000000	1.00000000	.21821789	-.4551945	.4551945	-2.28683	1.94236
REGR factor score 2 for analysis 6	1	6	-.3892518	.41874518	.17095200	-.8286979	.0501943	-.94482	-.02374
	2	4	-.6743765	.60624319	.30312159	-1.6390447	.2902917	-1.56165	-.27997
	3	5	.7856002	1.67306752	.74821854	-1.2917875	2.8629879	-.44286	3.58439
	4	4	.2610607	.49399947	.24699973	-.5250027	1.0471241	-.24446	.69805
	5	2	.0303865	.05840881	.04130126	-.4943958	.5551688	-.01091	.07169
	Total	21	.0000000	1.00000000	.21821789	-.4551945	.4551945	-1.56165	3.58439
REGR factor score 3 for analysis 6	1	6	.4678797	1.24738101	.50924116	-.8411664	1.7769257	-1.37203	1.98960
	2	4	.1891404	.88008179	.44004089	-1.2112662	1.5895469	-.84412	1.13198
	3	5	.3596133	.54515401	.24380028	-.3172848	1.0365114	-.37920	1.11087
	4	4	-.9599888	.55681562	.27840781	-1.8460067	-.0739709	-1.50405	-.34155
	5	2	-.7609753	.91105149	.64421069	-8.9464482	7.4244976	-1.40519	-1.1676
	Total	21	.0000000	1.00000000	.21821789	-.4551945	.4551945	-1.50405	1.98960

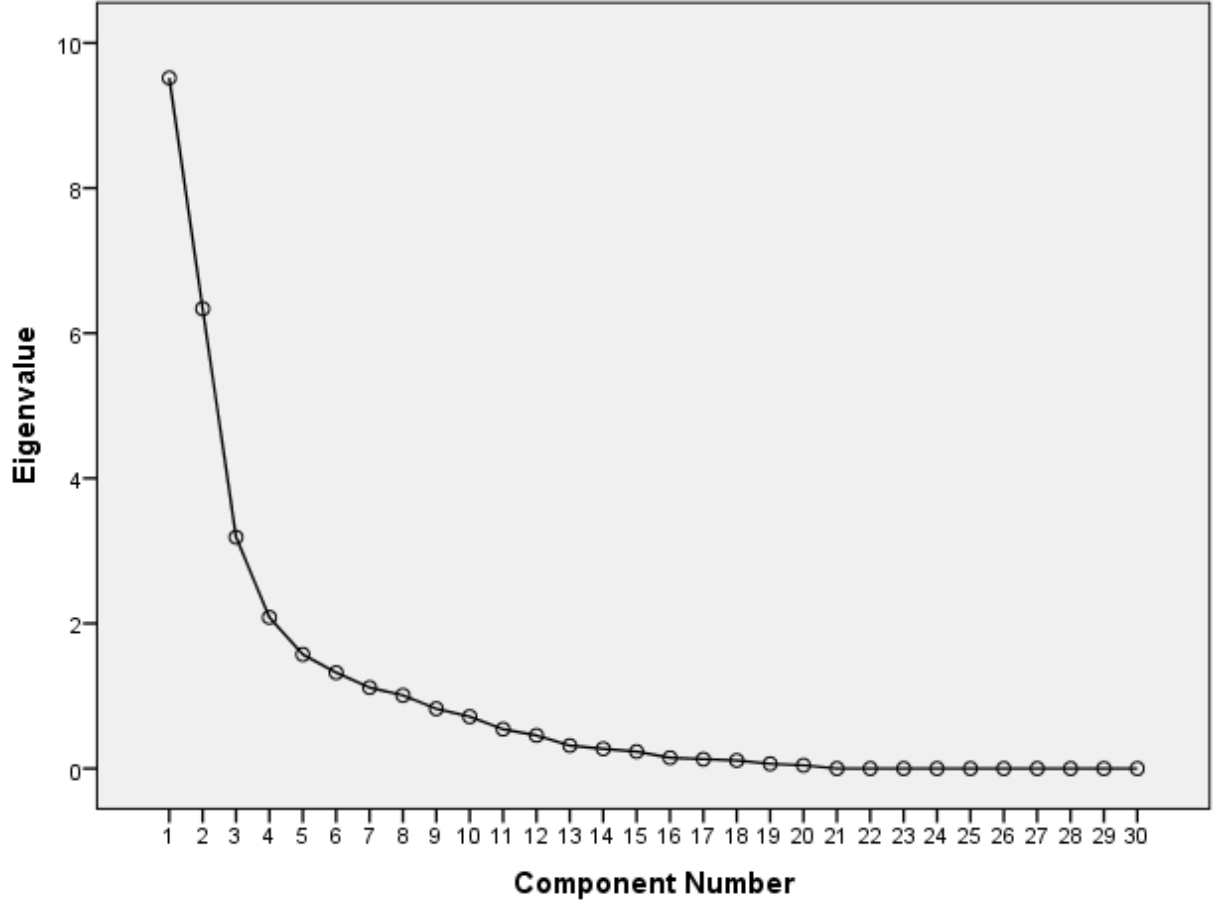
ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 6	Between Groups	.451	4	.113	.092	.984
	Within Groups	19.549	16	1.222		
	Total	20.000	20			
REGR factor score 2 for analysis 6	Between Groups	6.089	4	1.522	1.751	.188
	Within Groups	13.911	16	.869		
	Total	20.000	20			
REGR factor score 3 for analysis 6	Between Groups	6.948	4	1.737	2.129	.124
	Within Groups	13.052	16	.816		
	Total	20.000	20			

6. Μεγάλο Αμφιθέατρο Χημικών

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.518	31.726	31.726	9.518	31.726	31.726	8.265	27.551	27.551
2	6.338	21.125	52.851	6.338	21.125	52.851	7.590	25.301	52.851
3	3.188	10.626	63.477						
4	2.083	6.942	70.420						
5	1.573	5.243	75.663						
6	1.322	4.407	80.070						
7	1.116	3.722	83.791						
8	1.008	3.361	87.153						
9	.824	2.747	89.899						
10	.715	2.382	92.281						
11	.542	1.805	94.086						
12	.456	1.519	95.606						
13	.316	1.052	96.657						
14	.272	.907	97.565						
15	.234	.779	98.343						
16	.148	.493	98.836						
17	.129	.431	99.267						
18	.111	.369	99.636						
19	.065	.217	99.854						
20	.044	.146	100.000						
21	1.172E-15	3.908E-15	100.000						
22	9.343E-16	3.114E-15	100.000						
23	5.143E-16	1.714E-15	100.000						
24	4.094E-16	1.365E-15	100.000						
25	2.014E-16	6.714E-16	100.000						
26	9.007E-17	3.002E-16	100.000						
27	2.660E-17	8.866E-17	100.000						
28	-8.283E-17	-2.761E-16	100.000						
29	-2.830E-16	-9.435E-16	100.000						
30	-6.379E-16	-2.126E-15	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a		
	Component			Component	
	1	2		1	2
VAR21	.804	.354	VAR20	.903	-.057
VAR27	-.792	.442	VAR21	.848	-.229
VAR25	.789	.279	VAR12	-.799	.236
VAR12	-.771	-.318	VAR15	-.790	.196
VAR20	.739	.522	VAR25	.789	-.278
VAR15	-.738	-.343	VAR22	.754	-.223
VAR22	.727	.300	VAR18	.708	.128
VAR5	-.702	.522	VAR10	.704	-.032
VAR7	-.687	.490	VAR9	-.681	.033
VAR23	.649	-.426	VAR19	.637	.324
VAR6	.624	-.615	VAR16	.636	-.182
VAR16	.609	.257	VAR1	.629	-.167
VAR1	.595	.264	VAR8	.572	.104
VAR28	-.582	.515	VAR4	.557	-.001
VAR10	.568	.417	VAR29	-.468	.066
VAR9	-.551	-.402	VAR6	.100	-.870
VAR24	-.517	.314	VAR2	-.029	-.855
VAR4	.435	.349	VAR5	-.219	.847
VAR29	-.406	-.242	VAR27	-.339	.841
VAR13	.254	-.113	VAR7	-.228	.813
VAR2	.514	-.683	VAR28	-.130	.766
VAR19	.292	.652	VAR26	-.050	.757
VAR14	-.196	.639	VAR23	.237	-.739
VAR17	-.025	.572	VAR11	-.066	.689
VAR26	-.514	.558	VAR14	.248	.621
VAR30	.036	.552	VAR24	-.205	.569
VAR18	.470	.544	VAR17	.340	.461
VAR3	-.079	.527	VAR3	.270	.460
VAR11	-.484	.496	VAR30	.374	.407
VAR8	.380	.440	VAR13	.127	-.247

Component Transformation Matrix		
Component	1	2
1	.779	-.628
2	.628	.779

One Way Anova

Descriptives									
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
REGR factor score 1 for analysis 8	1	7	.4510176	1.06818332	.40373534	-.5368872	1.4389224	-1.03685	2.20517
	2	5	-.3565988	1.04274893	.46633150	-1.6513426	.9381451	-1.81502	.73976
	3	5	-.1330548	.63784204	.28525163	-.9250403	.6589307	-.92094	.71845
	4	7	-.1012651	1.15160780	.43526684	-1.1663247	.9637945	-1.36661	2.33333
	Total	24	.0000000	1.00000000	.20412415	-.4222630	.4222630	-1.81502	2.33333
REGR factor score 2 for analysis 8	1	7	.2876284	.82179530	.31060943	-.4724054	1.0476623	-.83217	1.14586
	2	5	-.1470426	1.20982895	.54105195	-1.6492437	1.3551584	-1.33088	1.34026
	3	5	.3101994	1.29403791	.57871135	-1.2965609	1.9169596	-.98829	2.42276
	4	7	-.4041690	.82494742	.31180082	-1.1671181	.3587801	-1.57601	.84097
	Total	24	.0000000	1.00000000	.20412415	-.4222630	.4222630	-1.57601	2.42276

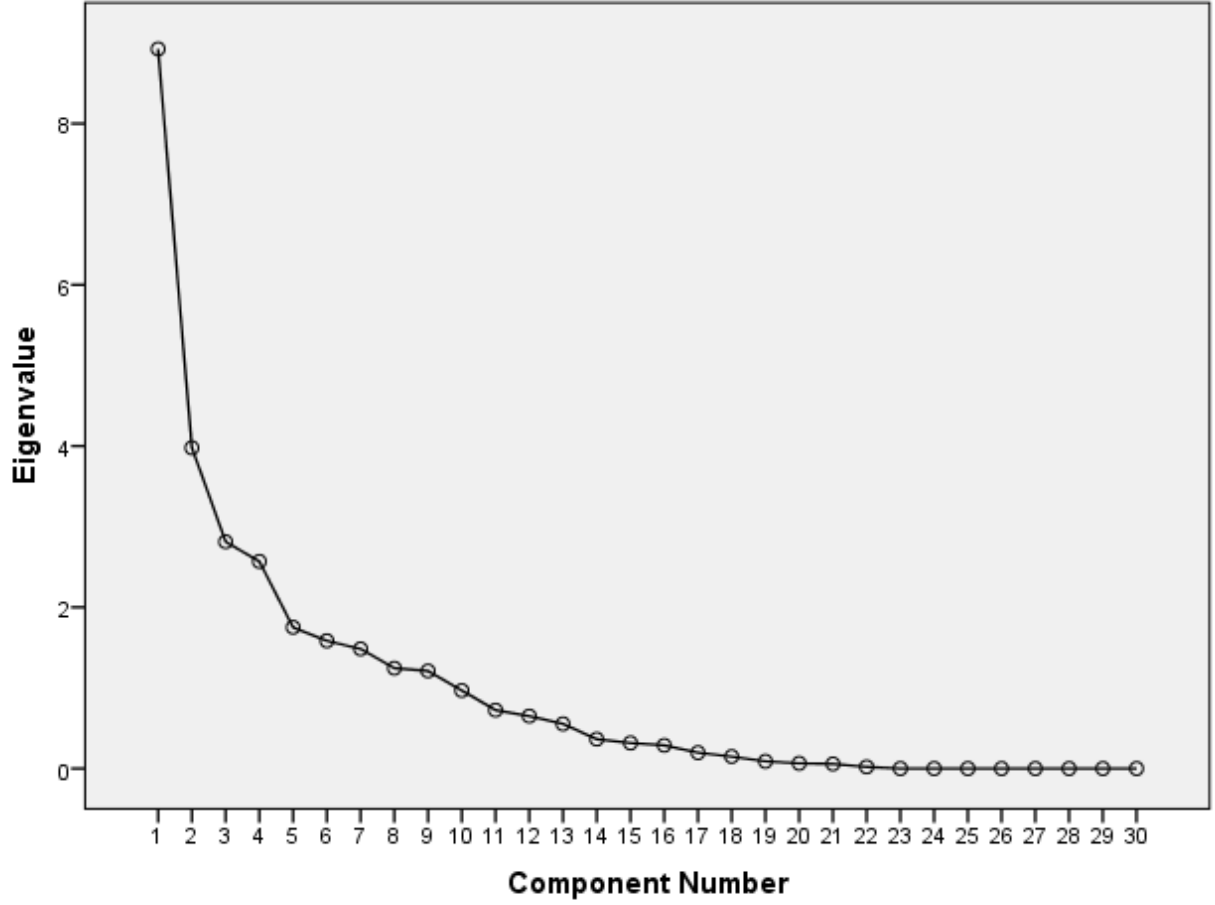
ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 8	Between Groups	2.220	3	.740	.712	.556
	Within Groups	20.780	20	1.039		
	Total	23.000	23			
REGR factor score 2 for analysis 8	Between Groups	2.312	3	.771	.745	.538
	Within Groups	20.688	20	1.034		
	Total	23.000	23			

7. Αμφιθέατρο 1,2

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8.926	29.752	29.752	8.926	29.752	29.752	7.797	25.990	25.990
2	3.977	13.258	43.010	3.977	13.258	43.010	5.106	17.020	43.010
3	2.813	9.377	52.387						
4	2.569	8.562	60.949						
5	1.752	5.839	66.788						
6	1.584	5.280	72.067						
7	1.484	4.945	77.012						
8	1.245	4.149	81.162						
9	1.210	4.033	85.194						
10	.968	3.228	88.422						
11	.724	2.415	90.837						
12	.650	2.166	93.003						
13	.554	1.846	94.849						
14	.364	1.212	96.061						
15	.317	1.056	97.117						
16	.288	.961	98.079						
17	.196	.655	98.733						
18	.148	.494	99.227						
19	.090	.299	99.526						
20	.065	.215	99.742						
21	.057	.189	99.931						
22	.021	.069	100.000						
23	8.326E-16	2.775E-15	100.000						
24	5.462E-16	1.821E-15	100.000						
25	2.445E-16	8.149E-16	100.000						
26	1.146E-16	3.820E-16	100.000						
27	-3.758E-17	-1.253E-16	100.000						
28	-1.205E-16	-4.018E-16	100.000						
29	-1.516E-16	-5.053E-16	100.000						
30	-3.792E-16	-1.264E-15	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a		
	Component			Component	
	1	2		1	2
VAR29	-.815	-.024	VAR6	.868	.052
VAR4	.768	.260	VAR18	.833	.032
VAR20	.762	-.133	VAR4	.799	-.139
VAR24	-.743	.128	VAR21	.782	-.034
VAR6	.738	.461	VAR19	.746	.273
VAR5	-.728	.102	VAR25	.745	-.044
VAR18	.717	.426	VAR29	-.728	.368
VAR10	.712	-.081	VAR22	.694	-.159
VAR21	.703	.344	VAR30	.677	.038
VAR22	.686	.192	VAR20	.606	-.480
VAR7	-.685	.160	VAR24	-.592	.468
VAR25	.675	.317	VAR5	-.591	.438
VAR1	.615	-.313	VAR10	.587	-.411
VAR30	.577	.357	VAR7	-.526	.468
VAR12	-.507	.245	VAR2	.345	.027
VAR16	.389	-.004	VAR16	.340	-.189
VAR2	.290	.189	VAR26	-.308	-.005
VAR26	-.268	-.151	VAR8	.293	.108
VAR28	-.193	.168	VAR3	.155	-.059
VAR3	.164	.023	VAR9	-.068	.800
VAR14	-.184	.716	VAR17	-.140	.774
VAR9	-.442	.670	VAR14	.180	.717
VAR17	-.493	.613	VAR11	-.089	.704
VAR13	-.156	.606	VAR15	-.171	.646
VAR19	.525	.596	VAR13	.153	.607
VAR11	-.414	.576	VAR1	.391	-.569
VAR15	-.459	.486	VAR12	-.328	.458
VAR27	-.114	.323	VAR27	.054	.339
VAR8	.206	.235	VAR28	-.089	.240
VAR23	-.034	.150	VAR23	.042	.148

Component Transformation Matrix		
Component	1	2
1	.879	-.478
2	.478	.879

One Way Anova

Descriptives									
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
REGR factor score 1 for analysis 7	2	.1565384	.49985845	.22354349	-.4641179	.7771946	-.40695	.68552	
	3	.1206266	1.00497405	.41027894	-.9340289	1.1752822	-.99327	1.82146	
	4	.6537291	.47709331	.33735591	-3.6327842	4.9402424	.31637	.99109	
	5	.3960421	.61511832	.43495433	-5.1305767	5.9226609	-.03891	.83100	
	6	-1.0343942	1.37008046	.96879318	-13.3440787	11.2752904	-2.00319	-.06560	
	7	-.1345354	.09208663	.06511508	-.9619009	.6928302	-.19965	-.06942	
	8	-.2974485	1.32649104	.93797081	-12.2154976	11.6206007	-1.23542	.64052	
	9	-.3366190	2.78236735	1.96743082	-25.3351979	24.6619598	-2.30405	1.63081	
	Total	23	.0000000	1.00000000	.20851441	-.4324324	.4324324	-2.30405	1.82146
REGR factor score 2 for analysis 7	2	.7208266	1.06517346	.47636005	-.6017609	2.0434141	-.73395	2.09452	
	3	.0093014	.66290137	.27062835	-.6863710	.7049737	-.87424	1.17507	
	4	-.3864250	1.99494806	1.41064130	-18.3103222	17.5374722	-1.79707	1.02422	
	5	-.2734627	.80685735	.57053431	-7.5227883	6.9758630	-.84400	.29707	
	6	-.4577796	1.65730707	1.17189306	-15.3480928	14.4325336	-1.62967	.71411	
	7	-.7340448	.47295005	.33442619	-4.9833324	3.5152428	-1.06847	-.39962	
	8	.4607282	1.02662160	.72593110	-8.7631010	9.6845573	-.26520	1.18666	
	9	-.4389867	1.12066067	.79242676	-10.5077233	9.6297499	-1.23141	.35344	
	Total	23	.0000000	1.00000000	.20851441	-.4324324	.4324324	-1.79707	2.09452

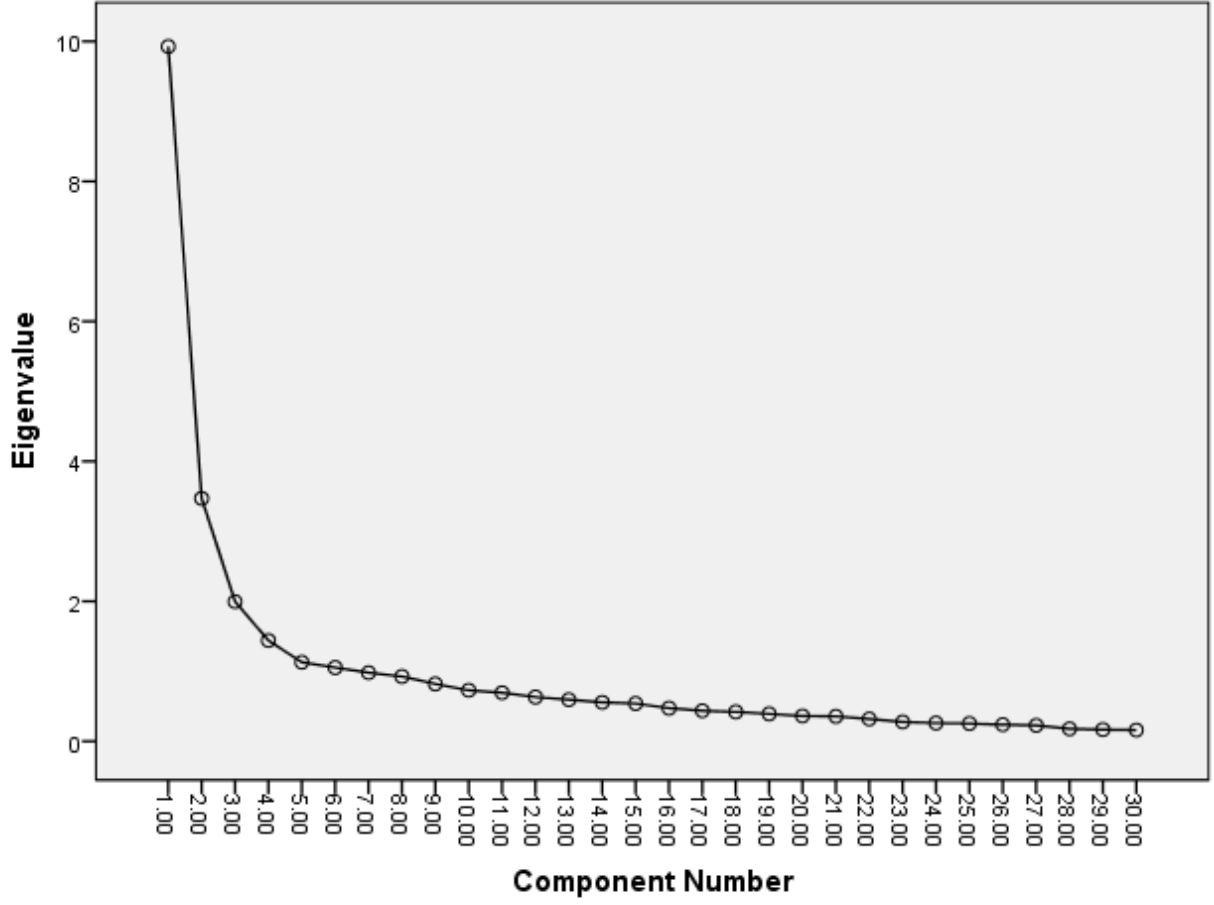
ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 7	Between Groups	3.958	7	.565	.470	.841
	Within Groups	18.042	15	1.203		
	Total	22.000	22			
REGR factor score 2 for analysis 7	Between Groups	5.353	7	.765	.689	.680
	Within Groups	16.647	15	1.110		
	Total	22.000	22			

8. Όλα τα αμφιθέατρα μαζί

Factor Analysis

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.927	33.091	33.091	9.927	33.091	33.091	7.340	24.466	24.466
2	3.471	11.569	44.660	3.471	11.569	44.660	4.979	16.597	41.063
3	1.995	6.649	51.309	1.995	6.649	51.309	3.074	10.246	51.309
4	1.441	4.802	56.111						
5	1.129	3.764	59.875						
6	1.053	3.510	63.384						
7	.980	3.266	66.650						
8	.925	3.083	69.733						
9	.820	2.732	72.466						
10	.728	2.427	74.893						
11	.695	2.315	77.208						
12	.632	2.106	79.314						
13	.594	1.980	81.293						
14	.556	1.854	83.147						
15	.540	1.800	84.948						
16	.473	1.577	86.525						
17	.437	1.455	87.980						
18	.420	1.400	89.380						
19	.391	1.303	90.683						
20	.361	1.204	91.887						
21	.356	1.185	93.072						
22	.318	1.062	94.134						
23	.276	.920	95.054						
24	.260	.868	95.922						
25	.253	.844	96.766						
26	.237	.791	97.557						
27	.228	.758	98.315						
28	.178	.592	98.907						
29	.168	.559	99.465						
30	.160	.535	100.000						

Scree Plot



Component Matrix ^a				Rotated Component Matrix ^a			
	Component				Component		
	1	2	3		1	2	3
VAR25	.808	.072	.287	VAR25	.826	-.241	.016
VAR21	.773	.137	.117	VAR10	.822	-.120	-.062
VAR18	.767	.268	-.150	VAR20	.807	-.142	-.092
VAR6	.752	.131	.123	VAR22	.804	-.166	.006
VAR22	.747	.106	.324	VAR4	.771	-.185	.078
VAR30	.747	.320	-.049	VAR21	.725	-.276	.168
VAR4	.743	.139	.250	VAR6	.710	-.265	.156
VAR10	.723	.088	.404	VAR16	.689	-.148	.222
VAR20	.718	.048	.402	VAR30	.663	-.240	.406
VAR16	.683	.248	.135	VAR2	.645	-.167	.047
VAR12	-.661	.191	.182	VAR1	.624	-.168	.286
VAR1	.652	.267	.048	VAR18	.613	-.341	.436
VAR2	.626	.095	.214	VAR23	.444	-.330	.225
VAR24	-.588	.272	.394	VAR26	-.076	.775	-.110
VAR23	.585	.075	-.097	VAR27	-.124	.753	.044
VAR15	-.554	.491	.051	VAR24	-.204	.713	-.160
VAR9	-.548	.363	.139	VAR28	-.079	.670	.105
VAR5	-.532	.278	.123	VAR15	-.299	.639	.230
VAR19	.531	.421	-.333	VAR9	-.281	.605	.080
VAR7	-.511	.477	.043	VAR7	-.273	.602	.232
VAR26	-.510	.380	.463	VAR12	-.394	.585	-.096
VAR27	-.508	.469	.327	VAR5	-.298	.534	.030
VAR29	-.363	.255	.134	VAR29	-.161	.433	.036
VAR8	.299	.140	-.230	VAR14	.075	.111	.681
VAR11	.007	.611	-.271	VAR13	.062	-.064	.674
VAR14	.125	.594	-.338	VAR17	-.056	.198	.645
VAR17	-.036	.587	-.334	VAR11	.019	.224	.629
VAR13	.209	.476	-.437	VAR19	.365	-.217	.624
VAR28	-.415	.473	.265	VAR8	.158	-.206	.307
VAR3	.039	.363	.007	VAR3	.127	.208	.272

Component Transformation Matrix			
Component	1	2	3
1	.814	-.552	.183
2	.254	.620	.742
3	.523	.557	-.645

One Way Anova

Descriptives									
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 4	1	21	.6848699	.71421206	.15585385	.3597644	1.0099753	-1.06611	1.89838
	2	23	.2181595	.73456256	.15316688	-.0994892	.5358082	-1.07894	2.00908
	3	27	.0877616	.57451140	.11056477	-.1395075	.3150308	-1.33047	1.50850
	4	24	-.8593083	.86624173	.17682085	-1.2250901	-.4935265	-2.47604	1.18310
	5	51	-.0129444	1.31586979	.18425863	-.3830388	.3571499	-5.10968	1.33046
	6	37	.4298454	.80553045	.13242839	.1612681	.6984226	-2.31652	1.63743
	7	36	-.4552837	.69631805	.11605301	-.6908838	-.2196836	-1.60644	1.10472
	Total	219	.0000000	1.00000000	.06757374	-.1331815	.1331815	-5.10968	2.00908
REGR factor score 2 for analysis 4	1	21	-.0612963	1.14229715	.24926967	-.5812637	.4586711	-2.03379	3.03681
	2	23	.2813731	.57531576	.11996163	.0325879	.5301583	-.44305	1.62794
	3	27	.1187246	.83217006	.16015120	-.2104709	.4479201	-1.62850	1.81027
	4	24	.7491437	.64664381	.13199562	.4760900	1.0221975	-.60513	1.71623
	5	51	-.5598393	1.20588394	.16885753	-.8989996	-.2206790	-3.85769	3.05116
	6	37	-.2067765	.92041104	.15131464	-.5136568	.1001039	-1.76109	2.22167
	7	36	.2731433	.71297157	.11882860	.0319085	.5143782	-.79683	2.10595
	Total	219	.0000000	1.00000000	.06757374	-.1331815	.1331815	-3.85769	3.05116
REGR factor score 3 for analysis 4	1	21	-.3605980	1.01575221	.22165531	-.8229628	.1017669	-1.92104	1.55615
	2	23	.0709840	.76456738	.15942332	-.2596398	.4016077	-1.27952	1.43287
	3	27	.0665949	.87975083	.16930813	-.2814230	.4146127	-1.67203	1.38553
	4	24	-.5543231	.79142764	.16154949	-.8885137	-.2201325	-2.00979	1.11270
	5	51	-.0049869	1.24269464	.17401206	-.3545004	.3445266	-2.70942	3.13904
	6	37	.0834468	1.02244391	.16808874	-.2574529	.4243466	-2.67597	2.75475
	7	36	.4059004	.72890871	.12148478	.1592732	.6525277	-1.09801	1.61986
	Total	219	.0000000	1.00000000	.06757374	-.1331815	.1331815	-2.70942	3.13904

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 4	Between Groups	43.182	6	7.197	8.728	.000
	Within Groups	174.818	212	.825		
	Total	218.000	218			
REGR factor score 2 for analysis 4	Between Groups	36.002	6	6.000	6.989	.000
	Within Groups	181.998	212	.858		
	Total	218.000	218			
REGR factor score 3 for analysis 4	Between Groups	16.531	6	2.755	2.899	.010
	Within Groups	201.469	212	.950		
	Total	218.000	218			

Principal Component Analysis

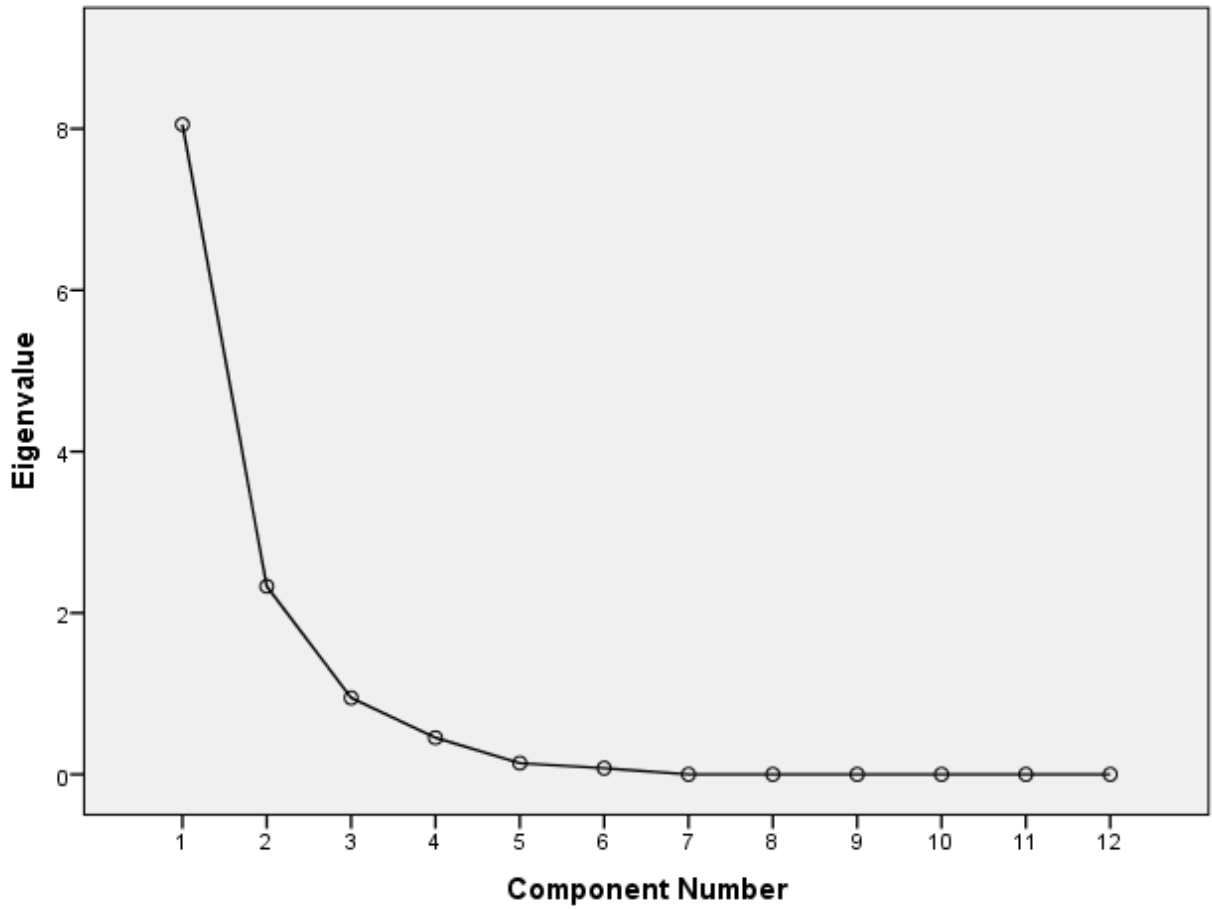
Correlation Matrix ^a													
		OGKOS	OGKANAT HE	YPSOSPR	APOSTOM	LAEQ	LOGOSRT	RTLW	RTMD	RTHIGH	EDTLOW	EDTMD	EDTHIGH
Correlation	OGKOS	1.000	.819	.752	.683	-.621	-.312	.448	.480	.647	.491	.470	.538
	OGKANAT HE	.819	1.000	.781	.191	-.146	-.525	.575	.608	.677	.693	.629	.659
	YPSOSPR	.752	.781	1.000	.406	-.061	-.530	.464	.523	.578	.592	.593	.661
	APOSTOM	.683	.191	.406	1.000	-.787	-.078	.315	.296	.445	.232	.258	.302
	LAEQ	-.621	-.146	-.061	-.787	1.000	-.362	-.019	.040	-.165	.092	.114	.043
	LOGOSRT	-.312	-.525	-.530	-.078	-.362	1.000	-.774	-.882	-.816	-.837	-.903	-.851
	RTLW	.448	.575	.464	.315	-.019	-.774	1.000	.972	.930	.974	.956	.916
	RTMD	.480	.608	.523	.296	.040	-.882	.972	1.000	.971	.966	.992	.964
	RTHIGH	.647	.677	.578	.445	-.165	-.816	.930	.971	1.000	.917	.953	.955
	EDTLOW	.491	.693	.592	.232	.092	-.837	.974	.966	.917	1.000	.972	.930
	EDTMD	.470	.629	.593	.258	.114	-.903	.956	.992	.953	.972	1.000	.979
	EDTHIGH	.538	.659	.661	.302	.043	-.851	.916	.964	.955	.930	.979	1.000

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.952	66.266	66.266	7.952	66.266	66.266	7.445	62.045	62.045
2	2.373	19.771	86.037	2.373	19.771	86.037	2.879	23.993	86.037
3	.997	8.306	94.343						
4	.419	3.489	97.832						
5	.173	1.443	99.275						
6	.087	.725	100.000						
7	1.640E-15	1.367E-14	100.000						
8	5.583E-16	4.653E-15	100.000						
9	2.444E-16	2.037E-15	100.000						
10	-3.702E-17	-3.085E-16	100.000						
11	-2.553E-16	-2.128E-15	100.000						
12	-3.939E-16	-3.282E-15	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Scree Plot



Component Matrix ^a			Rotated Component Matrix ^a		
	Component			Component	
	1	2		1	2
RTHIGH	.973	.031	EDTMID	.990	.079
EDTMID	.968	-.223	RTMID	.972	.115
EDTHIGH	.967	-.134	EDTLOW	.971	.100
RTMID	.962	-.183	EDTHIGH	.962	.164
EDTLOW	.956	-.197	RTLOW	.928	.138
RTLOW	.926	-.148	LOGOSRT	-.927	.139
LOGOSRT	-.842	.412	RTHIGH	.919	.322
OGKANATH E	.766	.199	OGKANAT HE	.671	.421
YPSOSPR	.719	.244	YPSOSPR	.612	.449
OGKOS	.676	.674	LAEQ	.215	-.914
LAEQ	-.070	-.936	APOSTOM	.148	.866
APOSTOM	.402	.781	OGKOS	.442	.847

Component Transformation Matrix		
Component	1	2
1	.954	.301
2	-.301	.954

Descriptives								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 5	1	-1.4050997					-1.40510	-1.40510
	2	-.2664981					-.26650	-.26650
	3	-.4635375					-.46354	-.46354
	4	-.5307214					-.53072	-.53072
	5	.7392318					.73923	.73923
	6	.2367673					.23677	.23677
	7	1.6898577					1.68986	1.68986
	Total	7	.0000000	1.0000000	.37796447	-.9248457	.9248457	-1.40510	1.68986
REGR factor score 2 for analysis 5	1	.3057741					.30577	.30577
	2	-.1035962					-.10360	-.10360
	3	-.0011901					-.00119	-.00119
	4	.7591095					.75911	.75911
	5	-1.8157978					-1.81580	-1.81580
	6	-.4821739					-.48217	-.48217
	7	1.3378744					1.33787	1.33787
	Total	7	.0000000	1.0000000	.37796447	-.9248457	.9248457	-1.81580	1.33787

Linear Regression Analysis

F1-PC1

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.712 ^a	.508	.409	.40357

a. Predictors: (Constant), nf1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.840	1	.840	5.155	.072 ^b
	Residual	.814	5	.163		
	Total	1.654	6			

a. Dependent Variable: meanf1

b. Predictors: (Constant), nf1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.013	.153		.088	.933
	nf1	-.373	.164	-.712	-2.270	.072

a. Dependent Variable: meanf1

F1-PC2

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.016 ^a	.000	-.200	.57507

a. Predictors: (Constant), nf2

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.000	1	.000	.001	.974 ^b
	Residual	1.654	5	.331		
	Total	1.654	6			

a. Dependent Variable: meanf1

b. Predictors: (Constant), nf2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.013	.217		.059	.955
	nf2	.008	.234	.016	.035	.974

a. Dependent Variable: meanf1

F2-PC1**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.943 ^a	.889	.866	.15219

a. Predictors: (Constant), nf1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.924	1	.924	39.892	.001 ^b
	Residual	.116	5	.023		
	Total	1.040	6			

a. Dependent Variable: meanf2

b. Predictors: (Constant), nf1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.084	.058		1.456	.205
	nf1	.391	.062	.943	6.316	.001

a. Dependent Variable: meanf2

F2-PC2**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.072 ^a	.005	-.194	.45484

a. Predictors: (Constant), nf2

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.005	1	.005	.026	.878 ^b
	Residual	1.034	5	.207		
	Total	1.040	6			

a. Dependent Variable: meanf2

b. Predictors: (Constant), nf2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.084	.172		.490	.645
	nf2	.030	.185	.072	.161	.878

a. Dependent Variable: meanf2

F3-PC1**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.250 ^a	.062	-.125	.33690

a. Predictors: (Constant), nf1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.038	1	.038	.332	.589 ^b
	Residual	.568	5	.114		
	Total	.605	6			

a. Dependent Variable: meanf3

b. Predictors: (Constant), nf1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.040	.127		-.313	.767
	nf1	-.079	.137	-.250	-.576	.589

a. Dependent Variable: meanf3

F3-PC2**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.942 ^a	.888	.866	.11639

a. Predictors: (Constant), nf2

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.537	1	.537	39.678	.001 ^b
	Residual	.068	5	.014		
	Total	.605	6			

a. Dependent Variable: meanf3

b. Predictors: (Constant), nf2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.040	.044		-.909	.405
	nf2	-.299	.047	-.942	-6.299	.001

a. Dependent Variable: meanf3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

T20 (sec) IFG μπαλόκι							
ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz) (ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ)	125	250	500	1000	2000	4000
1		0.65	0.56	0.59	0.47	0.6	0.57
2		0.64	0.5	0.46	0.54	0.65	0.63
3		0.45	0.47	0.48	0.61	0.76	0.71
4		0.75	0.6	0.55	0.63	0.79	0.7
5		0.49	0.56	0.52	0.49	0.64	0.58
6		0.69	0.56	0.53	0.59	0.74	0.68
7		0.68	0.52	0.5	0.5	0.6	0.57
8		0.38	0.58	0.55	0.63	0.78	0.75
M.O.		0.59	0.54	0.52	0.56	0.70	0.65

T30 (sec) IFG πιστόλι							
ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz) (ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ)	125	250	500	1000	2000	4000
1		0.72	0.56	0.52	0.6	0.71	0.67
2		0.74	0.59	0.52	0.65	0.74	0.7
3		0.61	0.57	0.54	0.62	0.77	0.73
4		0.79	0.57	0.58	0.68	0.81	0.76
5		0.64	0.64	0.54	0.58	0.7	0.64
6		0.87	0.6	0.57	0.67	0.74	0.73
7		0.68	0.57	0.52	0.61	0.73	0.69
8		0.73	0.6	0.55	0.67	0.72	0.72
M.O.		0.72	0.59	0.54	0.64	0.74	0.71

EDT (sec)							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1.12	0.61	0.48	0.56	0.56	0.52	0.47	0.46
0.82	0.67	0.66	0.46	0.46	0.56	0.63	0.46
1.06	0.69	0.49	0.47	0.72	0.65	0.56	0.42
0.89	0.7	0.5	0.37	0.34	0.44	0.62	0.42
0.63	0.52	0.37	0.64	0.65	0.52	0.53	0.42
0.58	0.54	0.53	0.5	0.64	0.56	0.56	0.47
0.96	0.69	0.39	0.55	0.57	0.63	0.6	0.5
0.73	0.64	0.3	0.47	0.52	0.63	0.63	0.56

T20 (sec) αμφιθέατρο μουσείου Μπενάκη μπαλόνι							
ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz) (ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ)	125	250	500	1000	2000	4000
		1		1.08	1.24	1.33	1.18	1	0.99
2		1.22	1.2	1.21	1.13	1	0.96
3		1.14	1.24	1.23	1.11	0.96	0.92
4		0.98	1.14	1.09	1.09	0.96	0.94
5		1.15	1.13	1.17	1.08	1.02	0.94
M.O.		1.11	1.19	1.21	1.12	0.99	0.95

T30 (sec) αμφιθέατρο μουσείου Μπενάκη πιστόλι							
ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz) (ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ)	125	250	500	1000	2000	4000
		1		1.01	1.18	1.23	1.11	1.02	0.95
2		1.15	1.32	1.24	1.12	1.04	0.95
3		1.16	1.27	1.21	1.11	1.05	0.95
4		1.22	1.21	1.19	1.12	1.01	0.94
5		1.11	1.2	1.19	1.11	1.05	0.95
M.O.		1.13	1.24	1.21	1.11	1.03	0.95

EDT (sec)							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0.73	0.9	1.09	1.04	0.99	0.88	0.78	0.7
0.98	1.23	1.07	1.27	1.18	0.96	0.91	0.79
1.14	0.78	1.13	1.12	1.1	0.91	0.91	0.78
0.86	0.97	1.19	1.35	1.09	1.02	0.97	0.81
0.81	0.85	1.09	1.02	1.02	0.86	0.9	0.78

T20 (sec) αμφιθέατρο ΤΕΙ Αθήνας μπαλόνι							
ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz) (ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ)	125	250	500	1000	2000	4000
1		1.15	1	0.91	0.99	1.02	0.88
2		0.87	0.98	0.97	1.1	1.01	0.84
3		1.03	1.04	1.1	1.05	1.03	0.95
4		1.05	0.94	0.97	1.01	1.01	0.87
M.O.		1.03	0.99	0.99	1.04	1.02	0.89

T30 (sec) αμφιθέατρο ΤΕΙ Αθήνας πιστόλι							
ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz) (ΟΚΤΑΒΙΚΗ ΖΩΝΗ)	125	250	500	1000	2000	4000
1		1.1	1.01	1.04	1	1.04	0.92
2		0.97	1.05	1.06	1	1.02	0.93
3		1.14	1.09	1.09	1.05	1.11	1
4		0.9	1.17	1.09	1.12	1.11	0.97
M.O.		1.03	1.08	1.07	1.04	1.07	0.96

EDT (sec)							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0.81	1.05	1.04	0.96	0.88	0.89	0.73	0.59
1.15	1.31	1.01	0.99	0.98	0.8	0.71	0.55
0.79	1.04	1.1	0.95	1.08	1.03	0.74	0.57
1.41	1.07	0.9	1.25	1.03	0.97	0.87	0.65

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ

1. Γενικές Πληροφορίες

Ημερομηνία

Αίθουσα

Θέση.....

Ομιλητής.....

Παρακαλώ βάλτε σταυρό σε ένα κουτάκι για κάθε ερώτηση:

1. **Με τι συχνότητα παρακολουθείτε ομιλίες σε αίθουσες διαλέξεων;**

Μεγάλη

Μέτρια

Μικρή

2. **Φύλο**

Άρρεν

Θήλυ

3. **Ηλικία**

έως 18

18-65

Άνω των 65

4. **Μιλάτε και καταλαβαίνετε καλά Ελληνικά;**

Ναι

Όχι

2. Οδηγίες

Αφού παρακολουθήσετε την ομιλία / διάλεξη, καλείστε να συμπληρώσετε πάνω στις ακόλουθες γραμμές (κλίμακες), μεταξύ των άκρων τους, την άποψή σας για την ακουστική του χώρου, έτσι όπως εσείς την αφουγκράζεστε. Π.χ. αν θεωρείτε πως ο ήχος είναι σχετικά δυνατός, μπορείτε να απαντήσετε όπως παρακάτω:

Αδύναμος |—————| **Δυνατός**

Μην διστάσετε να χρησιμοποιήσετε όλο το μήκος της κάθε γραμμής (κλίμακας)
Διευκρινίζεται πως καλείστε να κρίνετε την **ποιότητα του ήχου** στο χώρο και όχι το περιεχόμενο της ομιλίας.

3. Ερωτηματολόγιο

Χωρίς |—————| **Με ευκρίνεια**
ευκρίνεια

Απόμακρος |—————| **Κοντινός**

Με μεγάλη |—————| **Με μικρή**
διάχυση **διάχυση**

Με χαμηλή |—————| **Με υψηλή**
ακουστότητα **ακουστότητα**

Ζωντανός |—————| Άψυχος

Δυσχερής |—————| Ευχερής
στην ακρόαση στην ακρόαση

Πλήρης |—————| Άδειος

Με Ενοχλη- |—————| Με Ανύπαρ-
τική ηχώ κτη ηχώ

Πλούσιος σε |—————| Πτωχός σε
τονική ποιότητα τονική
ποιότητα

Αδύναμος |—————| Δυνατός

Υψηλής |—————| Χαμηλής
Αντήρησης αντήρησης

Διαυγής |—————| Μπερδεμένος

Σκληρός |—————| Μαλακός

Οξύς |—————| Μη οξύς

Πλούσιος |—————| Πτωχός

Μπερδεμένος |—————| Καθαρός

Διαπεραστικός |—————| Μη διαπεραστικός

Δυσάρεστος |—————| Ευχάριστος

Τραχύς |—————| Απαλός

Χαμηλός |—————| Υψηλός

Κενός |—————| Γεμάτος

Αμυδρός |—————| Δυνατός

Ρηχός |—————| Βαθύς

Προτιμητέος |—————| Μη προτι-
μητέος

Εξασθενημέ- |—————| Δυνατός
νος

Με υπόστασι |—————| Χωρίς
υπόσταση

Λαμπρός |—————| Σκοτεινός

Με όγκο |—————| Χωρίς όγκο

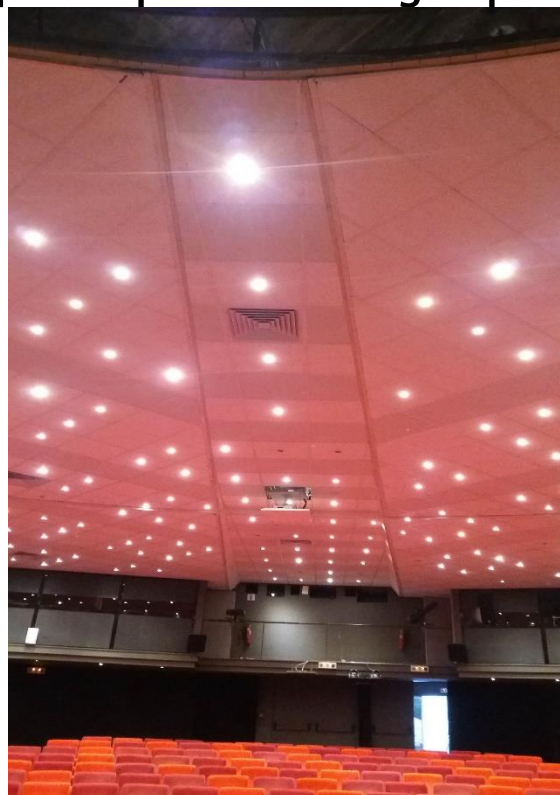
Ευδιάκριτος |—————| Δυσδιάκρι-
τος

Με κακή |—————| Με καλή γενική
εντύπωση |—————| γενική
εντύπωση

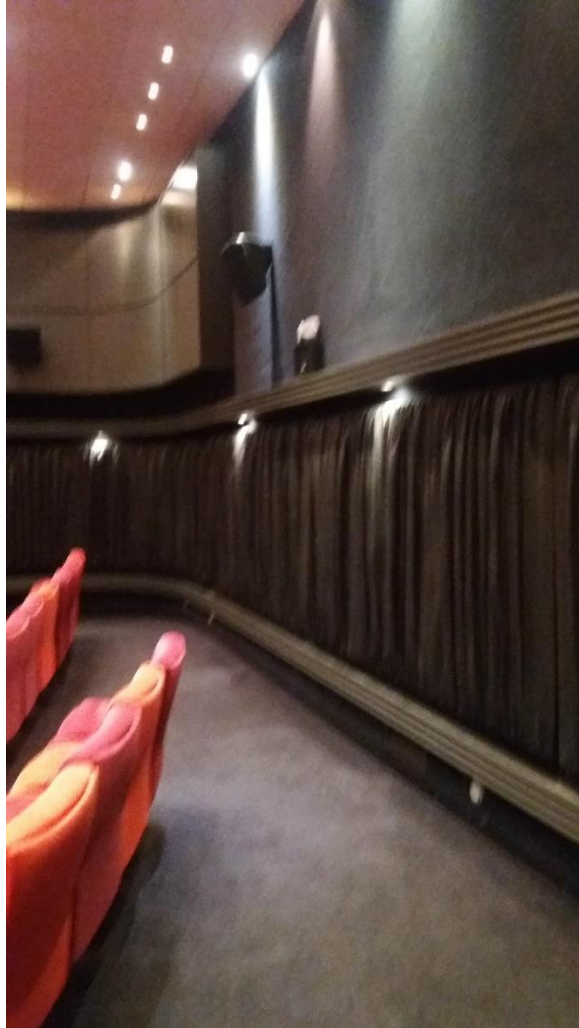
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ
ΕΚΔΗΛΩΣΕΩΝ**

1. Αμφιθέατρο «Theo Angelopoulos»









GÉRER LES DIFFÉRENCES
À L'ÉCOLE

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ



01-03.12.2016

ΤΑ ΚΙΝΗΜΑΤΑ FREINET ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ:
ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΤΙΕΣ

LES MOUVEMENTS FREINET DANS LE MONDE :
REGARDS CROISÉS

01.12.2016 - 17:00

ΤΟ ΚΙΝΗΜΑ FREINET ΑΠΟ ΤΟ ΧΘΕΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΡΑ
LE MOUVEMENT FREINET D'HIER À AUJOURD'HUI

02.12.2016 - 17:00

Η ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ FREINET ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ. ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ
LA PÉDAGOGIE FREINET DANS LE MONDE. EXPÉRIENCES ET PERSPECTIVES

03.12.2016 - 09:00

ΤΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΑΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ FREINET. ΓΙΑ ΕΝΑ ΣΧΟΛΕΙΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΣΤΑ
ΠΑΙΔΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

LES DROITS DE L'ENFANT EN PÉDAGOGIE FREINET. POUR UNE ÉCOLE OUVERTE
AUX ENFANTS DU MONDE

ΕΙΣΩΔΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗ, ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ | ENTRÉE LIBRE, TRADUCTION SIMULTANÉE

ΓΑΛΛΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΛΛΑΔΟΣ | INSTITUT FRANÇAIS DE GRÈCE, ΣΙΝΑ 31 | 31, RUE SINA 10680 ΑΘΗΝΑ | ΑΘΗΝΕΣ - WWW.IFG.GR



2. ΣΥΝΕΔΡΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

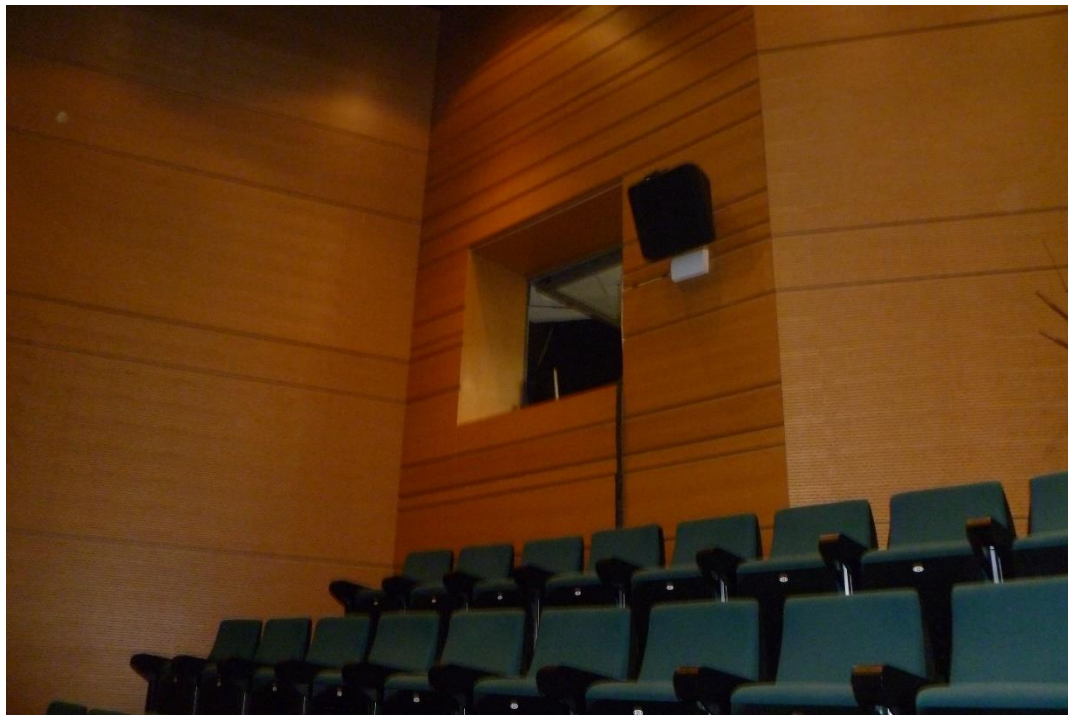


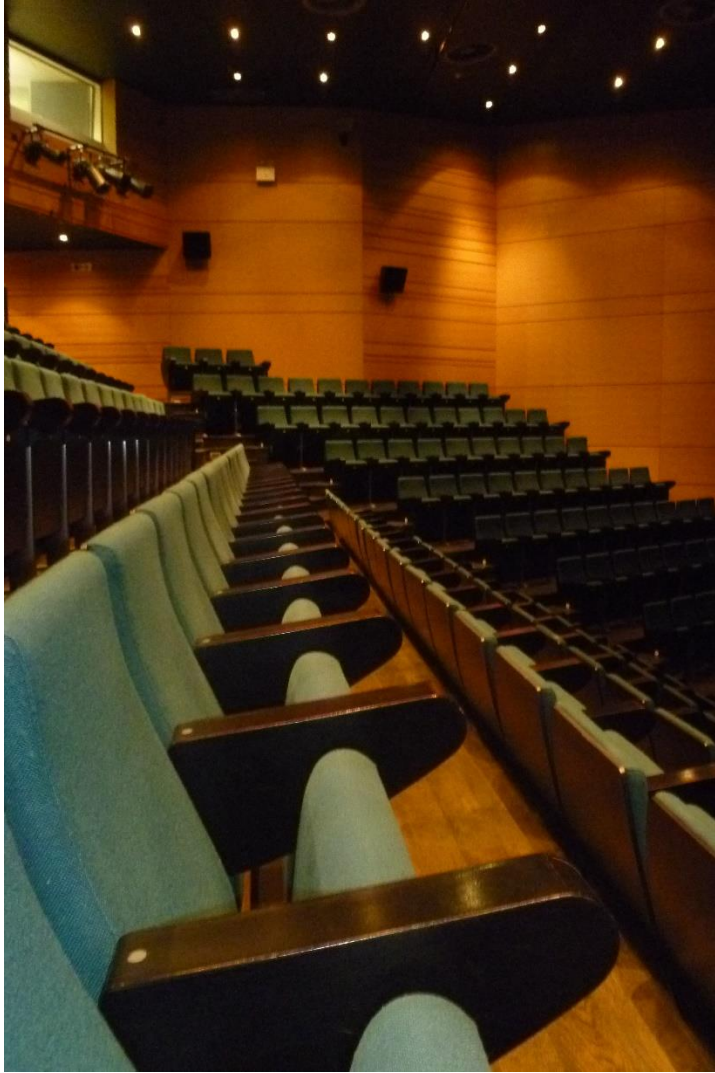


<p>13.45-14.45 Η Εγχώρια Γαστρονομία Συντονιστής: κα Νανά Δαρειώτη, δημοσιογράφος γεύσης - συγγραφέας</p> <ul style="list-style-type: none"> Μαστοράκος Στέλιος, Διευθυντής σχολής, Meat Pro, Ελληνικά Κρέατα και αλλαντικά... τα όπλα του Έλληνα chef Νίκος Ηλεκτρομυλός, Επαγγελματίας chef, Η Γαστρονομία από την πλευρά του τουρίστα Konovas Adam, Επαγγελματίας chef, Η ελληνική κουζίνα είναι νέα; Αθανασόπουλος Γιάννης, Επαγγελματίας pastry chef, Τα ελληνικά γλυκά Καλογεράκου Θεοδώρα, Η σημασία του ελληνικού πρωινού στην υγεία και στον πολιτισμό 	
<p>14.45-15.45 Το Μάρκετινγκ του Γαστρονομικού Τουρισμού Συντονιστής: Τριανταφύλλου Γιάννης, Founder & Director, To ATOMO (Marketing Services)</p> <ul style="list-style-type: none"> Παπαδήμα Δέσποινα, Σύμβουλος Επικοινωνίας, Η σωστή συνταγή για έναν γαστρονομικό προορισμό. Μαγειρεύοντας για την ανάπτυξη Καρατσιτσάλη Άλσα, Culinary Manager - Founder, Μαθήματα Μαγειρικής, Τα Μαθήματα Μαγειρικής - ένα εξαιρετικό προϊόν του Γαστρονομικού Τουρισμού Πολύζιος Βασίλης, Chief marketing officer at Nelios, Former ambassador at World Food Travel Association, Η ανάπτυξη του γαστρονομικού τουρισμού στο digital περιβάλλον 	<p>Πρόγραμμα 1^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου «Γαστρονομία & Τουρισμός»</p>
<p>15.45-16.30 Γαστρονομικός Τουρισμός και Μεσογειακή Διατροφή Συντονιστής: Μάγδα Πετσικού, Αρχισυντάκτρια Food Service Magazine</p> <ul style="list-style-type: none"> Κουσταρέλλη Β., Παληρίδης Γ., Αμπελιώτης Κ., Δέσπη Β., Σβάρλα Δ., Γκούσια Μ. και Μπόσκου Γ., Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Ελληνικά παραδοσιακά πρωινά εδέσματα: διατροφική αξία, περιβάλλον και κοινωνική αειφορία Γκίκα Ελένη, Καλύτερη Κυριακή, Παληρίδης Γεώργιος, Λουπασάκη Σοφία, Μπόσκου Γεώργιος, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων, Για ένα κομμάτι πύλα... Οι παραδοσιακές πίτες της Ελλάδας ως αντικείμενο γαστρονομικού τουρισμού Παληρίδης Γεώργιος, Αβδημάκης Στέργιος, Γαϊζή Κατερίνα, Μπόσκου Γεώργιος, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Μαγειρεύοντας με έμπνευση τα πέντε στοιχεία του Αριστοτέλη. Μια προσπάθεια αναβίωσης της ελληνιστικής κουλίας στη λαοδικακή Γεωργιάδα Γ.Τ., Marketing Director YOLENIS, Η προώθηση των ελληνικών προϊόντων στο εξωτερικό ως προϊόντα υψηλής διατροφικής και γαστρονομικής αξίας 	<p>Α' Θεματική ενότητα: ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ Σάββατο, 26/11/2016</p> <p>10.00-11.00 Καλωσόρισμα - Εισαγωγή Συντονιστής: Καθηγητής Περικλής Λύτρας</p> <ul style="list-style-type: none"> Μπριταίκος Μιχαήλ, Πρόεδρος ΤΕΙ Αθήνας Μπαρμπατίτης Ιωάννης, Πρόεδρος Ομίλου για την Unesco Πειραιά και Νήσων Κουντουρά Έλενα, Υπουργός Τουρισμού Αποστόλου Ευάγγελος, Υπουργός Αγροτικής Ανάπτυξης Μάμαλης Σπυρίδων, Πρόεδρος Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Βάρφλη Αντελίνα, Αντιπρόεδρος FBMA Greece Φωτιστοπούλου Αντώνης, Προϊστάμενος Γενικής Διεύθυνσης Διασφάλισης Ποιότητας Αγροτικών Προϊόντων Πετσικού Μάγδα, Διευθ. Σύστασης Περιόδου Food Service Μουζίκης Κωνσταντίνος, Διευθ. Γαστρονομίας Ομίλου για την Unesco Πειραιά και Νήσων Ποιλιού Μαρίνα, MSc Τεχνολόγος Τροφίμων, Γεν. Γραμματέας Πανελληνίας Ένωσης Τεχνολόγων Τροφίμων (ΠΕΤΕΤ) <p>Συντονιστής: Αγγελίδης Νίκος, Δημοσιογράφος EPT</p> <p>11.00-11.30 Key Note Speaker Garibaldi Roberta, Scientific Director of East Lombardy, European Region of Gastronomy 2017, Οι τάσεις στην εστίαση και η περίπτωση του Lombardy ως Ευρωπαϊκή γαστρονομική πρωτεύουσα για το 2017</p> <p>11.30-12.00 Key Note Speaker Λαζάνη Χάντι, Επικεφαλής Επιτροπής Διεκδίκησης Τίτλου «Γαστρονομική Περιφέρεια της Ευρώπης 2019» για το Νότιο Αιγαίο, Επιστημονική Συνεργάτης και Δ/τρια Γραφείου του Περιφερειάρχη Νοτίου Αιγαίου, Η διεκδίκηση του τίτλου της Γαστρονομικής Περιφέρειας της Ευρώπης 2019, εργαλείο ανάπτυξης του Νοτίου Αιγαίου ως διεθνούς Γαστρονομικού Προορισμού</p> <p>12.00-12.30 Coffee Break</p> <p>12.30-13.00 Γαστρονομικός Τουρισμός Παρόν & Μέλλον Συντονιστής: Καρανταβέλλου Βίνα, Travel Daily News</p>
<p>16.30-17.00 Εκπαιδευτικό Βιωματικό Σεμινάριο Γαστρονομικού Τουρισμού Ελευθερία Τκρίμα, Ερευνητρια, Παιδαγωγός & Δημιουργός του προγράμματος «Ο μαγικός τουρισμός - Μια βόλτα ταξιδεύει» [βραβείο Silver στα Tourism Awards 2016 & τιμητική διάκριση στο Voluntary Action 2016] Διάλογος - Συζήτηση</p> <p>17.00 - 17.30 Πορίσματα Συνεδρίου, Μάγδα Πετσικού Κλείσιμο Συνεδρίου</p>	

<ul style="list-style-type: none"> Κουράσης Γεώργιος, Γενικός Γραμματέας ΓΕΣΒΕΕ και ΠΟΕΣΕ, Η γαστρονομία μαχόχς ανάπτυξης για την εγχώρια εστίαση Τριανταφύλλου Μαίρη, Πρόεδρος της Ένωσης Αμπελοουργών Ονομαστών Νήσων Αιγαίου (ΕΝΟΑΝΑ), Ονομαστικός Παρελθόν-Παρόν και Μέλλον Καλιπίης Χάρης, Συγγραφέας - Ερευνητής, Η σύνθεση γαστρονομίας και τουρισμού & τουρισμού Καλομάρη Αφροδίτη, Δημοσιογράφος, Επικοινωνιολόγος, Gastronomy Consultant, Γαστρονομικός τουρισμός: τα νέα δεδομένα και η σύνθεση με τους εμπλεκόμενους οικονομικούς κλάδους: Παρουσίαση πρόσφατης προσωπικής μελέτης Σηλιωτοπούλου Γιώτα, PR Manager Marketing Greece, Γαστρονομία- δυναμικός μαχόχς ανάπτυξης του τουριστικού προϊόντος 	<p>16.15-16.45 Διάλογος - Συζήτηση (Τέλος Πρώτης Ημέρας)</p> <p>Β' Θεματική ενότητα: ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ Κυριακή, 27/11/2016</p> <p>10.00-11.30 Γαστρονομικός Τουρισμός ως Όχημα Ανάπτυξης για τη Ελληνικός Τουριστικές Επιχειρήσεις Συντονιστής: Καρατσιτσάλη Άλσα, Culinary Manager-Founder, Μαθήματα Μαγειρικής</p> <ul style="list-style-type: none"> Ανδριανόπουλος Κώστας - Ζαγάνος Ανδρέας, Ιδρυτές Σχολείου Τουρισμού Κελαμάτας, Εκπαιδευτές Τουρισμού, Γαστρονομία & Τουρισμός: Νιώση και Πράξη Κωστόπουλος Πάρις, Mca Executive Chef, Γαστρονομικός Σύμβουλος, Η γαστρονομία ως κινητήριο δύναμη και πόλος έλξης επισκεπτών Λαλούμης Αθανάσιος, FB Manager και εργαστηριακός συνεργάτης ΤΕΙ, Value for money στην επιλογή ανθρώπινου δυναμικού μονάδων εστίασης Κεφάλος Μανώλης, Chef-επιχειρηματίας εστίασης, Η τουριστική ανάπτυξη μέσα από την γαστρονομία. Κουρέντας Παναγιώτης, INPERSON Managing Director, Ιδρυτής COSTEASY, Η σημασία της κοστολόγησης ως εργαλείο ανάπτυξης στον γαστρονομικό τουρισμό της σύγχρονης επαχής με εφαρμογή νέων τεχνολογιών Αδαμακάκη Γιούργος, Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ, Σύμβουλος PRO.EX. Η πρόκληση στη γαστρονομία
<p>13.00-14.45 Ο Γαστρονομικός Τουρισμός - Εννοιες & Ορισμοί Συντονιστής: Καλομάρη Αφροδίτη, Δημοσιογράφος, Επικοινωνιολόγος, Gastronomy Consultant</p> <ul style="list-style-type: none"> Κανέλλου Αναστασία, Καθηγήτρια Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων, ΣΤΕΠΡΟΔ, ΤΕΙ Αθήνας, Ελληνικές Διατροφικές Συνήθειες και Ευεξία Dr. Παναγιής Πασιράς, Senior Research Analyst, Η Τεχνολογία στην Υγεία της Γαστρονομικής Εμπειρίας Καραγιάννη Αγγελική, Project Manager ΣΕΤΕ, Η σύνθεση Γαστρονομίας- Τουρισμού ως ελατήριο ανάκαμψης των τοπικών οικονομιών και κοινωνιών Μίνωγλου Άννα, Hospitality & Gastronomy Professional, MA (Honours) Hotel & Catering Management, MSc Tourism Policy & Management, Φεστιβάλ γαστρονομίας και οίνου: ευκαιρία ή παγίδα; 	<p>11.30-12.30 Συναρμωώντας το Γαστρονομικό Χάρτη της Ελλάδας - Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης Συντονιστής: Ελευθερία Βασιλειάδη, δημοσιογράφος γεύσης</p> <ul style="list-style-type: none"> Δαρειώτη Νανά, δημοσιογράφος γεύσης - συγγραφέας Σταθόπουλος Δημήτρης, δημοσιογράφος - ταξιδιωτικός συντάκτης Τουφλή Δηάνα, δημοσιογράφος γεύσης Κυριακοπούλου Χριστολίνα, Δημοσιογράφος Γεύσης - Ομιλήτρια, Ο Ρόλος των ΜΜΕ στην Γαστρονομία και Τουρισμό Μαμαλάκης Ηλίας, Ταξιδευτής - Γεωσυνάωστης
<p>14.45-15.30 Γαστρονομικός Τουρισμός & Τουριστική Εκπαίδευση Συντονιστής: Σουζή Παναγιώτα, Αρχισυντάκτρια Tourism Press</p> <ul style="list-style-type: none"> Τριανταφύλλου Γιάννης, Founder & Director, To ATOMO (Marketing Services), F&B Pros & Customer Experience Λαλούμης Δημήτρης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΔΟ, ΤΕΙ Αθήνας, F & B Management tips Πεδιαιδής Αναστασία, Food & Beverage Manager, F&B Lecturer, Η παρουσία του γαστρονομικού τουρισμού στα προγράμματα τουριστικής εκπαίδευσης Κοκκάκης Ανίστη, Chief Advisor Hotel Operations, YADA International, Η ανάγκη για επαγγελματική κατάρτιση στην αγορά ξενοδοχείων και εστίασης (real case problems) Μπαρμπατίτης Μιχαήλ, Εκπαιδευτικός, Ι.Ε.Κ. Αναβρύσσης, Υπουργείου Τουρισμού, Γαστρονομικός τουρισμός και σύνθεση εδεσματολογίου 	<p>12.30-13.15 Η Ελληνική Γαστρονομία στο Εξωτερικό Συντονιστής: Μάγδα Πετσικού, Αρχισυντάκτρια Food Service Magazine</p> <ul style="list-style-type: none"> Τοΰλιας Σταμάτης, chef. Loi Maria, chef (μέσω skype). Βεκρής Δόξης, chef. <p>Διάλογος - Συζήτηση.</p> <p>13.15-13.45 Coffee Break</p>
<p>15.30-16.15 Γαστρονομικός Τουρισμός & Προϊόντα ΠΟΠ/ΠΠΕ Συντονιστής: Καθηγητής Γ. Μπόσκου, Επίκουρος Καθηγητής Τμήμα Επιστήμης Διατροφολογίας - Διατροφής, Σχολή Επιστημών Υγείας & Αγωγής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο</p> <ul style="list-style-type: none"> Γεωργόπουλος Θεοφάνης, Καθηγητής Εφαρμογών ΤΕΙ Θεσσαλίας, Σύμβουλος στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων Παραγωγή και ποιοτικά χαρακτηριστικά παραδοσιακών προϊόντων Μπουλιώνης Χαράλαμπος, Προϊστάμενος Τμήματος ΠΟΠ, ΠΠΕ, ΕΠΠ και άλλων συστημάτων ποιότητας, Πλεονεκτήματα, προβλήματα και 	

3. ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ «ΜΙΧΑΛΗΣ ΚΑΚΟΓΙΑΝΝΗΣ»





4. ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΜΠΕΝΑΚΗ





ek
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΗΜΕΡΙΔΑ

www.ek-mag.com

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΗΜΕΡΙΔΑ

Εργαστήριο 66 – Atelier 66

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΙ ΣΟΥΖΑΝΑ ΑΝΤΩΝΑΚΑΚΗ

Το περιοδικό ek σε συνεργασία με το Ελληνικό Ινστιτούτο Αρχιτεκτονικής οργανώνουν στο Αμφιθέατρο του Μουσείου Μπενάκη (Πειραιώς 138) ημερίδα με θέμα το έργο των αρχιτεκτόνων ΔΗΜΗΤΡΗ ΚΑΙ ΣΟΥΖΑΝΑΣ ΑΝΤΩΝΑΚΑΚΗ



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ
HELLENIC INSTITUTE OF ARCHITECTURE

ΕΙΣΟΔΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗ

5. ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ Γ18





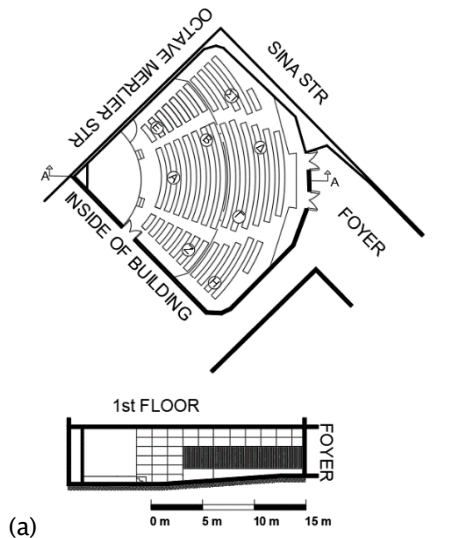
6. MAX



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ
SHORT VERSION IN
ENGLISH

Table I Basic details of the lecture halls. (1: «Theo Angelopoulos», 2: Conference Hall of the University of West Attics, 3: Auditorium of «Michalis Kakogiannis» Foundation, 4: Auditorium of Benaki Museum, 5: Auditorium G18, 6: MAX, 7: Auditorium 1,2)

Theatre	1	2	3	4	5	6	7
Construction	1973–1976	1974–1975	2007–2008	2001–2004	1930	1950	1998–2002
Renovation	2008	2006–2007	–	–	–	–	–
Architect	Molfesis	–	Sgoutas & Sgoutas	Kokkinou & Kourkoulas	Kitsikis	Kriezis	–
Capacity	365	388	330	360	208	417	269
Volume (m³)	1559.25	2122.94	1698.378	1206.65	977,6	3002.4	1614
Volume per seat	4.27	5.47	5.15	3.35	4.7	7.2	6
Length (m)	12	22.55	20.37	18.3	15.3	25.1	14.1
Width (m)	24	17.7	23.58	17	11.7	17.5	20.5
Height (m)	5.35	6.4	7.9	5.68	6	8.2	5.4
Area (m²)	345	388.26	273.5	358.35	186.68	390.1	276.41
RTmid (s)	0.59	1.06	0.91	1.16	1.56	2.19	1.31



(a)



(b)



(c)



(d)

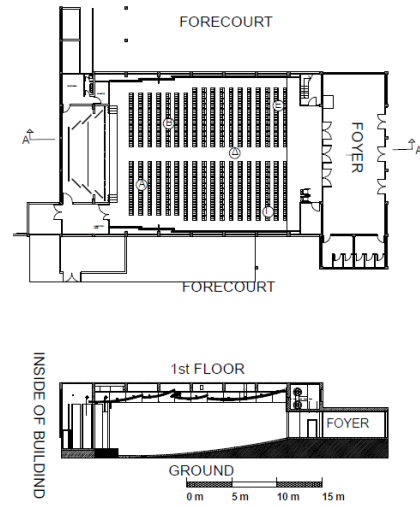
Fig. 1 Theo Angelopoulos auditorium

(a) Top: plans, bottom: long view

(b) Rear view

(c) Front/side view

(d) Outside view



(a)



(b)



(c)



(d)

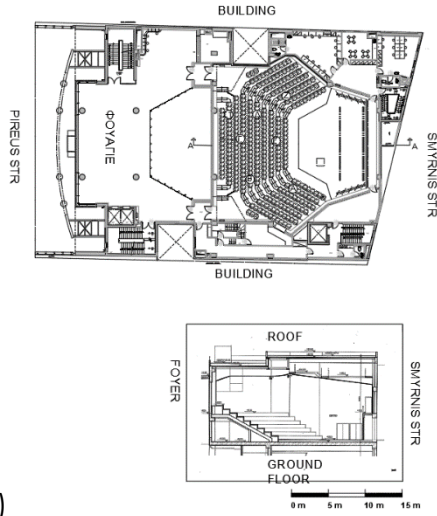
Fig. 2 Conference Hall, Univ. of West Attics

(a) Top: plans, bottom: long view

(b) Rear view

(c) Front view

(d) Outside view



(a)



(b)



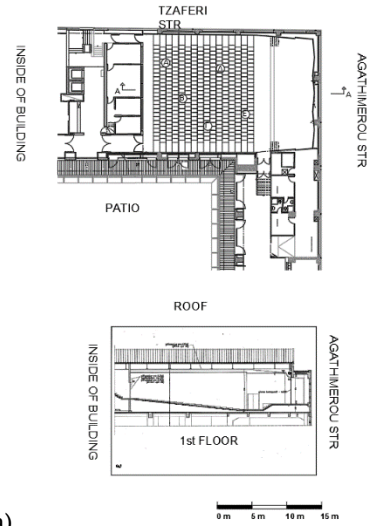
(c)



(d)

Fig. 3 Michalis Kakogiannis Foundation auditorium

- (a) Top: plans, bottom: long view
- (b) Rear view
- (c) Front/side view
- (d) Outside view



(a)



(b)



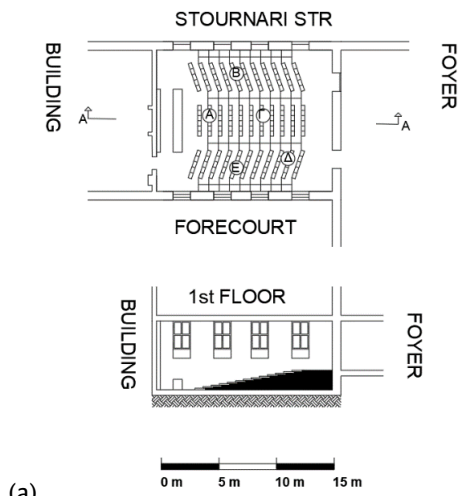
(c)



(d)

Fig. 4 Benaki museum auditorium

- (a) Top: plans, bottom: long view
- (b) Rear view
- (c) Front/side view
- (d) Outside view



(a)



(b)



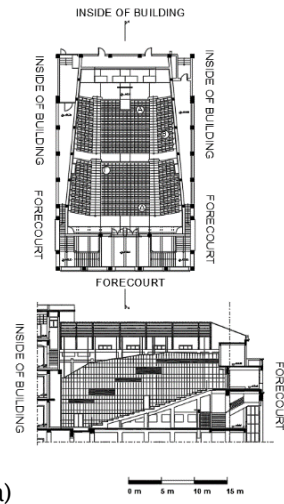
(c)



(d)

Fig. 5 G18 auditorium

- (a) Top: plans, bottom: long view
- (b) Rear view
- (c) Front/side view
- (d) Outside view



(a)



(b)



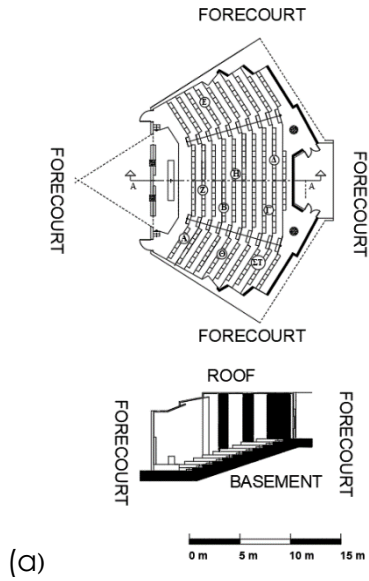
(c)



(d)

Fig. 6 Great auditorium of Chemical Engineers (MAX)

- (a) Top: plans, bottom: long view
- (b) Rear view
- (c) Front view



(a)



(b)



(c)



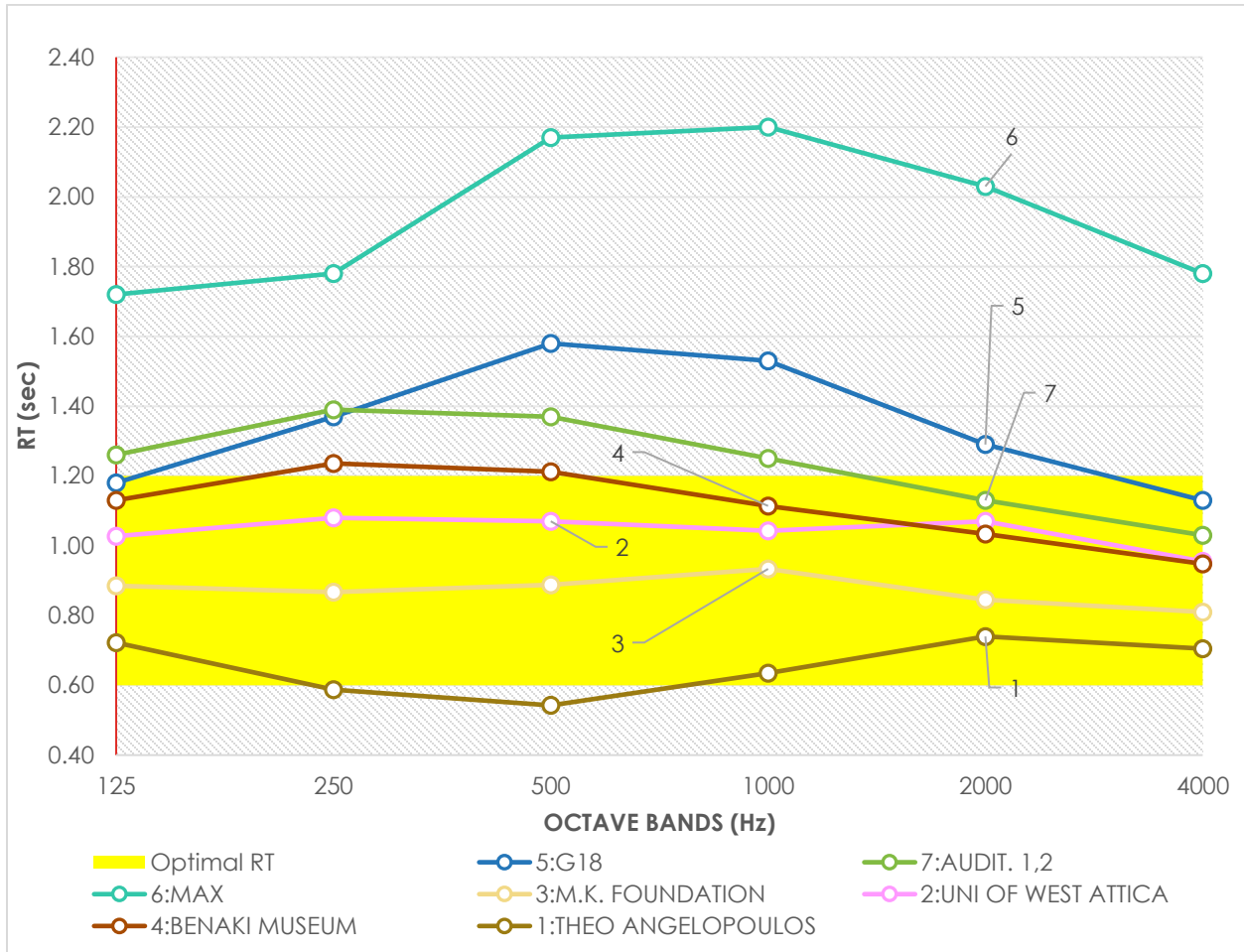
(d)

Fig. 6 Auditorium 1,2 (Twin auditoria)

- (a) Top: plans, bottom: long view
- (b) Rear view
- (c) Front view
- (d) Outside view

Fig. 8 Reverberation Time for each lecture hall.

(--- Optimal Reverberation time for lecture halls, according to Ermann [Ermann,2015] lower limit is 0.6 sec and upper limit is 1.00 sec for lecture halls that have height:H, width:1,5H and length:2H. For bigger halls the upper limit can be up to 1.20 sec)



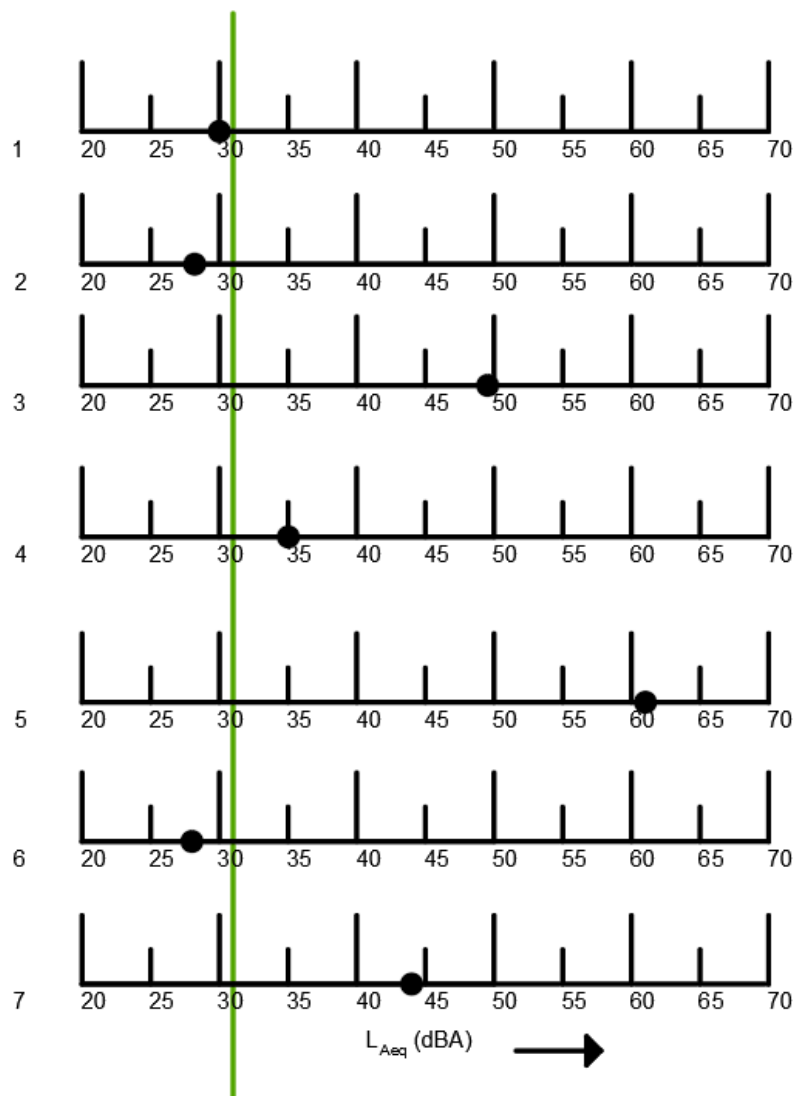


Fig. 9 Background noise for each auditorium (1: Theo Angelopoulos, 2: Conference Hall, University of West Attica, 3: Auditorium of M. Kakogiannis Foundation, 4: Auditorium of Benaki Museum, 5: G18 auditorium, 6: MAX, 7: Auditorium 1,2)

Table II. List of opposite labels used in the subjective evaluations

1	<i>Χωρίς ευκρίνεια</i> No clarity	<i>Με ευκρίνεια</i> Clarity
2	<i>Απόμακρος</i> Distant	<i>Κοντινός</i> Near
3	<i>Με μεγάλη Διάχυση</i> Good diffusion	<i>Με μικρή διάχυση</i> Poor diffusion
4	<i>Χαμ. Ακουστότητα</i> Low audibility	<i>Υψ. Ακουστότητα</i> High audibility
5	<i>Ζωντανός</i> Live	<i>Άψυχος</i> Dead
6	<i>Δυσχερής στην ακρ.</i> Poor listening	<i>Ευχερής στην ακρ.</i> Good listening
7	<i>Πλήρης</i> Full	<i>Άδειος</i> Empty
8	<i>Με ενοχλ. Ηχώ</i> Disturbing echo	<i>Με ανύπαρκτη ηχώ</i> Non-existent echo
9	<i>Πλούσιος σε τον.</i> <i>Ποιότητα</i> Of rich tone	<i>Πτωχός σε τον.</i> <i>ποιότητα</i> Of poor tone
10	<i>Αδύναμος</i> Weak	<i>Δυνατός</i> Strong
11	<i>Υψ. Αντήρησης</i> Reverberant	<i>Χαμ. Αντήρησης</i> Dry
12	<i>Διαυγής</i> Distinct	<i>Μπερδεμένος</i> Blurred
13	<i>Σκληρός</i> Rough	<i>Μαλακός</i> Smooth
14	<i>Οξύς</i> Sharp	<i>Μη οξύς</i> Flat
15	<i>Πλούσιος</i> Rich	<i>Πτωχός</i> Poor
16	<i>Μπερδεμένος</i> Blurred	<i>Καθαρός</i> Clear
17	<i>Διαπεραστικός</i> Of harsh tone	<i>Μη διαπεραστικός</i> Of rich tone
18	<i>Δυσάρεστος</i> Unpleasant	<i>Ευχάριστος</i> Pleasant
19	<i>Τραχύς</i> Harsh	<i>Απαλός</i> Soft
20	<i>Χαμηλός</i> Low	<i>Υψηλός</i> High
21	<i>Κενός</i> Void	<i>Γεμάτος</i> Full
22	<i>Αμυδρός</i> Dim	<i>Δυνατός</i> Loud
23	<i>Ρηχός</i>	<i>Βαθύς</i>

	Shallow	Profound
24	<i>Προτιμητέος</i> Preferable	<i>Μη προτιμητέος</i> Not Preferable
25	<i>Εξασθενημένος</i> Faint	<i>Δυνατός</i> Strong
26	<i>Με υπόσταση</i> Full bodied	<i>Χωρίς υπόσταση</i> Thin
27	<i>Λαμπρός</i> Brilliant	<i>Σκοτεινός</i> Dim
28	<i>Με όγκο</i> Voluminous	<i>Χωρίς όγκο</i> Thin
29	<i>Ευδιάκριτος</i> Well defined	<i>Δυσδιάκριτος</i> Non distinct
30	<i>Με κακή γενική εντύπωση</i> Poor overall impression	<i>Με καλή γενική εντύπωση</i> Good overall impression

Table III Results of factor analysis of data obtained from Theo Angelopoulos auditorium.
(Percentage variance accounted for by each factor is 30.2, 19.7 and 14.2 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.33 , F2: ± 0.34 , F3: ± 0.344).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Subjective intensity	Dim	Loud	.917
	Low	High	.894
	Faint	Strong	.875
	Weak	Strong	.860
	Void	Full	.825
	Shallow	Profound	.823
	Distant	Near	.802
	Blurred	Clear	.797
	Poor overall impression	Good overall impression	.785
	Low audibility	High audibility	.756
	Poor listening	Good listening	.669
	Harsh	Soft	.636
	Unpleasant	Pleasant	.605
	Disturbing echo	Non-existent echo	.501
	No clarity	Clarity	.476
	Rough	Smooth	.417
Sharp	Flat	.396	
II. Clarity	Well defined	Non distinct	.867
	Full bodied	Thin	.843
	Distinct	Blurred	.841
	Brilliant	Dim	.817
	Preferable	Not Preferable	.803
	Rich	Poor	.715
	Voluminous	Thin	.696
	Full	Empty	.655
	Of rich tone	Of poor tone	.646
	Live	Dead	.502
III. Negative attributes of the PA	Of harsh tone	Of rich tone	.799
	Reverberant	Dry	.648

Poor listening	Good listening	.597
Sharp	Flat	.594
Unpleasant	Pleasant	.575
Good diffusion	Poor diffusion	.571
		.496
Disturbing echo	Non-existent echo	
Harsh	Soft	.493
Rough	Smooth	.452
Poor overall impression	Good overall impression	.446

Table IV. Results of factor analysis of data obtained from Conference Hall of Univervisty of West Attica.
 (Percentage variance accounted for by each factor is 24.9, 24.6 and 13.9 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.44 , F2: ± 0.45 , F3: ± 0.46).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Clearness	Faint	Strong	.905
	Distinct	Blurred	-.878
	Void	Full	.819
	Low	High	.804
	No clarity	Clarity	.787
	Rich	Poor	-.768
	Dim	Loud	.767
	Blurred	Clear	.677
	Low audibility	High audibility	.651
	Weak	Strong	.642
	Of rich tone	Of poor tone	-.626
	Well defined	Non distinct	-.529
	II. Body – Subjective Intensity	Brilliant	Dim	.889
Poor listening		Good listening	-.868
Live		Dead	.864
Distant		Near	-.832
Full		Empty	.822
Shallow		Profound	-.802
Voluminous		Thin	.730
Full bodied		Thin	.714
Preferable		Not Preferable	.704
Reverberant		Dry	.659
Of harsh tone		Of rich tone	.459
Sharp		Flat	.463
III. Negative attributes of the PA		Preferable	Not Preferable	-.503
	Unpleasant	Pleasant	.851
	Harsh	Soft	.777
	Sharp	Flat	.737
	Rough	Smooth	.665
	Poor overall impression	Good overall impression	.630

	Disturbing echo	Non-existent echo	.597
--	--------------------	----------------------	------

Table V Results of factor analysis of data obtained from the auditorium of M. Kakogiannis Foundation. (Percentage variance accounted for by each factor is 25.26, 17.76 and 11.50 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.389 , F2: ± 0.396 , F3: ± 0.305).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Subjective Intensity	Poor listening	Good listening	.891
	Low audibility	High audibility	.831
	Weak	Strong	.821
	Low	High	.777
	No Clarity	Clarity	.751
	Distinct	Blurred	-.704
	Dim	Loud	.671
	Of rich tone	Of poor tone	-.669
	Unpleasant	Pleasant	.651
	Faint	Strong	.636
	Distant	Near	.595
	Shallow	Profound	.511
	Void	Full	.502
	Blurred	Clear	.482
	Poor overall impression	Good overall impression	.465
	Full	Empty	-.409
	II. Clarity	Brilliant	Dim	.761
Volunimous		Thin	.741
Preferable		Not Preferable	.724
Full bodied		Thin	.688
Void		Full	-.663
Dim		Loud	-.601
Well defined		Non distinct	.565
Faint		Strong	-.574
Full		Empty	.541
Poor overall impression		Good overall impression	-.475
III. Negative attributes of the PA	Sharp	Flat	.794
	Of harsh tone	Of rich tone	.779
	Reverberant	Dry	.718
	Rich	Poor	.656
	Rough	Smooth	.648
	Harsh	Soft	.505
	Blurred	Clear	-.414

Table VI Results of factor analysis of data obtained from the Benaki Museum auditorium.
(Percentage variance accounted for by each factor is 19.88, 18.86 and 15.37 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.44 , F2: ± 0.45 , F3: ± 0.460).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Clearness	Blurred	Clear	.802
	Unpleasant	Pleasant	.765
	Poor overall impression	Good overall impression	.746
	Distinct	Blurred	-.693
	Preferable	Not preferable	-.664
	Well defined	Non distinct	-.660
	Low audibility	High audibility	.631
	Poor listening	Good listening	.620
	No clarity	Claritu	.595
	Harsh	Soft	.476
	Disturbing echo	Non existent echo	.449
	Faint	Strong	.459
	II. Negative attributes of the PA	Rough	Smooth	.812
Voluminous		Thin	-.767
Sharp		Flat	.738
Harsh		Soft	.702
Void		Full	.679
Brilliant		Dim	-.670
Full bodied		Dim	-.609
Shallow		Profound	.606
Disturbing echo		Non existent echo	.503
III. Subjective intensity	Shallow	Profound	.574
	Weak	Strong	.823
	Low	High	.748
	Dim	Loud	.694
	Faint	Strong	.644
	Distant	Near	.632
	Live	Dead	-.623
	Of harsh tonhe	Of rich tone	-.476

Table VII. Results of factor analysis of data obtained from the G18 auditorium.
(Percentage variance accounted for by each factor is 27.81, 16.97 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.412 , F2: ± 0.429).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Intensity	Voluminous	Thin	-.792
	Rich	Poor	-.748
	Weak	Strong	.745
	Void	Full	.728
	Full bodied	Thin	-.687
	Brilliant	Dim	-.663
	Faint	Strong	.656
	Shallow	Profound	.640
	Low audibility	High audibility	.631
	Live	Dead	-.620
	Full	Empty	-.601
	Low	High	.598
	Unpleasant	Pleasant	.567
	Dim	Loud	.555
	Reverberant	Dry	-.545
	No clarity	clarity	.537
	Poor overall impression	Good overall impression	.530
	Distant	Near	.525
	Of harsh tone	Of rich tone	-.509
	Of rich tone	Of poor tone	-.436
Well defined	Non distinct	-.422	
II. Clarity	Blurred	Clear	.823
	Distinct	Blurred	-.800
	Well defined	Non distinct	-.735
	Preferable	Not preferable	-.708
	Poor listening	Good listening	.689
	Disturbing echo	Non existent echo	.435
	Rough	Smooth	-.434
	Unpleasant	Pleasant	.428

Table VIII. Results of factor analysis of data obtained from the MAX.
(Percentage variance accounted for by each factor is 27.55, 25.30 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.426 , F2: ± 0.434).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Clarity	Distinct	Blurred	-.825
	Blurred	Clear	.768
	Poor listening	Good listening	.764
	Preferable	Not preferable	-.753
	Faint	Strong	.747
	No clarity	Clarity	.742
	Poor overall impression	Good overall impression	.711
	Weak	Strong	.703
	Low audibility	High audibility	.696
	Unpleasant	Pleasant	.656
	Live	Dead	-.549
	Distant	Near	.542
	Low	High	.537
	Well defined	Non distinct	-.506
	II. Negative attributes of the PA	Unpleasant	Pleasant	.456
Full		Empty	-.736
Sharp		Flat	.684
Voluminous		Thin	-.673
Void		Full	.648
Disturbing echo		Non existent echo	.641
Harsh		Soft	.613
Shallow		Profound	.567
Dim		Loud	.492

Table IX. Results of factor analysis of data obtained from the 1,2 auditorium.
(Percentage variance accounted for by each factor is 25.99 and 17.02 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.426 , F2: ± 0.434).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Clarity – Subjective Intensity	Poor listening	Good listening	0.868
	Unpleasant	Pleasant	0.833
	Low audibility	High audibility	0.799
	Void	Full	0.782
	Harsh	Soft	0.746
	Faint	Strong	0.745
	Well defined	Non distinct	-0.728
	Dim	Loud	0.694
	Poor overall impression	Good overall impression	0.677
	Low	High	0.606
	Preferable	Not preferable	-0.592
	Live	Dead	-0.591
	Weak	Strong	0.587
	Full	Empty	-0.526
	II. Body	Low	High	-0.480
Preferable		Not Preferable	0.468
Live		Dead	0.438
Full		Empty	0.468
Of rich tone		Of poor tone	0.800
Of harsh tone		Of rich tone	0.774
Sharp		Flat	0.717
Reverberant		Dry	0.704
Rich		Poor	0.646
Rough		Smooth	0.607
No clarity		Clarity	-0.569
Distinct		Blurred	0.458

Table X Results of factor analysis of measured acoustic parameters that were obtained from the seven lecture halls.

Listed loadings are above 0.55

(Percentage variance accounted for by each factor is 24.46, 16.59 and 10.25 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.160 , F2: ± 0.163 , F3: ± 0.166).

Factor	Associated Scales		Loadings
I. Subjective Intensity – Audibility	Faint	Strong	0.826
	Weak	Strong	0.822
	Low	High	0.807
	DIm	Loud	0.804
	Low audibility	High audibility	0.771
	Void	Full	0.725
	Poor listening	Good listening	0.710
	Blurred	Clear	0.689
	Poor overall impression	Good overall impression	0.663
	Distant	Near	0.645
	No clarity	Clarity	0.624
Unpleasant	Pleasant	0.613	
II. Body – Volume	Full bodied	Thin	0.775
	Brilliant	Dim	0.753
	Preferable	Not preferable	0.713
	Volunimous	Thin	0.670
	Rich	Poor	0.639
	Of rich tone	Of poor tone	0.605
	Full	Empty	0.602
	Distinct	Blurred	0.585
III. Sharpness – Harshness	Sharp	Flat	0.681
	Rough	Smooth	0.674
	Of harsh tone	Of rich tone	0.645
	Reverberant	Dry	0.629
	Harsh	Soft	0.624

Table XI List of test lecture halls

Number	Theatre
1	Auditorium Theo Angelopoulos
2	Conference Hall of University of West Attica Auditorium of Michaliis Kakogiannis
3	Foundation
4	Auditorium of Benaki Museum
5	Auditorium G18 Great Auditorium of Chemical Engineers
6	(MAX)
7	Auditorium 1,2 (Twin auditoria)

Table XII Comparison of subjective factor scores between test lecture halls.

Theatre	Factor	F - ratio	Significance
	Subjective Intensity - Audibility	8.728	0.00
	Body - Volume	6.989	0.00
1+2+3+4+5+6+7	Sharpness - Harshness	2.899	0.01

Table XIII Physical criteria used in the correlations with subjective factors

Physical criterion	Symbol	Frecuency Region		
		Low	Mid	High
Reverberation time		RT _l	Rt _{mid}	RT _h
Early decay time		EDT _l	EDT _{mid}	EDT _h
Reverberation time spectrum index	RT _l /Rt _{mid}			
Background Noise Level	L _{aeq}			
Volume	V			
Volume per seat	V _{seat}			
Theatre hegiht at formost seats	H			
Theatre depth at stalls level in meters	S			

Table XIV Range of variation of physical parameters as measured in the seven lecture halls

Physical Parameter	Unit	Range of Variation
RT _l	s	0.66 - 1.75
Rt _{mid}	s	0.59 - 2.19
RT _h	s	0.73 - 1.91
RT _l /Rt _{mid}	-	0.80 - 1.12
EDT _l	s	0.55 - 1.75
EDT _{mid}	s	0.53 - 2.19
EDT _h	s	0.57 - 1.91
L _{Aeq}	dBA	28 - 61
V	m ³	977.6 - 3002
V _{seat}	-	3.35 - 7.2
H	m	5.35 - 9.77
S	m	11.54 - 22.54

Table XV Results of Principal Component analysis of measured data in the seven lecture halls

Principal Components	Associated Physical Criteria	Loadings
PC1	EDT _{mid}	0.99
	Rt _{mid}	0.972
	EDT _l	0.971
	EDT _h	0.962
	RT _l	0.928
	RT _l /Rt _{mid}	-0.927
	Rt _h	0.919
PC2	L _{Aeq}	-0.914
	S	0.866

Table XVI Relationships between subjective factors and physical components

Factor	Physical Component	R ²	b	Significance
I. Subjective Intensity - Audibility	-	-	-	-
II. Body - Volume	PC1	0.879	0.39	0.002
III. Sharpness - Harshness	PC2	0.867	-0.296	0.002

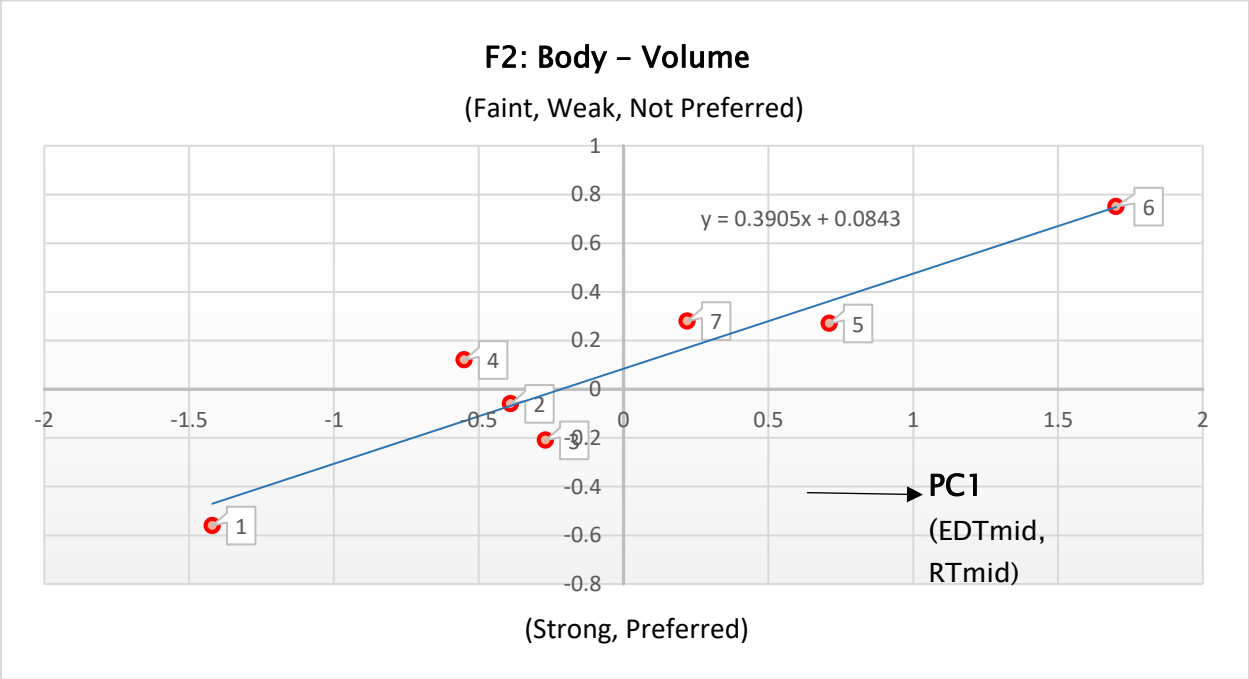


Fig. 10 Subjective factor Body -Volume identified in the evaluations of the seven auditoria, vs. physical component 1 (1: Theo Angelopoulos, 2: Conference Hall, University of West Attica, 3: Auditorium of M. Kakogiannis Foundation, 4: Auditorium of Benaki Museum, 5: G18 auditorium, 6: MAX, 7: Auditorium 1,2)

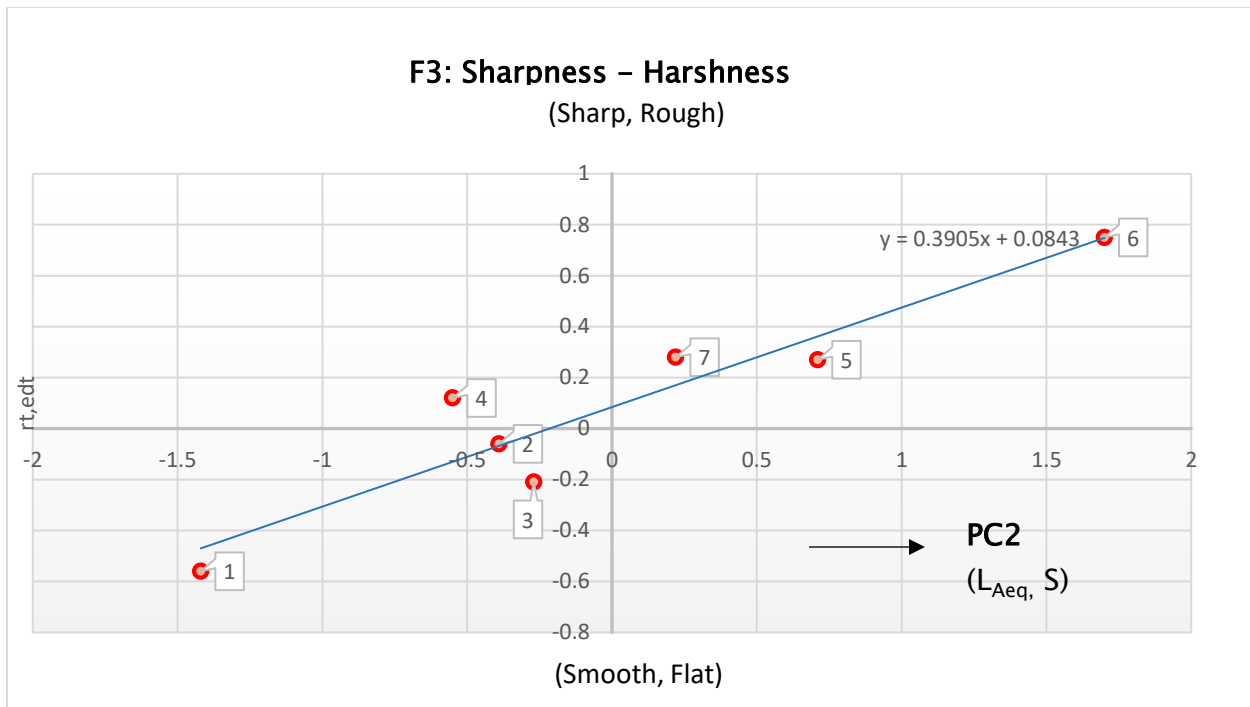


Fig. 11 Subjective factor Sharpness –Harshness identified in the evaluations of the seven auditoria, vs. physical component 2 (1: Theo Angelopoulos, 2: Conference Hall, University of West Attica, 3: Auditorium of M. Kakogiannis Foundation, 4: Auditorium of Benaki Museum, 5: G18 auditorium, 6: MAX, 7: Auditorium 1,2)