



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΕ  
ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΣΚΗΝΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΟΛΕΜΙΚΗΣ  
ΕΛΛΑΔΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΥ**

(ΘΕΑΤΡΟ «ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ» ΚΑΙ ΘΕΑΤΡΟ «ΣΤΟΑ»)

Διπλωματική εργασία

της σπουδάστριας:

**Σκούτα Μαρίας**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Γ. Βλάχος, *ΕΕΠ ΕΜΠ*

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΨΗ

Α. Σωτηροπούλου, *τ. αν. καθ. ΕΜΠ*

Ι. Καραγιάννης, *Υ.Δ. ΕΜΠ*

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γ. Βλάχος, *ΕΕΠ ΕΜΠ*

Ε. Βουγιούκας, *λέκτορας ΕΜΠ*

Ε. Μπαδογιάννης, *επικ. καθηγητής ΕΜΠ*



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό να εντάξει τον αναγνώστη στο κίνημα του μοντερνισμού και τον τρόπο που αυτό κατάφερε να επηρεάσει την αρχιτεκτονική των θεατρικών σκηνών στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Αθήνα. Στο κύριο μέρος της εργασίας εμφανίζονται τα υπό μελέτη θέατρα ενώ βοηθητικά για την βαθύτερη κατανόηση όσων ακολουθούν κάποιες βασικές έννοιες της ακουστικής παρουσιάζονται στα παραρτήματα που την συνοδεύουν .

Στην εργασία παρουσιάζονται δύο θεατρικές σκηνές, το Θέατρο <Άλφα Ιδέα> και το Θέατρο <Στοά>. Βλέπουμε τις βασικές ακουστικές παραμέτρους (ο χρόνος αντήχησης, το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων, η απόσβεση στάθμης έντασης του ήχου και ο θόρυβος βάθους) που προέκυψαν από τις μετρήσεις επί τόπου χωρίς ακροατήριο, με τη χρήση διαδοχικά ισότροπης και κατευθυντικής ηχητικής πηγής , γίνεται σύγκριση αυτών για τα δύο θέατρα και επιχειρείται ερμηνεία σε σχέση με τα στοιχεία σχεδιασμού της κάθε αίθουσας. Επίσης γίνεται διερεύνηση των αποτελεσμάτων του πειράματος αντίληψης της ακουστικής και αναζητείται συσχέτιση αυτών με τις φυσικές ακουστικές παραμέτρους.

Τέλος για την ολοκλήρωση της έρευνας διενεργείται μία ακόμη συσχέτιση ανάμεσα στις θεατρικές αίθουσες που παρουσιάζονται στην εν λόγω εργασία και σε άλλες πέντε αίθουσες του μοντερνισμού που έχουν μελετηθεί κατά το παρελθόν ή μελετώνται παράλληλα από το εργαστήριο Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σαν συμπέρασμα καταλήγουμε στην προτίμηση αιθουσών με αρκετές ανακλαστικές επιφάνειες, σχετικά μικρών σε όγκο με μικρές αποστάσεις ανάμεσα στην σκηνή και τον θεατή.



## **ABSTRACT**

The present study aims to integrate the reader into the modernist movement and the way in which it succeeded in influencing the architecture of the theater scenes in Greece and specifically in Athens. The main part of the work presents the theaters under study while helping to deepen understanding some basic concepts of acoustics are presented in the annexes accompanying it.

Two drama theatres are presented in this paper, namely the "Alfa Idea" Theatre and the "Stoa" Theatre. Basic room acoustic parameters were tested during measurements that were performed in the empty auditoria using a sequential isotropic and directional sound source and comparison was made between the two theatres in order to investigate the association of acoustical design with architectural style and features. Moreover subjective evaluation experiments were carried out during live performances and the results were related to the results of the acoustic measurements.

Finally, a further correlation is made between the theaters presented in this work and the other five modernist rooms that have been studied in the past or studied in parallel by the National Technical University of Athens.

As a conclusion we come to the preference of rooms with several reflective surfaces, relatively small in volume with small distances between the scene and the viewer.



## Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επισφραγίζεται ο κύκλος των σπουδών μου στη σχολή των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αποτελεί ιδιαίτερη ανάγκη για εμένα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην εκπλήρωση αυτού του στόχου.

Πρώτα απ' όλα ευχαριστίες εκφράζονται στην καθ. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου για την καθοδήγηση και την αμέριστη βοήθεια, πρακτική και ηθική, για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας και στον καθ. Γεώργιο Βλάχο, ΕΕΠ ΕΜΠ, για την επίβλεψη της εργασίας και τις ωφέλιμες παρατηρήσεις του. Ακόμη ευχαριστίες εκφράζονται προς τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κύριο Εμμανουήλ Βουγιούκα, λέκτορα ΕΜΠ, και κύριο Ευστράτιο Μπαδογιάννη, επίκ. καθηγητή ΕΜΠ, για το χρόνο τους και την προσεκτική μελέτη της εργασίας. Ευχαριστώ επίσης τον υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ Γιάννη Καραγιάννη για την βοήθεια και το χρόνο που διέθεσε στη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας και κυρίως του πειραματικού μέρους, καθώς επίσης και στην ηθοποιό Γιασεμή Κηλαηδόνη για τη βοήθεια στην επικοινωνία με το προσωπικό των θεάτρων.

Επιπλέον οφείλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τους καθηγητές κύριο Δ. Κουτσογιάννη, κοσμήτορα της σχολής πολιτικών μηχανικών Ε.Μ.Π. και το κύριο Γ. Πουλάκο για τη στήριξη στο έργο μας.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ οφείλω φυσικά στα στελέχη των θεάτρων που πήραν μέρος στην μελέτη και ιδιαίτερα στους ηθοποιούς κύριο Στέφανο Λυναίο και κύριο Θανάση Παπαγεωργίου για την μεγάλη προθυμία τους να βοηθήσουν σε αυτό το εγχείρημα όπως επίσης και το ευρύ κοινό που συμμετείχε στα πειράματα αντίληψης.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου Ο. Μάργαρη, Γ. Ράλλη, Γ. Καραβόγλου-Σχισμένο, Γ. Φωτομάρα για τη συνεργασία και πρόθυμη παροχή βιβλιογραφικού υλικού.

Τέλος θα ήθελα από καρδιάς να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για όλη την ηθική και οικονομική στήριξη κατά την διάρκεια αυτών των χρόνων, χωρίς την οποία τίποτα από όλα αυτά δεν θα ήταν εφικτό.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 1 -
2. ΤΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΙΝΗΜΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΘΕΑΤΡΟ ΚΑΙ ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΘΕΑΤΡΩΝ.....	- 2 -
2.1 Το κίνημα του μοντερνισμού.....	- 2 -
2.2 Τύποι θεάτρων.....	- 4 -
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ.....	- 5 -
3.1 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	- 5 -
3.2 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	- 5 -
3.3 Μεθοδολογία πειραμάτων αντίληψης.....	- 9 -
3.3.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.....	- 9 -
3.3.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.....	- 10 -
3.3.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis).....	- 10 -
3.3.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων.....	- 11 -
3.3.5 Ανάλυση της διακύμανσης.....	- 13 -
3.3.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis).....	- 14 -
3.4 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης.....	- 15 -
4. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ <ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ>.....	- 18 -
4.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	- 22 -
4.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	- 29 -
4.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	- 31 -
4.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης.....	- 32 -
4.5 Συμπεράσματα μελέτης θεάτρου <Άλφα Ιδέα>.....	- 33 -
5. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ <ΣΤΟΑ>.....	- 35 -
5.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	- 39 -
5.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	- 46 -
5.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	- 49 -
5.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης.....	- 50 -
5.5 Συμπεράσματα μελέτης θεάτρου <Στοά>.....	- 50 -
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΟ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ.....	- 52 -
6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	- 53 -
6.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	- 59 -
6.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	- 62 -
6.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης.....	- 63 -
6.5 Συμπεράσματα ανάλυσης δύο αιθουσών.....	- 64 -

7	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΤΑ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΥ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ .....	- 65 -
7.1	Φυσικές ακουστικές μετρήσεις .....	- 66 -
7.2	Πειράματα αντίληψης της ακουστικής .....	- 72 -
7.3	Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	- 79 -
7.4	Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης .....	- 79 -
7.5	Συμπεράσματα ανάλυσης επτά θεάτρων του μοντερνισμού .....	- 80 -
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	- 82 -
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	- 83 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	- 86 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ .....	- 92 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ .....	- 100 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	- 127 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ SPSS 17.0 .....	- 141 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SPSS 17.0.....	- 155 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	- 179 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ.....	- 208 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΘΕΑΤΡΩΝ.....	- 215 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	- 219 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ: 9 <sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ «ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2018» .....	- 221 -

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία είναι μέρος μιας ευρύτερης έρευνας του εργαστηρίου Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην οποία γίνεται η καταγραφή της σχέσης του ακουστικού σχεδιασμού των θεάτρων με τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά και την εποχή και στην οποία για πρώτη φορά χρησιμοποιείται η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.

Τα συμπεράσματα της διατριβής αυτής συνδυάζονται με αυτά των υπόλοιπων που απαρτίζουν την εν λόγω έρευνα προκειμένου να αυξήσουμε το στατιστικό δείγμα και να οδηγηθούμε σε ακριβέστερα ευρήματα. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο επτά.



# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα είναι η χώρα όπου γεννήθηκε το θέατρο τόσο ως δραματουργική τέχνη όσο και ως αρχιτεκτονική 'ποιητική'. Ετησίως στην Αθήνα φέρεται να φιλοξενούνται πάνω από χίλιες θεατρικές παραστάσεις. Τα θέατρα είναι μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες αιθουσών ακροατηρίου που χρησιμοποιούνται κυρίως για ομιλία και συνεπώς η σωστή λειτουργία τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακουστική τους απόδοση και κατ' επέκταση με τον αρχιτεκτονικό τους σχεδιασμό, στον οποίο παίζουν σημαντικό ρόλο τα αρχιτεκτονικά στοιχεία των αιθουσών (μορφή, διάκοσμος, μέγεθος κλπ.). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ερώτημα αν κάποια αρχιτεκτονικά ρεύματα, για παράδειγμα ο μοντερνισμός, ο νεοκλασικισμός κλπ., διαθέτουν στοιχεία που ευνοούν την ακουστική απόδοση στον χώρο.

Η παρούσα έρευνα εστιάζει στην ακουστική θεάτρων από την εποχή του μοντερνισμού στην Ελλάδα. Αυτό μπορεί να παρέχει χρήσιμα στοιχεία για τον σχεδιασμό θεάτρων στο μέλλον στην πατρίδα μας με τον πλέον αποδοτικό τρόπο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ελάχιστες τέτοιου είδους μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί στο εξωτερικό (Baron, Beranek) ενώ η παρούσα εργασία λαμβάνει χώρα για πρώτη φορά στον τόπο μας, είναι πειραματική και περιλαμβάνει πειράματα της αντίληψης της ακουστικής σε θεατρικές σκηνές καθώς και φυσικές ακουστικές μετρήσεις.

## 2. ΤΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΙΝΗΜΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΘΕΑΤΡΟ ΚΑΙ ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΘΕΑΤΡΩΝ

### 2.1 Το κίνημα του μοντερνισμού

Ο μοντερνισμός έκανε την εμφάνιση του στην Ευρώπη στις αρχές του 20ού αιώνα και αποτέλεσε το πολιτιστικό κίνημα που έμελε να κόψει κάθε δεσμό με τον ακαδημαϊσμό της εποχής.

Ως αρχιτεκτονικό κίνημα επιδίωξε να κόψει όλους τους στιλιστικούς και ιστορικούς δεσμούς με το παρελθόν, απορρίπτοντας για παράδειγμα το διακοσμητικό χαρακτήρα του κινήματος όπως του Art Nouveau ή τις χειροποίητες κατασκευές του στυλ Arts και Crafts. Έτσι κύριο γνώρισμα της μοντέρνας αρχιτεκτονικής είναι η αφαιρετική προσπάθεια που βασίζεται στην λιτότητα (less is more), καταργώντας κάθε περιττό στολίδι, όπως απλά λέει το γνωστό ρητό του Louis Sullivan «form follows function» (η μορφή ακολουθεί την λειτουργία).

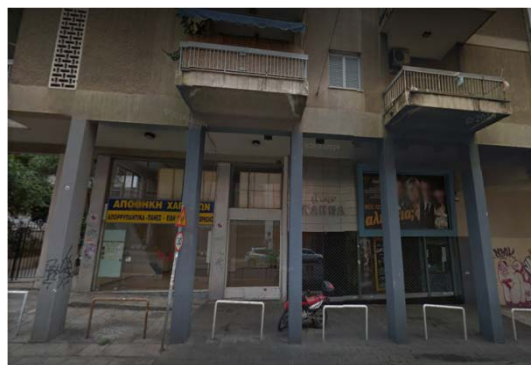
Ο αρχιτεκτονικός μοντερνισμός υπήρξε αλληλένδετος με την ευρύτατη εξέλιξη της οικοδομικής επιστήμης και γενικότερα των διαδικασιών της παραγωγής και της εργασίας, που εκτυλίχθηκαν στο τέλος του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου. Η μοντέρνα αρχιτεκτονική εμφανίζεται στα περισσότερα μανιφέστα της εποχής ως περίπου συνώνυμη του μπετόν, του γυαλιού και του χάλυβα. Άλλα χαρακτηριστικά της στοιχεία είναι τα καθαρά σχήματα και τα μεγάλα ανοίγματα. Ουσιαστικά μιλάμε για λευκά, ευθύγραμμα κτίρια με στενά παράθυρα. (B. Ασάρογλου, 2018)

Το κίνημα του μοντερνισμού όμως δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο και τον χώρο του θεάτρου. Στην Ελλάδα ειδικά, η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα κυρίως λόγω αστυφιλίας, σε συνδυασμό με την εξέλιξη και την αγάπη του Έλληνα για το είδος αυτό της τέχνης, έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία πληθώρας νέων θεατρικών σκηνών στην μεταπολεμική Ελλάδα του μοντερνισμού. Δυο τάσεις παρατηρούνται στην περίοδο αυτή. Η πρώτη ενσαρκώνει το δόγμα του μοντερνισμού που συνοψίζεται στο μότο «less is more» (‘ούκ εν τω πολλώ το εύ’), και χρησιμοποιεί το περιορισμένων διαστάσεων ισόγειο ή υπόγειο νεόδμητων αστικών πολυκατοικιών για να χωρέσει τα νέα θέατρα της εποχής, όπως είναι το ‘Τζένη Καρέζη’ (εικόνα 2.1), το ‘θέατρο Κάππα’ (εικόνα 2.2), το θέατρο ‘Πόρτα’ (εικόνα 2.3) στην Αθήνα, και αλλού. Η άλλη τάση επιλέγει την ευρυχωρία του αυτοτελούς κτιρίου με χρήση αποκλειστικά το θέατρο. Παραδείγματα αποτελούν

θέατρα που ανεγέρθησαν τότε υπό την αιγίδα του Υπ. Πολιτισμού σε διάφορες Ελληνικές πόλεις για να καλύψουν τις τοπικές ανάγκες μεταξύ των οποίων και το 'Δημοτικό Θέατρο Λαμίας' (εικόνα 2.4). Αυτές τις μαζικές εξελίξεις ακολουθεί η σύσταση της τότε Ελληνικής Ακουστικής Εταιρείας, στα τέλη της δεκαετίας του 1970, που ανάμεσα στους στόχους της είναι η ευαισθητοποίηση στην ανάγκη για κατάλληλο ακουστικό σχεδιασμό χώρων αυτού του είδους.



**Εικόνα 2.1** Θέατρο <Τζένη Καρέζη> στην οδό Ακαδημίας 3 από τον αρχιτέκτονα Λάμπρο Γ. Γκοντοβό



**Εικόνα 2.2** Θέατρο <Κάππα> στην οδό Κυψέλης 2 από τον αρχιτέκτονα Ρήγα Ε. Αρβανίτη



**Εικόνα 2.3** Θέατρο <Πόρτα> στην Λεωφόρο Μεσογείων 59 από τον αρχιτέκτονα Μ. Φωτιάδη



**Εικόνα 2.4** Δημοτικό Θέατρο Λαμίας στην οδό Υψηλάντου 17 από τον αρχιτέκτονα Κίμων Θ. Λάσκαρη

Και στην Ευρώπη όμως ο μοντερνισμός είχε ανάλογα αποτελέσματα. Πολλές θεατρικές σκηνές εμφανίστηκαν ανά τον κόσμο με φανερά τα σημάδια του κινήματος που έκανε την επέλαση του την εποχή αυτή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το θέατρο Dusseldorfer Schauspielhaus (εικόνα 2.5) στην Γερμανία που χτίστηκε την περίοδο 1965 έως 1969 και άνοιξε επίσημα τις πύλες του το 1970 από τον αρχιτέκτονα Bernhard Pfau.



Εικόνα 2.5 Dusseldorfer Schauspielhaus theatre, Germany

## 2.2 Τύποι θεάτρων

Ένα **προσκηνιακό θέατρο** είναι αυτό στο οποίο το κοινό κάθεται ακριβώς απέναντι από τη σκηνή, δηλαδή το θέατρο στο οποίο όταν πέσει η αυλαία, ο θεατής χάνει κάθε οπτική με τη σκηνή.

**Θέατρο αμφιθεατρικού τύπου (thrust-stage theatre)**, είναι το θέατρο όπου το ακροατήριο εκτείνεται σε τρεις ή περισσότερες πλευρές και συνδέεται με την περιοχή των παρασκηνίων από το πίσω άκρο της. Ουσιαστικά είναι σαν να προσφέρει 270° οπτικής γωνίας στους θεατές.

**Open stage theatre** είναι οι θεατρικές σκηνές που φέρνουν σε έναν τύπο ανάμεσα στις προσκηνιακές και στις thrust stage. Ουσιαστικά η σκηνή δεν βρίσκεται «εντός» του ακροατηρίου, αλλά απέναντι απ' αυτό ενώ παράλληλα προσφέρει οπτική γωνία από τρεις ή περισσότερες πλευρές.

Το θέατρο τύπου αρένας (**theatre in the round**) είναι αυτό, του οποίου η σκηνή εκτίθεται από όλες τις πλευρές στο ακροατήριο. Πρόκειται για θέατρο χωρίς παρασκήνιο, το οποίο στηρίζεται εξ ολοκλήρου στις κεντρικές εισόδους που χρησιμοποιούν κι οι θεατές για την είσοδό τους.



### **3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ**

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την μελέτη της ακουστικής των δύο μοντέρνων θεάτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω μέσω της καταγραφής φυσικών ακουστικών παραμέτρων και της αντίληψης του μέσου θεατρόφιλου κοινού της Αθήνας.

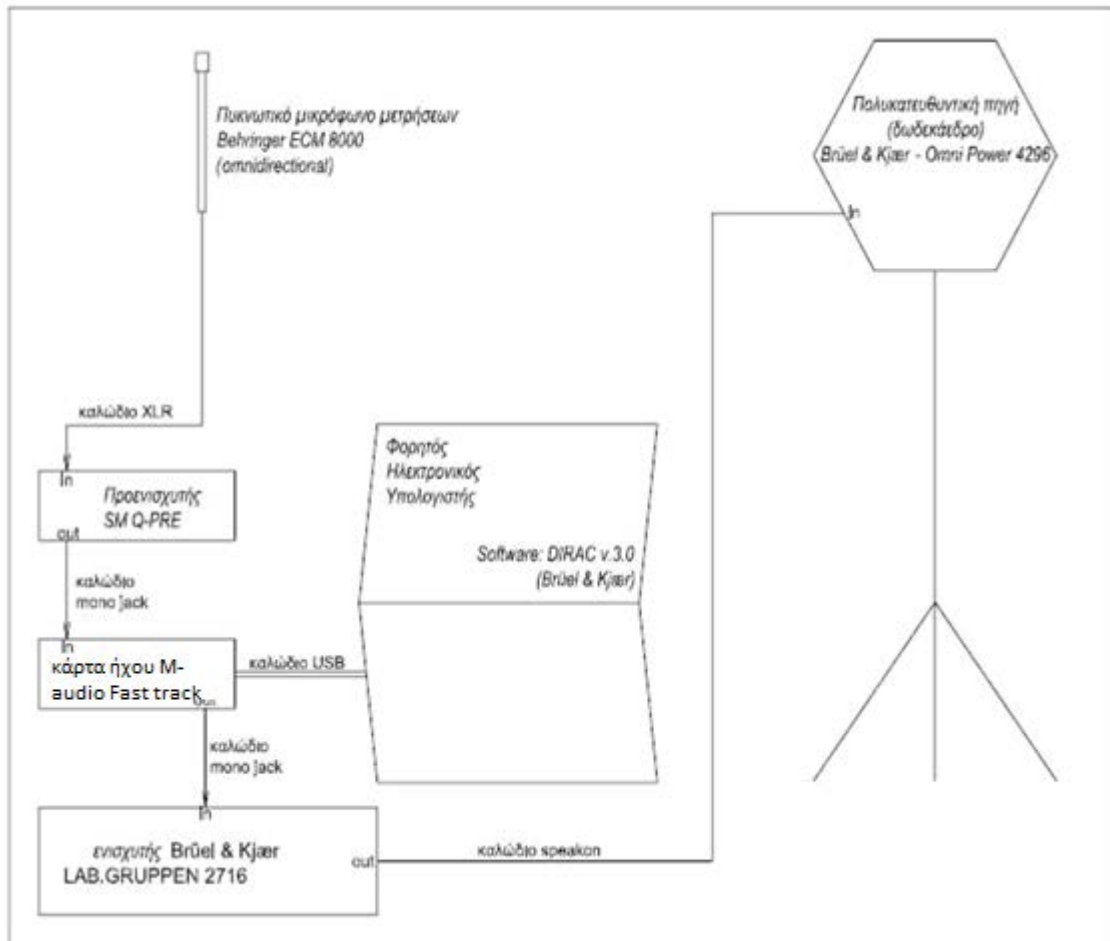
#### **3.1 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων**

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), το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (50EEF), ο λόγος των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων (80 E-to-L), η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) καθώς και ο θόρυβος βάθους (LAeq). Ο χρόνος αντήχησης και ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων αναγνωρίζονται ως αντιπροσωπευτικές παράμετροι της ακουστικής χώρων ακροατηρίου. Το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων είναι χρήσιμο για την αποτίμηση της ευκρίνειας της ομιλίας, ενώ ο λόγος των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων εκφράζει την διαύγεια του ήχου κλασσικού ρεπερτορίου. Η τελευταία παράμετρος είναι σημαντική για χώρους συναυλιών και όχι ιδιαίτερα για θεατρικές σκηνές, παρόλο αυτά έγινε η καταγραφή της στην παρούσα εργασία για λόγους πληρότητας.

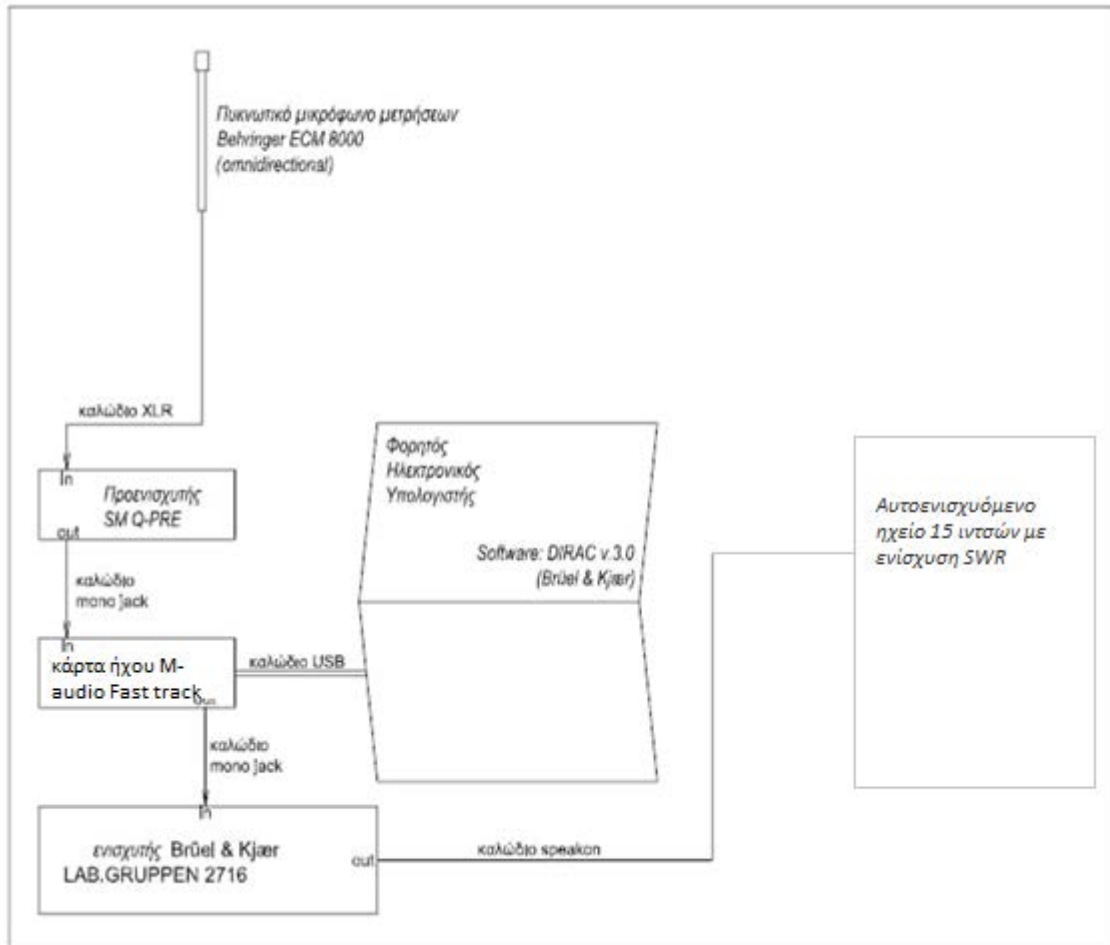
#### **3.2 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων**

Οι ακουστικές μετρήσεις έγιναν με σύγχρονο εξοπλισμό της Brüel & Kjaer και με την βοήθεια του λογισμικού Dirac v.3.0. Χρησιμοποιήθηκαν μονοφωνικές εγγραφές

της απόκρισης της κάθε αίθουσας σε απλή κυματομορφή (impulse response) με την τοποθέτηση πολυκατευθυντικής ηχητικής πηγής αλλά και κατευθυντικής στην σκηνή και μικροφώνου σε διάφορες θέσεις μέσα στην αίθουσα σύμφωνα με το σχετικό ISO (STD. ISO, 1997). Το impulse response είναι η ηχητική πίεση που αναπτύσσεται στο χώρο συναρτήσει του χρόνου σαν αποτέλεσμα ηχητικής διέγερσης. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και η κατάλληλη διάταξή τους απεικονίζονται αναλυτικά στο παρακάτω σχήμα



**Σχήμα 3.1** Αναλυτική διάταξη εξοπλισμού με την πολυκατευθυντική πηγή



**Σχήμα 3.2** Αναλυτική διάταξη εξοπλισμού με την κατευθυντική πηγή

Το σήμα διέγερσης που παρήχθη από τις ηχητικές πηγές ήταν exponential sweep στις οκταβικές ζώνες 63 Hz έως 8 kHz, από τις οποίες λήφθηκαν υπόψιν για την ανάλυση των δεδομένων οι ζώνες των 125, 250, 500, 1000, 2000 και 4000 Hz. Για καλύτερη απεικόνιση του impulse response πραγματοποιήθηκαν επαναλήψεις της εκπομπής του σήματος προκαθορισμένης διάρκειας. Ο αριθμός των επαναλήψεων και η διάρκεια του σήματος προσδιορίστηκαν έπειτα από δοκιμές για κάθε θέατρο ξεχωριστά.

Χρησιμοποιήθηκε δωδεκάεδρη πολυκατευθυντική ηχητική πηγή αλλά και απλή κατευθυντική, οι οποίες τοποθετήθηκαν σε απόσταση 1,5 m από το δάπεδο της σκηνής. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι η ηχητική πηγή πρέπει να παράγει ήχο αρκετά υψηλής στάθμης έντασης, ώστε να υπάρχει κατάλληλο περιθώριο πτώσης της [ΠΑΡ.Γ/Γ.7.9], λαμβάνοντας υπόψιν τον θόρυβο βάρους, καθώς και ένα περιθώριο ασφαλείας 15 dB. Στην πράξη όμως, επειδή δεν είναι εφικτό να δημιουργηθεί τέτοιος ήχος μετριέται ο χρόνος αντήχησης για μικρότερη πτώση (για

παράδειγμα 20 ή 30 dB που είναι γνωστός ως T20 ή T30 αντίστοιχα) και μετατρέπεται από το λογισμικό αναλογικά στον κανονικό χρόνο αντήχησης.

Η θέση του μικροφώνου πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον 1 m (περίπου το ένα τέταρτο του μήκους κύματος του ήχου) από κάθε ανακλαστική επιφάνεια και στο ύψος του επιπέδου ακρόασης. Επιπλέον, το μικρόφωνο πρέπει να απέχει περισσότερο από μία ελάχιστη απόσταση από την ηχητική πηγή, η οποία υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$d_{\min} = 2 \sqrt{\frac{V}{cT}}$$

Όπου,

V: ο όγκος της αίθουσας [m<sup>3</sup>]

c: η ταχύτητα διάδοσης του ήχου [340m/sec]

T: ο εκτιμώμενος χρόνος αντήχησης [sec]

Επίσης, η απόσταση μεταξύ διαδοχικών θέσεων μέτρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 m (περίπου το μισό του μήκους κύματος του ήχου). Τέλος, σύμφωνα με το ISO (STD. ISO, 1997) για αίθουσες με χωρητικότητα κάτω από 500 άτομα, ο αριθμός των θέσεων μέτρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον έξι, ισοκατανεμημένες μέσα στην αίθουσα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω μετρήθηκαν όλες οι παράμετροι που προαναφέρθηκαν, εκτός από τον θόρυβο βάθους, ο οποίος μετρήθηκε με απλό ντεσιμπελόμετρο. Κατά την διάρκεια όλων των μετρήσεων και στα δύο θέατρα επικρατούσαν οι ίδιες συνθήκες, δηλαδή η αίθουσα ήταν άδεια, οι πόρτες εισόδου της ήταν κλειστές, όπως και ο κλιματισμός, ενώ ο φωτισμός παρέμεινε ανοιχτός.

### 3.3 Μεθοδολογία πειραμάτων αντίληψης

#### 3.3.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory) που αναπτύχθηκε από τον C.Osgood (Osgood, Tannenbaum κ.α, 1957) αποτελεί μια σημαντική θεωρία της Ψυχολογίας. Κεντρικό στοιχείο της συγκεκριμένης θεωρίας είναι ο ισχυρισμός ότι η αντίληψη του ανθρώπου οργανώνεται ψυχολογικά πάνω σε έναν πεπερασμένο αριθμό ανεξάρτητων διαστάσεων (παραγόντων). Οι ανεξάρτητες αυτές διαστάσεις μπορούν να καθοριστούν στην πράξη με την υποκειμενική αντίληψη σε ένα σύνολο διαφορετικών κρίσεων. Αυτό μπορεί να γίνει για παράδειγμα με την υποκειμενική κρίση πάνω σε έναν αριθμό κλιμάκων υποκειμενικής αξιολόγησης και στη συνέχεια με χρήση κατάλληλων μαθηματικών μεθόδων όπως η παραγοντική ανάλυση.

Η τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης χρησιμοποιεί σαν εργαλείο μέτρησης την κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης (semantic rating scale) έτσι ώστε να μετρήσει υποκειμενικές απαντήσεις. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αποτελείται από μία ευθεία γραμμή που στα δύο τις άκρα απαντώνται αντίθετα επίθετα που περιγράφουν τον ήχο. Η κλίμακα είναι μια συνεχής γραμμή που καθώς μεταβαίνουμε από το ένα άκρο στο άλλο καταγράφεται η σταδιακή μετάβαση της ποιότητας του ήχου βάσει των χαρακτηριστικών που βρίσκονται στα δύο άκρα. Παρακάτω φαίνονται ορισμένα παραδείγματα.

Τραχύς | \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ | Μαλακός

Πλούσιος | \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ | Πτωχός

Ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να σημειώσουν πάνω στην κλίμακα σε κατάλληλη απόσταση από τα άκρα ώστε να εκφράζεται η εκτίμησή τους. Στο ερωτηματολόγιο που μοιράστηκε υπήρχαν είκοσι έξι κλίμακες [ΠΑΡ.Η].

Εξ' ορισμού η κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης είναι μια διαστημική κλίμακα ίσων διαστημάτων. Το κέντρο της γραμμής της κλίμακας θεωρείται ως το ουδέτερο σημείο, ενώ ίσες ποσότητες αλλαγής της ποιότητας του ήχου αντιστοιχούν σε ίσα διαστήματα στην κλίμακα. Η κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης θεωρείται και αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατη.

### 3.3.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η βασική υπόθεση είναι ότι οι δύο πόλοι μια κλίμακας αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων θεωρήσεων. Η υπόθεση που γίνεται εδώ είναι ότι ο αριθμός αυτός είναι μεγαλύτερος από ένα.

Το πρώτο τμήμα της υπόθεσης υποστηρίζει ότι μια αντίληψη οργανώνεται ψυχολογικά πάνω σε κάποιες ανεξάρτητες διαστάσεις (Osgood, Tannenbaum κ.α, 1957). Η λέξη διάσταση χρησιμοποιείται μεταφορικά και έχει την έννοια των αξόνων του ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων.

Οι διαστάσεις μπορούν να καθοριστούν εμπειρικά υποβάλλοντας μια αντίληψη σε μια σειρά διαφορετικών κρίσεων, για παράδειγμα υποβάλλοντάς την σε έναν αριθμό κλιμάκων σημειολογικής διαβάθμισης και χρησιμοποιώντας μαθηματικές μεθόδους όπως η Ανάλυση σε Παράγοντες. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των κλιμάκων σε έναν μικρότερο αριθμό διαστάσεων που δεν συσχετίζονται μεταξύ τους.

Το δεύτερο τμήμα της υπόθεσης, ότι παραπάνω από μία ανεξάρτητες αντιλήψεις για την ακουστική μπορούν να προκύψουν από τις κλίμακες σημειολογικής διαβάθμισης, προέρχεται από την εδραιωμένη άποψη ότι η ακουστική αντίληψη δεν προέρχεται από μία μόνο ακουστική εμπειρία.

Ένας εγγενής περιορισμός της μεθόδου είναι ότι τα αποτελέσματα (factors) εξαρτώνται απόλυτα από τις κλίμακες που εισήχθησαν αρχικά στην ανάλυση. Μία κλίμακα που έχει παραληφθεί στο αρχικό πείραμα δεν είναι δυνατόν ποτέ να προκύψει σε κανένα παράγοντα.

### 3.3.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

Η ανάλυση σε παράγοντες, η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιεί συσχετίσεις για να παράγει έναν μικρότερο αριθμό διαστάσεων (που δεν συσχετίζονται) ή παραγόντων. Η έννοια παράγοντας χρησιμοποιείται στην θέση της λέξης διάσταση όταν γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα της ανάλυσης σε παράγοντες.

Το μαθηματικό μοντέλο της ανάλυσης σε παράγοντες περιγράφεται στο Παράρτημα Δ [ΠΑΡ.Δ/Δ.1.1]. Εκεί αναφέρεται ότι η ανάλυση παραγόντων μπορεί να απαντηθεί σε δύο τύπους, την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες και την κλασσική ανάλυση σε παράγοντες.

Η παραγωγή των παραγόντων και η περιστροφή τους είναι δύο πολύ σημαντικά βήματα στην συγκεκριμένη ανάλυση.

Εξίσου σημαντική είναι η απόφαση που αφορά τον αριθμό των παραγόντων που θα αποτελέσουν το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Δυστυχώς, δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο, παρόλα αυτά όμως όταν οι παράγοντες που έχουν επιλεγεί εξηγούν ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων θεωρούνται επαρκείς. Διάφορα κριτήρια είναι διαθέσιμα για την επιλογή των παραγόντων που θα απορρίπτονται και αναφέρονται στο Παράρτημα Δ [ΠΑΡ.Δ/Δ.1.2].

Ο σκοπός της περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι για να προκύψουν πιο απλοί και ερμηνεύσιμοι παράγοντες. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε ορθογώνια περιστροφή έτσι ώστε οι παράγοντες που προκύπτουν να είναι ανεξάρτητοι. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων και αναφέρονται στο Παράρτημα Δ [ΠΑΡ.Δ/Δ.1.3].

### **3.3.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων**

Η ερμηνεία ενός πίνακα μετά την περιστροφή μπορεί να επιτευχθεί εξετάζοντας την φόρτιση που έχει κάθε κλίμακα σε κάθε παράγοντα. Το όνομα που δίνεται σε κάθε παράγοντα είναι μια απλοποιημένη έννοια· η ακριβής του έννοια μπορεί να βρεθεί αν ληφθούν υπόψη και οι υπόλοιπες κλίμακες που έχουν υψηλή φόρτιση στον παράγοντα αυτό. Ένα παράδειγμα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και παρουσιάζει τις φορτίσεις ανά παράγοντα που προέκυψαν στο Θέατρο <Άλφα Ιδέα>.

## ΘΕΑΤΡΟ ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ

Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες	Φορτίσεις
<p style="text-align: center;">I.</p> <p style="text-align: center;">Υπόσταση- Πληρότητα (Percentage of Variance 28,9%)</p>	26. Με κακή γενική εντύπωση- Με καλή γενική εντύπωση	-0,814
	15. Γεμάτος-Κενός	0,812
	16. Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	0,794
	17. Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	0,771
	24. Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	0,736
	18. Λαμπρός-Σκοτεινός	0,687
	10. Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	0,664
	25. Με αμεσότητα-Απόμακρος	0,656
	8. Διαυγής-Μπερδεμένος	0,651
	19. Με όγκο-Χωρίς όγκο	0,651
	22. Πλούσιος-Πτωχός	0,649
	1. Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0,624
	23. Με παρουσία θορύβου- Απουσία θορύβου	-0,563
	2. Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,510
<p style="text-align: center;">II.</p> <p style="text-align: center;">Δύναμη-Ζωντάνια  (Percentage of Variance 21,2%)</p>	9. Εξασθενημένος-Δυνατός	-0,819
	5. Άψυχος-Ζωντανός	-0,767
	7. Πτωχός σε τονική ποιότητα- Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0,757



<p style="text-align: center;">III.            Διαπεραστικότητα-            Οξυφωνία            (Percentage of            Variance 8,7%)</p>	6. Δυνατός-Αδύναμος	0,750
	4. Δυσχερής στην ακρόαση- Ευχερής στην ακρόαση	-0,647
	3. Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	0,562
	14. Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	0,824
	12. Οξύς-Μη οξύς	0,733
	13. Υψηλός-Χαμηλός	0,685

**Πίνακας 3.1** Παράδειγμα φορτίσεων κλιμάκων

Τέλος, μια χαμηλή φόρτιση σε έναν παράγοντα είναι το αποτέλεσμα απουσίας συσχέτισης της κλίμακας αυτής με τις υπόλοιπες που εμφανίζονται στον ίδιο παράγοντα. Φορτίσεις που βρίσκονται κάτω από το τυπικό σφάλμα της φόρτισης δεν λαμβάνονται υπόψη στα αποτελέσματα. Η μέθοδος του υπολογισμού του τυπικού σφάλματος της φόρτισης αναφέρεται στο Παράρτημα Δ [ΠΑΡ.Δ/Δ.1.4].

### 3.3.5 Ανάλυση της διακύμανσης

Πέρα από τους παράγοντες που προέκυψαν σε κάθε αίθουσα, χρήσιμο είναι να απαντηθεί και το ερώτημα αν οι ακροατές ανάλογα με την θέση στην οποία βρισκόντουσαν ή ανάλογα με την αίθουσα αξιολόγησαν διαφορετικά την ακουστική. Αυτό είχε υπολογιστεί στον αρχικό σχεδιασμό του πειράματος και τα ερωτηματολόγια διανεμηθήκαν σε συγκεκριμένες θέσεις και όχι τυχαία σε κάθε αίθουσα.

Έτσι, τα δεδομένα ήταν κατάλληλα να υποβληθούν στον έλεγχο ανάλυσης της διακύμανσης (Analysis of Variance) (Cooper D. E., 1969). Στην μέθοδο αυτή γίνεται η μηδενική υπόθεση ότι η αξιολόγηση των ακροατών από θέση σε θέση και από αίθουσα σε αίθουσα διαφέρει σημαντικά. Σημαντικό είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης που υιοθετείται για την αποδοχή ή μη της αρχικής υπόθεσης. Στην εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο εμπιστοσύνης 1%, που ερμηνεύεται ως εξής: Αν η υπόθεση γίνει δεκτή για το παρόν επίπεδο εμπιστοσύνης τότε ενενήντα εννέα φορές στις εκατό αν επαναληφθεί το ίδιο πείραμα το αποτέλεσμα θα είναι ίδιο. Η μέθοδος της ανάλυσης της διακύμανσης αναφέρεται στο Παράρτημα Δ [ΠΑΡ.Δ/Δ.2].

Καταληκτικά, απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει γραμμική συσχέτιση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε παράγοντες με φυσικά μετρήσιμα μεγέθη του ήχου σε έναν χώρο είναι τα πρώτα να έχουν αποδειχθεί ότι διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από θέση σε θέση και από αίθουσα σε αίθουσα.

### **3.3.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis)**

Στην στατιστική η ανάλυση παλινδρόμησης περιλαμβάνει τεχνικές για μοντελοποίηση και ανάλυση διαφόρων μεταβλητών με στόχο την συσχέτιση μίας εξαρτημένης μεταβλητής με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση παλινδρόμησης βοηθάει να κατανοήσουμε πως μία τυπική τιμή μίας εξαρτημένης μεταβλητής αλλάζει όταν μία ανεξάρτητη μεταβλητή ποικίλλει ενώ ταυτόχρονα οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

Η Linear Regression Analysis είναι η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που βασίζεται σε μία ευθύγραμμη εξίσωση. Η Nonlinear Regression Analysis είναι η ανάλυση μη γραμμικής παλινδρόμησης που καθορίζει τις αξίες των παραμέτρων για μια εξίσωση, η οποία συνδυάζει μία σειρά από αξίες στοιχείων πολύ περισσότερων από αυτά της γραμμικής ανάλυσης. Επιπρόσθετα, έχουμε την Simple Regression δηλαδή την ανάλυση απλής παλινδρόμησης στην οποία η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μία και την Multiple Regression δηλαδή την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης στην οποία οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι περισσότερες της μίας και συσχετισμένες μεταξύ τους. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε η Simple Linear Regression Analysis για την εξαγωγή αποτελεσμάτων γιατί θεωρήθηκε ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εισήχθησαν

στην ανάλυση δεν είναι συσχετισμένες μεταξύ τους. Η μέθοδος της ανάλυσης παλινδρόμησης αναφέρεται στο Παράρτημα Δ [ΠΑΡ.Δ/Δ.3].

### 3.4 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης

Με την χρήση κλιμάκων σημειολογικής διαβάθμισης δημιουργήθηκε ερωτηματολόγιο, που διανεμήθηκε στα τρία θέατρα, των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά αναφέρονται συνοπτικά στον Πίνακα 5.1. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε, από είκοσι έξι διπολικές κλίμακες υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου, το οποίο προέκυψε από την έρευνα της Β. Μιχαλοπούλου (Β. Μιχαλοπούλου, 2009). Η μόνη αλλαγή που έγινε ήταν ο διαχωρισμός της παρακάτω κλίμακας

Με ευκρίνεια | \_\_\_\_\_ | Χωρίς ευκρίνεια

σε δύο ξεχωριστές κλίμακες που φαίνονται στη συνέχεια:

Με ευκρίνεια | \_\_\_\_\_ | Χωρίς ευκρίνεια  
στην ακρόαση στην ακρόαση  
ανδρικών ρόλων ανδρικών ρόλων

Με ευκρίνεια | \_\_\_\_\_ | Χωρίς ευκρίνεια  
στην ακρόαση στην ακρόαση  
γυναικείων ρόλων γυναικείων ρόλων

Αυτή η αλλαγή έγινε, καθώς ο ήχος που παράγεται από τους άντρες ηθοποιούς βρίσκεται σε χαμηλές συχνότητες, ενώ ο ήχος που παράγεται από τις γυναίκες ηθοποιούς βρίσκεται σε υψηλές συχνότητες.

Η διανομή των ερωτηματολογίων έγινε και στα τρία θέατρα κατά την διάρκεια ζωντανών παραστάσεων στις αντίστοιχες θέσεις που έγιναν οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις. Περιμετρικά κάθε θέσης μοιράστηκαν εννέα ερωτηματολόγια, έτσι ώστε το στατιστικό δείγμα να έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά ο αριθμός των ερωτηματολογίων που διανεμήθηκαν και ο αριθμός των ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν.

	ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	
ΘΕΑΤΡΟ	Διανεμήθηκαν	Συγκεντρώθηκαν
ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ	90	69
ΣΤΟΑ	72	56
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	162	125

**Πίνακας 3.2** Διανομή ερωτηματολογίων

Οι θεατρικές παραστάσεις επιλέχθηκαν λόγω διαθεσιμότητας και ήταν οι εξής:

- <Υπηρέτης δύο αφεντάδων> στο θέατρο <Άλφα Ιδέα>
- <Εγώ ο Μάρκος Βαμβακάρης> στο θέατρο <Στοά>

Περισσότερες πληροφορίες για τις παραστάσεις, όπως η περίληψη, οι πρωταγωνιστές κλπ., υπάρχουν στο Παράρτημα Ι.

Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν στην αρχή κάθε παράστασης ύστερα από αναλυτική επεξήγηση για τον τρόπο συμπλήρωσης τους και συλλέχθηκαν στο τέλος, ώστε το κοινό να έχει διαμορφώσει πλήρη εικόνα για την ακουστική της αίθουσας. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την διάρκεια και των τριών παραστάσεων δεν έγινε χρήση μεγάλων, καθώς και ότι ο κλιματισμός ήταν κλειστός.

Όπως είναι προφανές το κοινό και η ηχητική πηγή ήταν διαφορετικά σε κάθε θέατρο, έτσι ώστε να υπάρξει μια πιο αντικειμενική καταγραφή του μέσου θεατρόφιλου κοινού στην Αθήνα.

Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε στην μέθοδο της ανάλυσης κατά παράγοντες η οποία και αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις αναλύσεις, μία ανάλυση χωριστά για κάθε μία από τις δύο αίθουσες, μία για τις αίθουσες μαζί και μία για τις εφτά συνολικά αίθουσες του μοντερνισμού(αποτελέσματα των οποίων βρέθηκαν σε διπλωματικές εργασίες του ΕΜΠ (Γ. Καραβόγλου-Σχισμένος,Γ. Φωτομάρας, 2017),(Γ. Πετρόπουλος, Β. Λουίζος, (2018)). Αρχικά εξήχθη η default τιμή σε παράγοντες. Λόγω πληρότητας όμως, επιτράπηκε στο παραγοντικό μοντέλο να

εξάγει από τρεις παράγοντες έως και την default τιμή της κάθε ανάλυσης. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης για να διαπιστωθεί αν είναι στατιστικώς σημαντική η μεταβολή της αντίληψης ως προς τον κάθε παράγοντα, σε σχέση με την μεταβολή των θέσεων στις δύο πρώτες αναλύσεις και σε σχέση με τη μεταβολή των αιθουσών στην τελευταία. Όπου διαπιστώθηκε αυτό, προχωρήσαμε σε απλή γραμμική παλινδρόμηση του υποκειμενικού παράγοντα θέτοντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορισμένες από τις φυσικές παραμέτρους σε μία προσπάθεια να εξακριβώσουμε αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του εκάστοτε παράγοντα και των αντίστοιχων φυσικών παραμέτρων. Με βάση την θεωρία περί τυπικού σφάλματος [ΠΑΡ.Δ/Δ.1.4] παρήχθη ο κάτωθεν πίνακας.

	ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ		
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ		
ΘΕΑΤΡΟ	I	II	III
ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ	0,310	0,316	0,323
ΣΤΟΑ	0,335	0,342	0,349
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	0,232	0,237	0,241

**Πίνακας 3.3** Τυπικά σφάλματα σε κάθε ανάλυση

Όλα τα παραπάνω υλοποιήθηκαν με την βοήθεια του προγράμματος SPSS, αναλυτικές οδηγίες του οποίου παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ε.

## 4. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ <ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ>

Παρακάτω παρουσιάζεται το υπό μελέτη θέατρο, ενδεικτικές φωτογραφίες και τα σχέδια αυτού καθώς επίσης και τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων.

### Θέατρο Άλφα Ιδέα

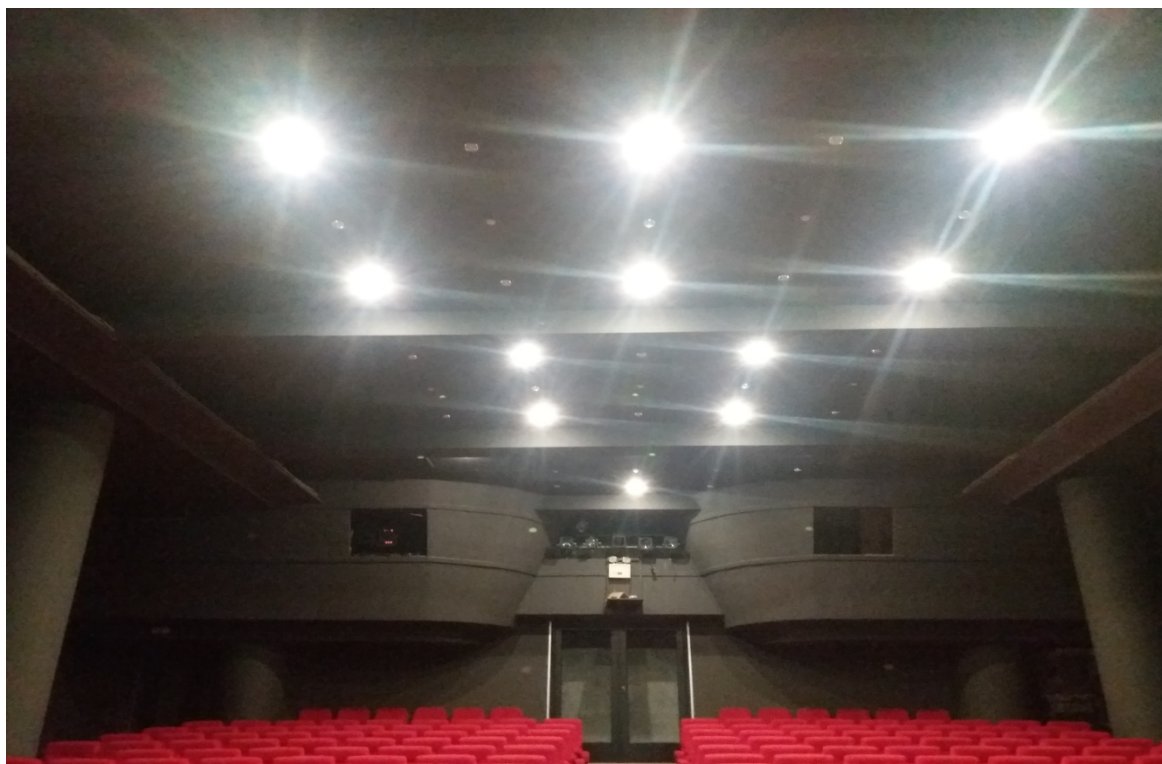
Το θέατρο <Άλφα Ιδέα> (πρώην θέατρο <Άλφα>) βρίσκεται στην οδό 28<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 37 και Στουρνάρη 51 απέναντι από το Πολυτεχνείο, στο κέντρο της Αθήνας, είναι χωρητικότητας 276 θέσεων και σχεδιάστηκε το 1956, την περίοδο δηλαδή που χτίστηκε, στον υπόγειο χώρο πολυκατοικίας από τους αρχιτέκτονες Αθανάσιο Μπίτσο, Βασίλειο Μπίτσο και Δημήτριο Μπίτσο. Τον Νοέμβριο του 1977 υπέστη σημαντική πλημμύρα κατόπιν της οποίας έγινε ανακαίνιση στον χώρο. Μία δεύτερη ανακαίνιση ακολούθησε το 2005. Αποτελεί θέατρο προσκηνίου και είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σε μεταγενέστερη ανακαίνιση πραγματοποιήθηκε ακουστική μελέτη. Βασικό χαρακτηριστικό της αίθουσας είναι η έντονη ηχοαπορρόφηση που υπάρχει στον χώρο και προέρχεται από τα καθίσματα, τα οποία είναι ντυμένα με στόφα μεγάλου πάχους αλλά και η ήπια κλίση του δαπέδου.



**Εικόνα 4.1** Εξωτερική άποψη του θεάτρου <Άλφα Ιδέα>



**Εικόνα 4.2** Εσωτερική άποψη του θεάτρου <Άλφα Ιδέα> (σκηνή)

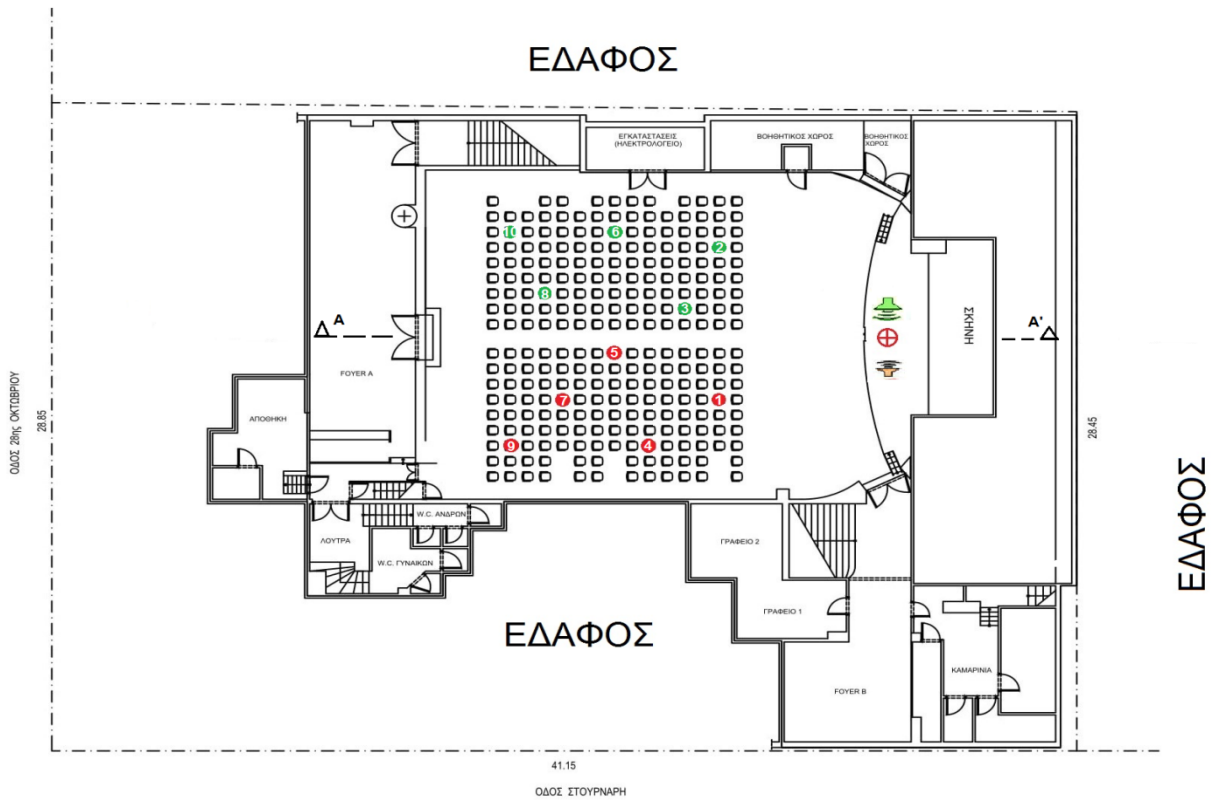


**Εικόνα 4.3** Εσωτερική άποψη του θεάτρου <Άλφα Ιδέα> (οροφή)






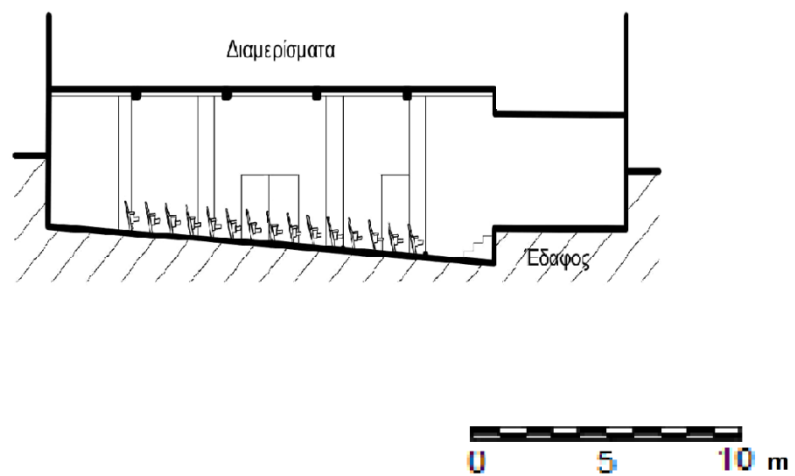
**Εικόνα 4.4** Εσωτερική άποψη του θεάτρου <Άλφα Ιδέα> (πλατεία)





Εικόνα 4.5 Κάτοψη θεάτρου <Άλφα Ιδέα>

-  Κατευθυντική πηγή  Ισότροπη πηγή
-  Κατευθυντική πηγή



Εικόνα 4.6 Τομή A-A' θεάτρου <Άλφα Ιδέα>

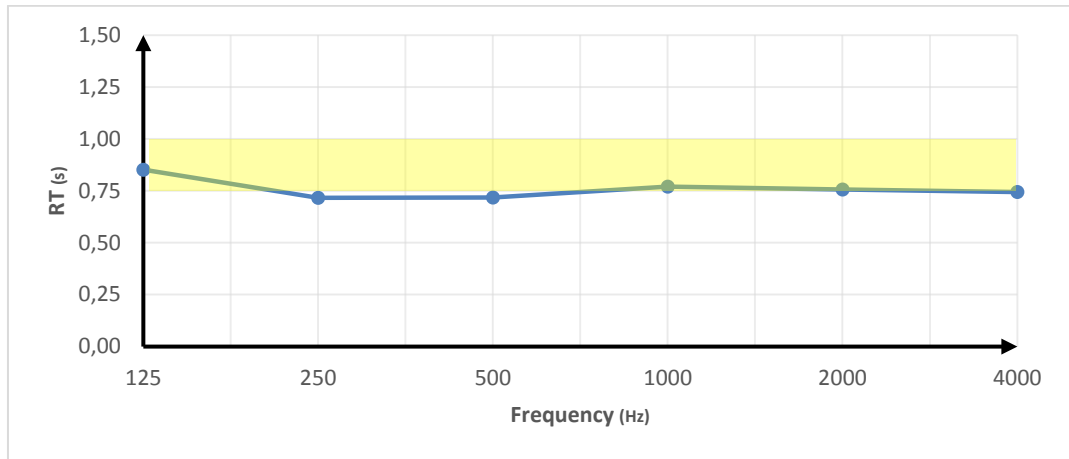
## 4.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις των φυσικών ακουστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έπειτα έγινε πινακοποίηση των δεδομένων όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε. Στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> έγιναν 10 μετρήσεις.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων ( $RT_{bass}/RT_{mid}$ ) και υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων ( $RT_{tremble}/RT_{mid}$ ).

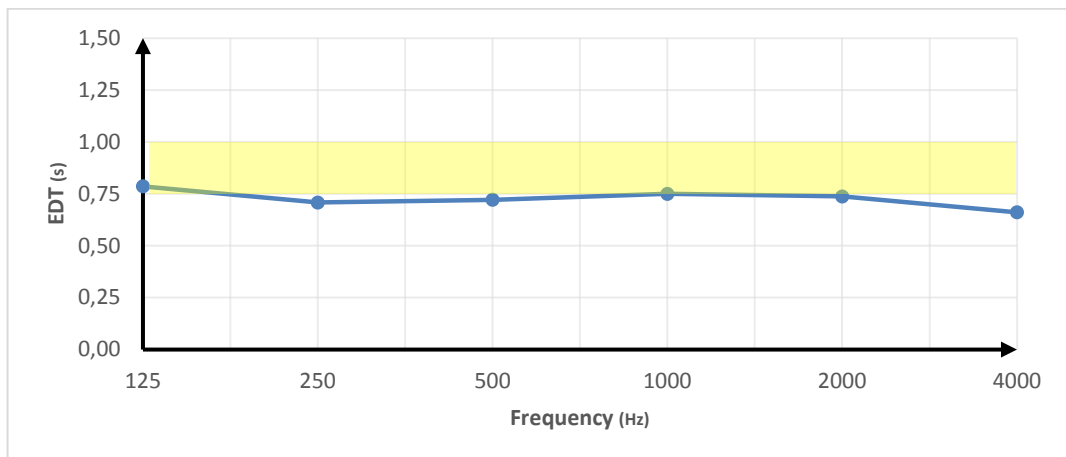
Λόγος χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων ( $RT_{bass}/RT_{mid}$ )	1,053
Λόγος υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων ( $RT_{tremble}/RT_{mid}$ ).	1,009

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε διαγράμματα όλα τα αποτελέσματα των φυσικών μετρήσεων, τόσο με την ισότροπη όσο και με την κατευθυντική πηγή.



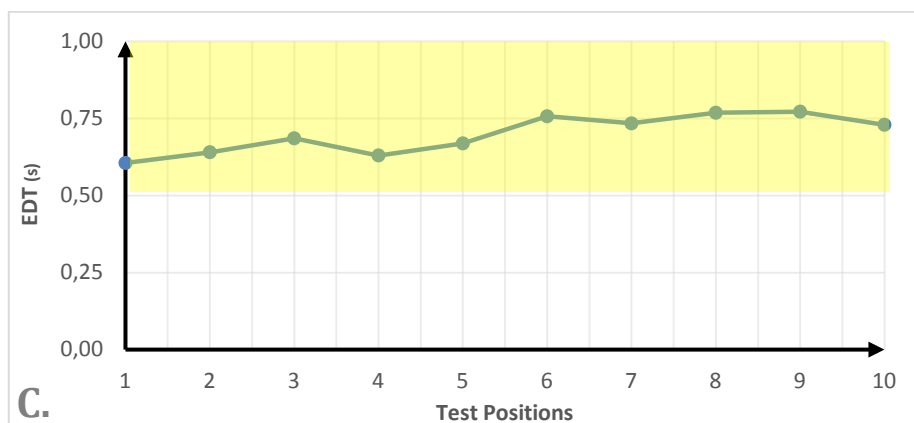
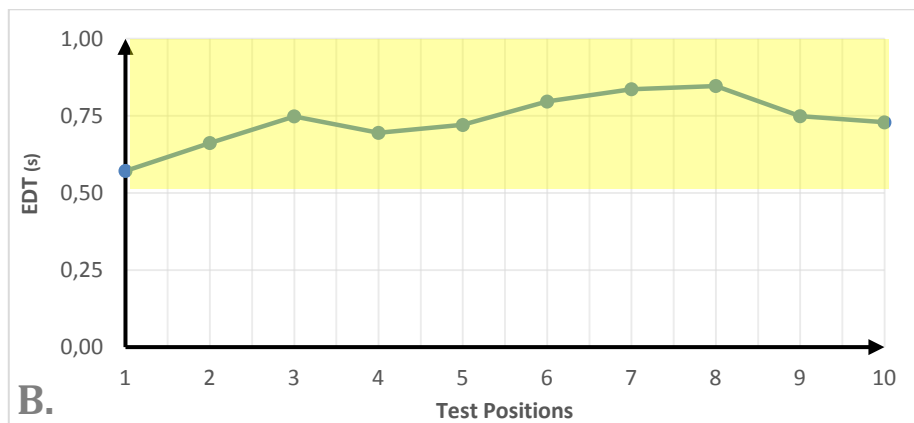
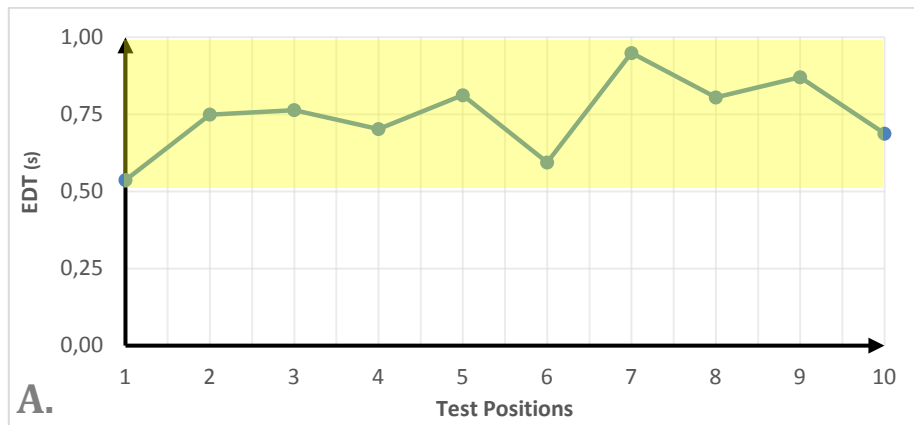
**Εικόνα 4.7:** Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum in theatre “Alfa Idea”).

— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)    — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 4.8:** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> (Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum in theatre “Alfa Idea”).

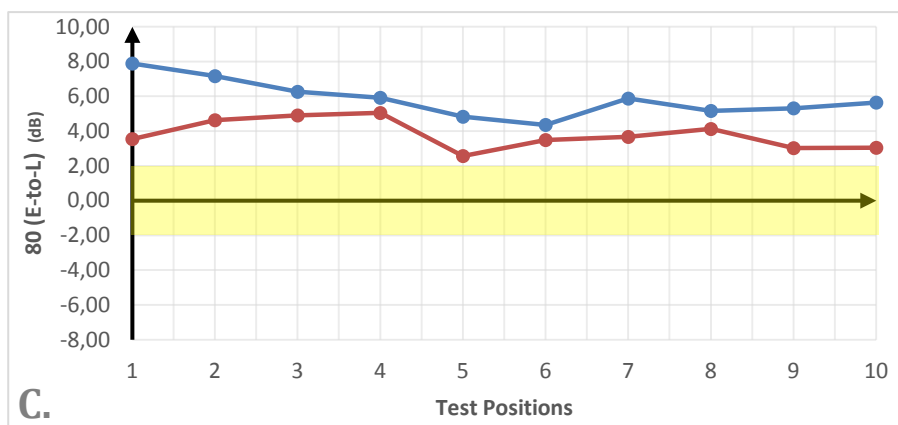
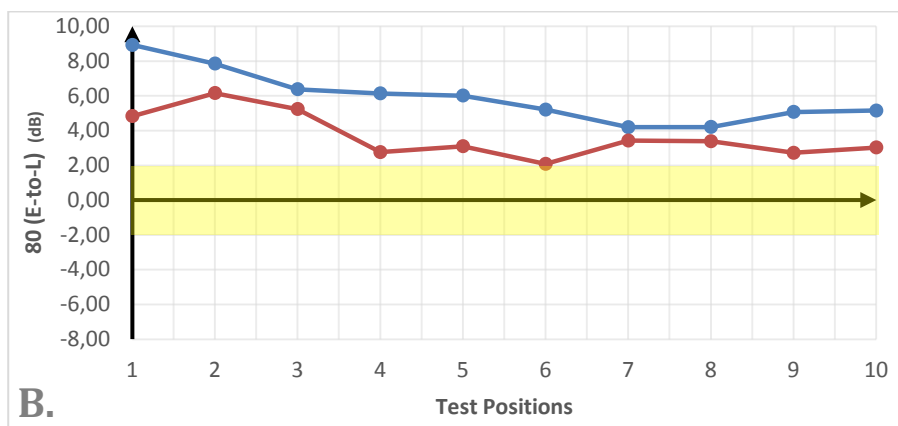
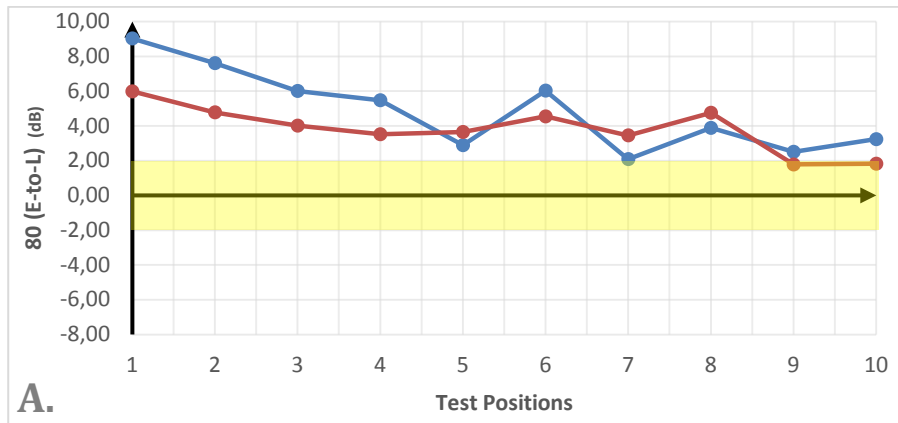
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)    — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 4.9:** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> (*Measurements of the Early Decay Time in theatre “Alfa Idea”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

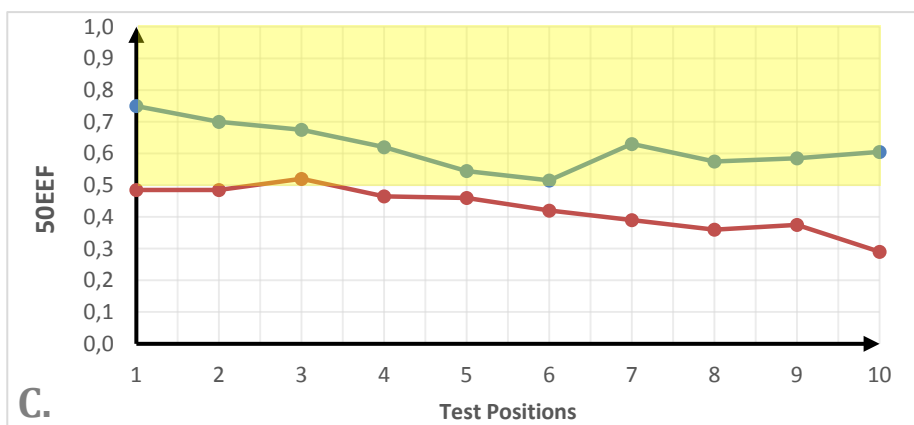
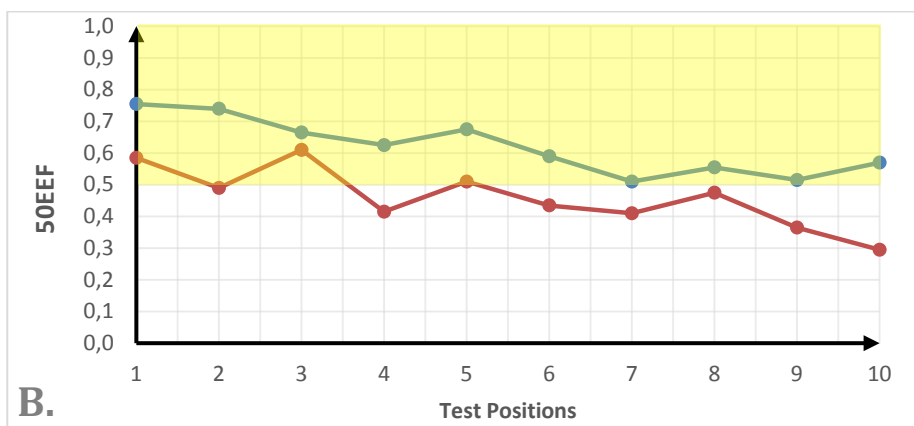
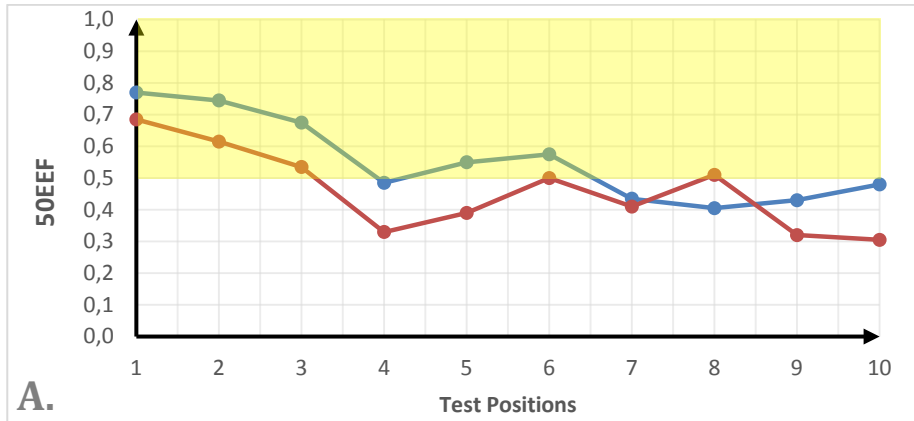
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)      — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 4.10:** Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) στο θέατρο <’Αλφα Ιδέα> (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio in theatre “Alfa Idea”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

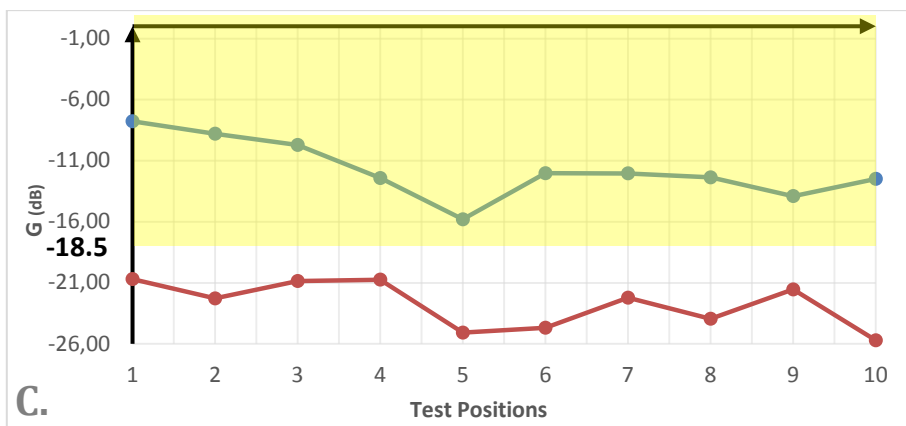
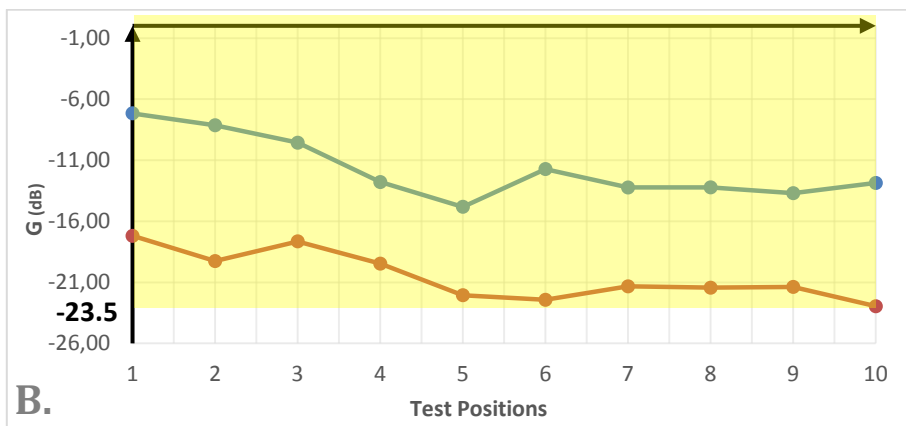
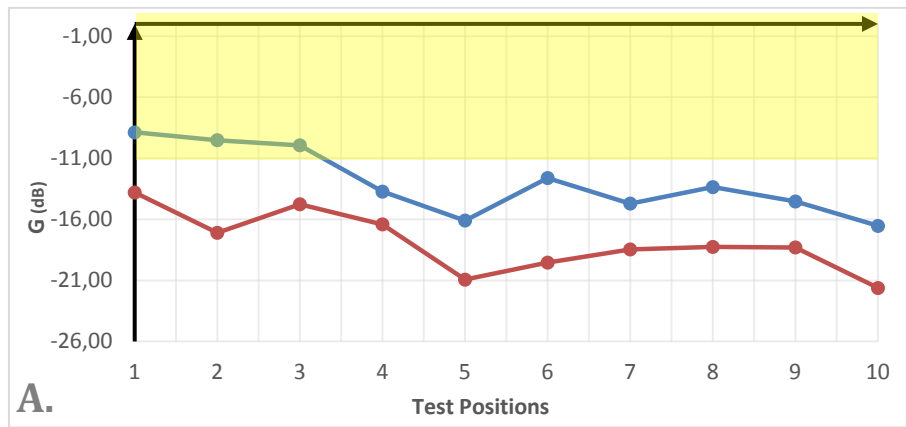
- Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)
- Κατευθυντική πηγή (*directional source*)
- Επιθυμητά όρια για κλασική μουσική (*recommended values for classical music*)



**Εικόνα 4.11:** Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> (*Measurements of the 50ms early energy fraction in theatre “Alfa Idea”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

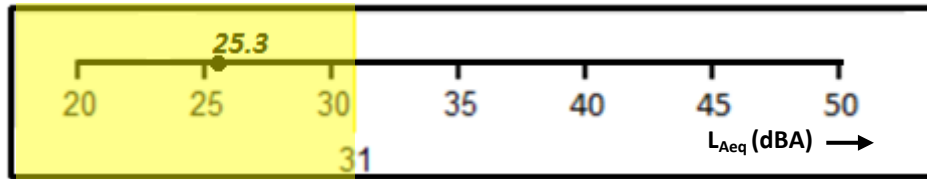
- Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)
- Κατευθυντική πηγή (*directional source*)
- Επιθυμητά όρια για αίθουσα ομιλίας (*recommended values for speech intelligibility*)



**Εικόνα 4.12:** Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου με θέση αναφοράς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή, στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> (Measurements of the speech sound level *Re* speech level at 1 m. from the source in theatre “Alfa Idea”).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (Mean, oct. bands 125, 250 Hz), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (Mean, oct. bands 500, 1000 Hz), **C.** Διάγραμμα υψηλών (Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz).

— Ισότροπη πηγή (omnidirectional source) — Κατευθυντική πηγή (directional source)  
 — Επιθυμητά όρια: **A.** Για τις χαμηλές συχν. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχν. “>-23,5 dB”, **C.** Για τις υψηλές συχν. “>-18,5 dB” (recommended values: **A.** For Mean 125, 250 Hz “>-11 dB”, **B.** For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, **C.** For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”)



**Εικόνα 4.13:** Διάγραμμα θορύβου βάθους στο θέατρο <Άλφα Ιδέα>  
(*Measurements of the background noise level in theatre “Alfa Idea”*).

— Ανεκτό όριο  $\leq 31$  dBA (*recommended values  $\leq 31$  dBA*)



## 4.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Στην αρχή έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως πέντε (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 58,5% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 28,6% της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας II εξηγεί το 21,2% της συνολικής διακύμανσης και ο παράγοντας III εξηγεί το 8,7% της συνολικής διακύμανσης. Οι συντελεστές φόρτισης που παρουσιάζονται είναι μεγαλύτεροι από 0,50. Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικρότερο του  $\pm 0,50$  (βλ. πίνακα 5.3), θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές.

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

ΘΕΑΤΡΟ ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ		
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες	Φορτίσεις
I. Υπόσταση- Πληρότητα (Percentage of Variance 28,6%)	26. Με κακή γενική εντύπωση- Με καλή γενική εντύπωση	-0,814
	15. Γεμάτος-Κενός	0,812
	16. Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	0,794
	17. Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	0,771
	24. Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	0,736
	18. Λαμπρός-Σκοτεινός	0,687
	10. Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	0,664
	25. Με αμεσότητα-Απόμακρος	0,656
	8. Διαυγής-Μπερδεμένος	0,651
	19. Με όγκο-Χωρίς όγκο	0,651
	22. Πλούσιος-Πτωχός	0,649
	1. Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση	

	ανδρικών ρόλων	0,624
	23. Με παρουσία θορύβου- Απουσία θορύβου	-0,563
	2. Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,510
II. Δύναμη-Ζωντάνια  (Percentage of Variance 21,2%)	9. Εξασθενημένος-Δυνατός	-0,819
	5. Άψυχος-Ζωντανός	-0,767
	7. Πτωχός σε τονική ποιότητα- Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0,757
	6. Δυνατός-Αδύναμος	0,750
	4. Δυσχερής στην ακρόαση- Ευχερής στην ακρόαση	-0,647
	3. Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	0,562
	III. Διαπεραστικότητα- Οξυφωνία (Percentage of Variance 8,7%)	14. Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός
	12. Οξύς-Μη οξύς	0,733
	13. Υψηλός-Χαμηλός	0,685

**Πίνακας 4.1** Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες στο θέατρο  
<Άλφα Ιδέα> (Results of factor analysis of data obtained during  
performance in Alfa Idea Theatre).

Πραγματοποιήθηκε ακόμα ανάλυση της διακύμανσης για τους δύο παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F ( στατιστικό )	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	1,239	0,274
II.	0,949	0,519
III.	0,945	0,523

**Πίνακας 4.2** Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μέτρησης για κάθε έναν από τους τρεις παράγοντες αντίληψης στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> (Comparison of perceptions between measurement positions for each of the three perceptual factors in Alfa Idea Theatre)

### 4.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Τα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,716 sec έως 0,852 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RTmid) 0,744 sec με την ισότροπη πηγή. Όσον αφορά τις τιμές, είναι εντός των επιθυμητών ορίων ενώ οι δείκτες χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες και υψηλές προς μεσαίες συχνότητες, με τους οποίους αποτιμάται η μορφή του φάσματος, είναι κοντά στην μονάδα, δηλαδή έχουμε την επιθυμητή κατανομή του φάσματος

Όσον αφορά τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) η κατανομή του στον χώρο δείχνει ότι το ηχητικό πεδίο τείνει να μην είναι διάχυτο. Αυτό για τις χαμηλές συχνότητες που εξετάζουμε είναι συμβατό σε σχέση με τις σχετικά μικρές διαστάσεις του θεάτρου, δηλαδή απλά σε αυτή την περιοχή του φάσματος στο θέατρο <Άλφα Ιδέα> δεν έχουμε ιδιαίτερα διάχυτο ηχητικό πεδίο. Η ανωτέρω διαπίστωση δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την ακουστική του χώρου δεδομένου ότι σε θεατρικές σκηνές την κρίσιμη σημασία έχει κυρίως η μεσαία

περιοχή του φάσματος.Όσον αφορά τις τιμές που μετρήθηκαν, αυτές, σε σύγκριση με τις επιθυμητές τιμές κατά Baron βρίσκονται σχεδόν εντός των ορίων.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (50EEF) οι τιμές που μετρήθηκαν βρίσκονται εντός των επιθυμητών ορίων.Τα αποτελέσματα με την κατευθυντική πηγή επιβεβαιώνουν αυτό που αποτελεί κοινή αίσθηση, δηλαδή ότι η μερίδα του ακρωατηρίου προς την οποία έχει στραμμένα τα νώτα του ο ηθοποιός δεν δέχεται επαρκείς πρώιμες ανακλάσεις.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων προς καθυστερημένω ανακλάσεων (80 E-to-L) παρατηρούμε ότι οι τιμές που μετρήθηκαν έχουν θετική τιμή, γεγονός που δείχνει ότι οι πρώιμες ανακλάσεις υπερτερούν των καθυστερημένων.

Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) οι τιμές βρίσκονται εξ ολοκλήρου εντός των ορίων.Όπως και στο κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (50EEF), έτσι και εδώ τα αποτελέσματα με την κατευθυντική πηγή δείχνουν ότι η μερίδα του ακρωατηρίου προς την οποία έχει στραμμένα τα νώτα του ο ηθοποιός δεν δέχεται επαρκείς πρώιμες ανακλάσεις.

Τέλος, μετρήθηκε στάθμη θορύβου βάθους (LAeq) 25,3 dbA η οποία δεν ξεπερνάει το ανώτατο όριο των 31 dbA.Αξιίζει να αναφέρουμε ότι το θέατρο είναι αρκετά προστατευμένο από τον αστικό θόρυβο καθώς παρ ότι είναι στο κέντρο της Αθήνας βρίσκεται στον υπόγειο χώρο πολυκατοικίας.

#### **4.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης**

Τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών παραμέτρων αποδεικνύουν ότι η ακουστική των αθηναϊκών μοντέρνων θεάτρων είναι ικανοποιητική, αλλά αυτό αποκτά αξία μόνο αν η αντίληψη του μέσου αθηναϊκού θεατρόφιλου κοινού το επιβεβαιώσει. Αυτό καθιστά τον ακουστικό σχεδιασμό μιας θεατρικής σκηνής σύνθετη διαδικασία.

Τα αποτελέσματα της εργασίας επιβεβαιώνουν την θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory). Βρέθηκε δηλαδή ότι η αντίληψη της ακουστικής θεατρικών σκηνών οργανώνεται πάνω σε έναν μικρό αριθμό ανεξάρτητων παραγόντων.

Αναφέρουμε λοιπόν, πως στην θεατρική σκηνή <Άλφα Ιδέα> το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 58,5%.Ο παράγοντας που κυριαρχεί στην αντίληψη της ακουστικής (παράγων Ι) αναφέρεται σε ήχο με υπόσταση και πληρότητα με χαρακτηριστικές κλίμακες <Γεμάτος - Κενός> και <Με υπόσταση –

Χωρίς υπόσταση>, ο οποίος εξηγεί το 28,6% της συνολικής διακύμανσης. Ακολουθεί ο παράγοντας που περιγράφει ήχο με δύναμη και ζωντάνια (παράγων II) με χαρακτηριστικές κλίμακες <Εξασθενημένος –Δυνατός> και <Άψυχος –Ζωντανός>, ο οποίος εξηγεί το 21,2% της συνολικής διακύμανσης. Τέλος, ακολουθεί ο παράγοντας που περιγράφει ήχο με διαπεραστικότητα και οξυφωνία (παράγων III) με χαρακτηριστικές κλίμακες <Διαπεραστικός –Μη διαπεραστικός> και <Οξύς –Μη οξύς>, ο οποίος εξηγεί το 8,7% της συνολικής διακύμανσης.

Έπειτα, από την ανάλυση της διακύμανσης για το θέατρο παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική μεταβολή στον τρόπο που το ακροατήριο αντιλαμβάνεται τον ήχο από θέση σε θέση, κάτι που αποδεικνύει την καλή ακουστική του χώρου, όπως έδειξαν και οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις. Αυτό βέβαια επιβεβαιώνει και το γεγονός ότι το σχετικά μικρό μέγεθος της αίθουσας θεωρείται άκρως κατάλληλο για την άρτια ακουστική του θεάτρου.

#### **4.5 Συμπεράσματα μελέτης θεάτρου <Άλφα Ιδέα>**

Όπως προκύπτει από την μελέτη που έγινε για το θέατρο <Άλφα Ιδέα> ο χρόνος αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες κυμαίνεται εντός των ορίων γεγονός που αποδίδεται σε προγενέστερη τεκμηριωμένη μελέτη βάση της οποίας προστέθηκαν κατάλληλα ηχοαπορροφητικά υλικά στον χώρο. Επιπλέον ηχοαπορρόφηση δημιουργείται στον χώρο από την στόφα των καθισμάτων και την υφή του δαπέδου (μοκέτα), ικανή να επηρεάσει τον χρόνο αντήχησης στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες που εντοπίζεται μειωμένος σε σχέση με τις χαμηλές.

Το θέατρο διαθέτει ανακλαστική οροφή, καθώς και πλευρικές παρειές και αυτό φαίνεται στις τιμές του 50EEF που είναι εντός επιθυμητών ορίων σε όλη την αίθουσα. Ο πίσω τοίχος φέρει στοιχεία διάχυσης.

Όσον αφορά άλλες πιθανές χρήσεις της αίθουσας, λόγω των μη επιθυμητών τιμών του κλάσματος πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων πρέπει να αναφερθεί ότι ο χώρος δεν ενδείκνυται για μουσική.

Η ακουστική όμως δεν παύει να κρίνεται εξαιρετική τόσο λόγω της μικρής απόστασης ανάμεσα στην σκηνή και τους θεατές όσο και από την ύπαρξη ανακλαστικών επιφανειών στον χώρο. Το εύρημα αυτό γίνεται πλήρως αντιληπτό αν κοιτάξει κανείς τις τιμές της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου.

Ακόμη ο χώρος κρίνεται πλήρως ηχοπροστατευμένος καθώς η είσοδος του θεάτρου βρίσκεται εντός «στοάς», η δε αίθουσα προστατεύεται με την ύπαρξη φουαγιέ (χώρος ανάσχεσης) από την κύρια είσοδο του θεάτρου.

Η αντίληψη της ακουστικής βρέθηκε ότι εξηγείται από τρεις παράγοντες ενώ μεταξύ των θέσεων δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή, δηλαδή η επιλογή θέσης από τον θεατή δεν θεωρείται ότι επηρεάζει την καλή ακουστική του χώρου.

## 5. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ <ΣΤΟΑ>

Παρακάτω παρουσιάζεται το υπό μελέτη θέατρο, ενδεικτικές φωτογραφίες και τα σχέδια αυτού καθώς επίσης και τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων.

### Θέατρο <Στοά>

Το θέατρο <Στοά> βρίσκεται στην οδό Μπισκίνη 55 στη Ζωγράφου, είναι χωρητικότητας 300 θέσεων και σχεδιάστηκε το 1971, όταν και χτιστηκε, από την αρχιτέκτονα Α. Κυρίτση Κολλάρου σε ισόγειο πολυκατοικίας. Παρ' ότι ο αρχικός σχεδιασμός του απέβλεπε στην ίδρυση ενός κινηματογράφου, αυτό δεν πραγματοποιήθηκε ποτέ κι έτσι γρήγορα πριν ακόμα ανοίξει τις πύλες του μεταμορφώθηκε στο θέατρο που υπάρχει και σήμερα. Αποτελεί θέατρο προσκηνίου ενώ είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα χαρακτηριστικά του χώρου παραμένουν αναλλείωτα από εκείνη την εποχή καθώς δεν έχει πραγματοποιηθεί ανακαίνιση έκτοτε.



Εικόνα 5.1 Εξωτερική άποψη του θεάτρου <Στοά>



Εικόνα 5.2 Εσωτερική άποψη του θεάτρου <Στοά> (σκηνή)

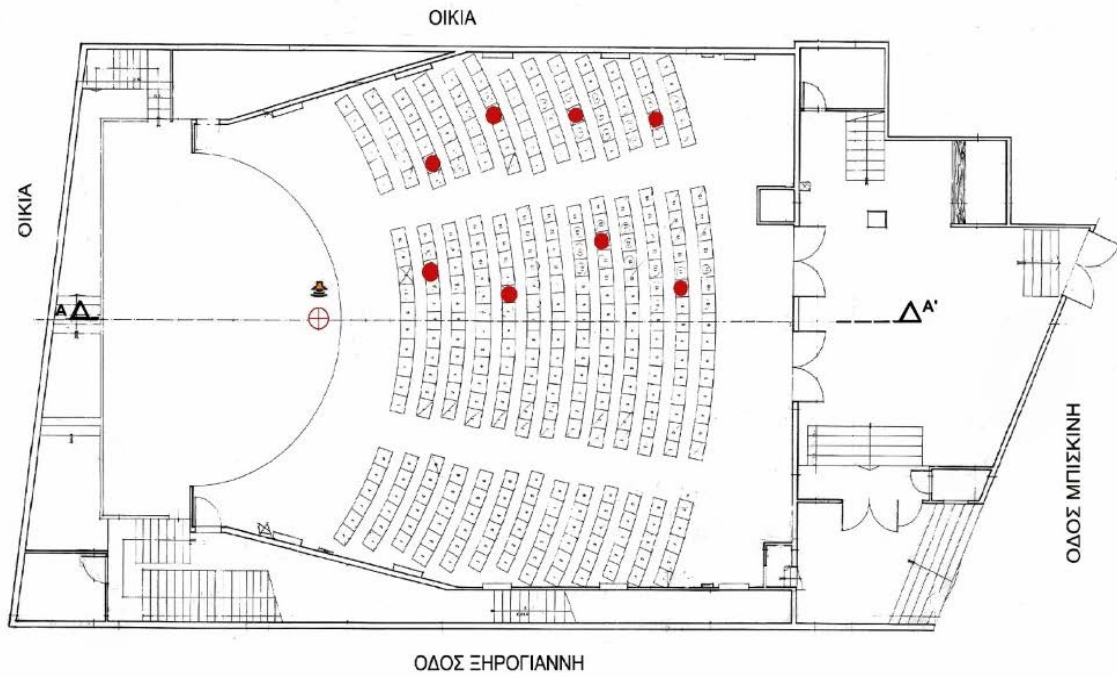




**Εικόνα 5.3** Εσωτερική άποψη του θεάτρου <στοά> (οροφή)

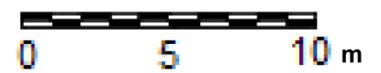
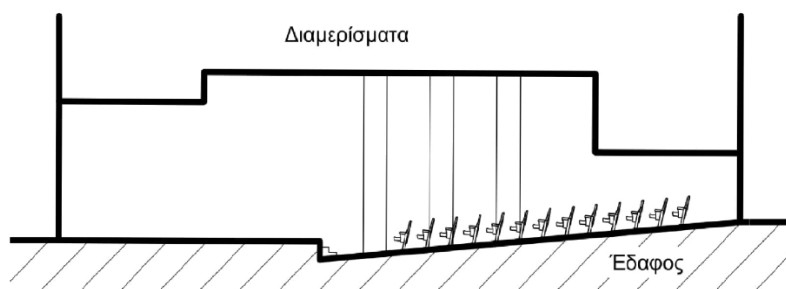


**Εικόνα 5.4** Εσωτερική άποψη του θεάτρου <στοά> (πλατεία)



**Εικόνα 5.5** Κάτοψη θεάτρου <Στοά>

 Κατευθυντική πηγή  Ισότροπη πηγή



**Εικόνα 5.6** Τομή A-A' θεάτρου <Στοά>

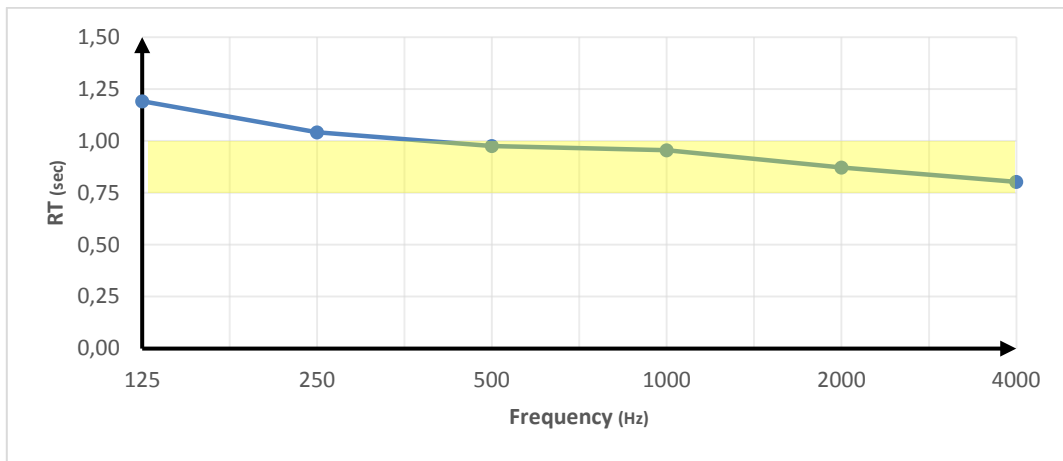
## 5.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις των φυσικών ακουστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έπειτα έγινε πινακοποίηση των δεδομένων όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε. Στο θέατρο <Στοά> έγιναν συνολικά οχτώ μετρήσεις.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων ( $RT_{bass}/RT_{mid}$ ) και υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων ( $RT_{tremble}/RT_{mid}$ ).

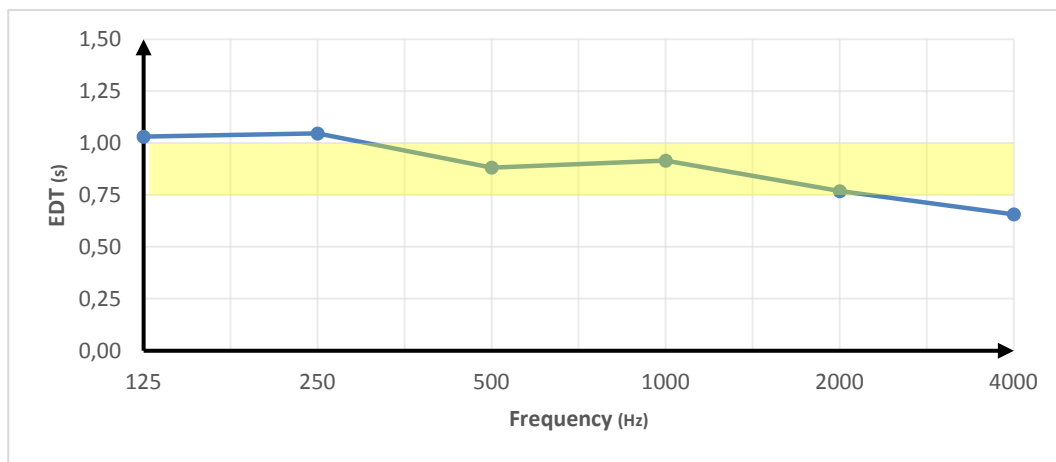
Λόγος χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων ( $RT_{bass}/RT_{mid}$ )	1,156
Λόγος υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων ( $RT_{tremble}/RT_{mid}$ ).	0,868

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε διαγράμματα όλα τα αποτελέσματα των φυσικών μετρήσεων, τόσο με την ισότροπη όσο και με την κατευθυντική πηγή.



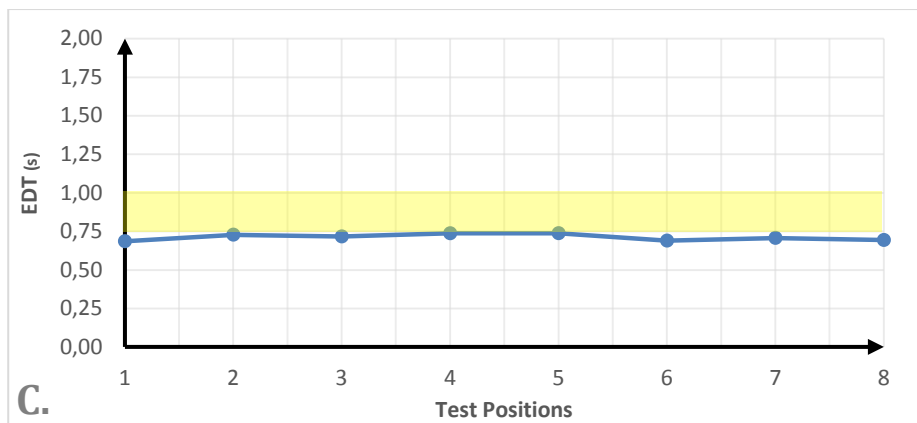
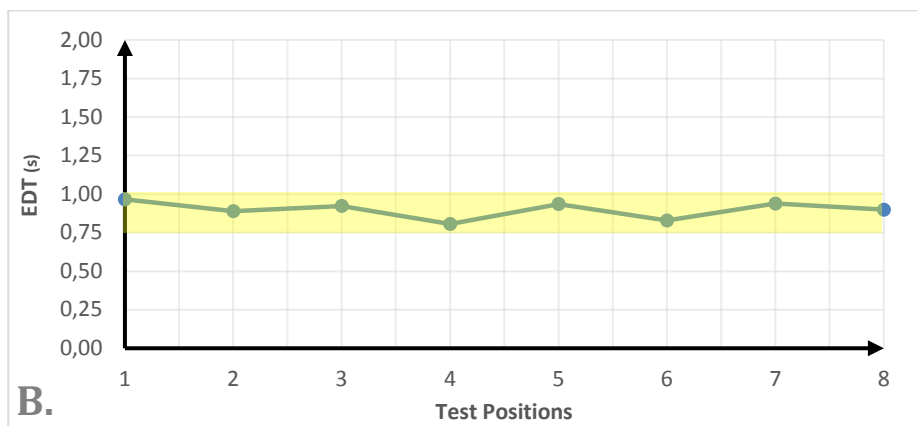
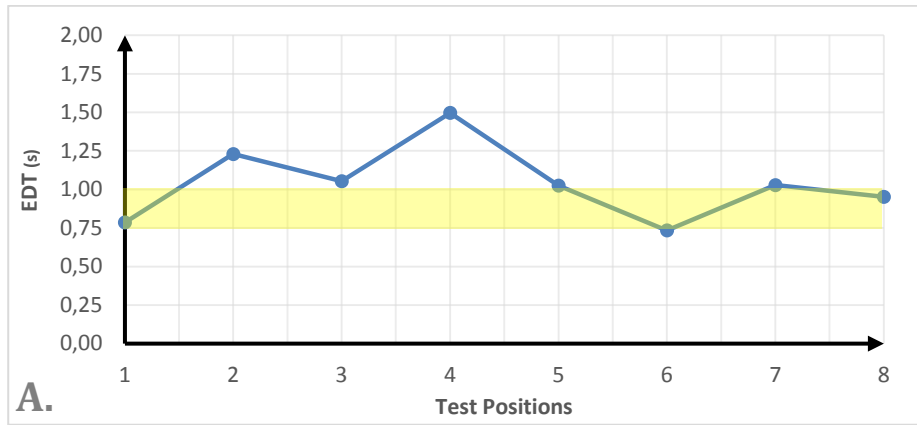
**Εικόνα 5.7:** Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων στο θέατρο <Στοά> (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum in theatre “Stoa”).

— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)    — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 5.8:** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων στο θέατρο <Στοά> (Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum in theatre “Stoa”).

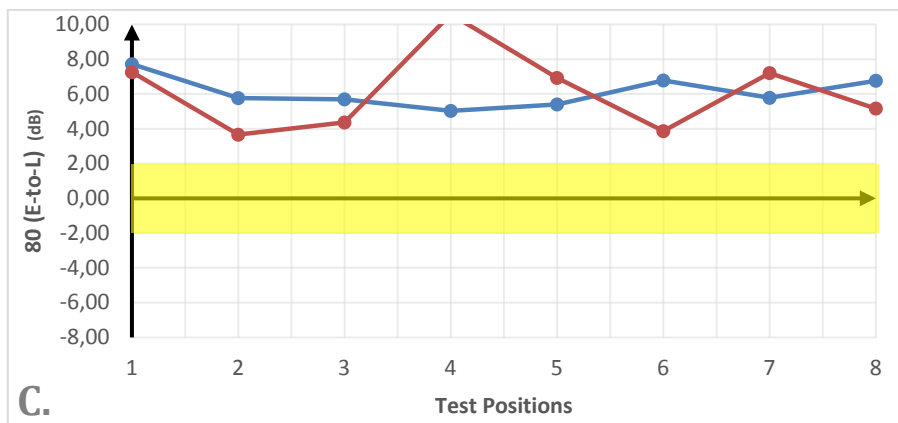
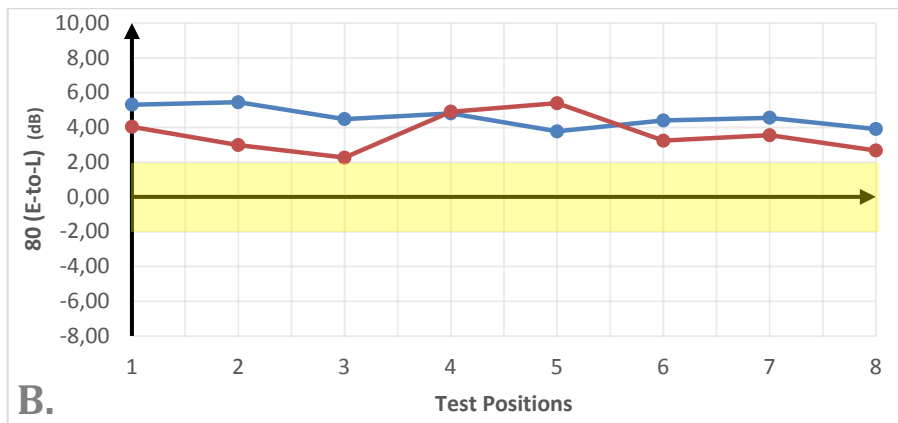
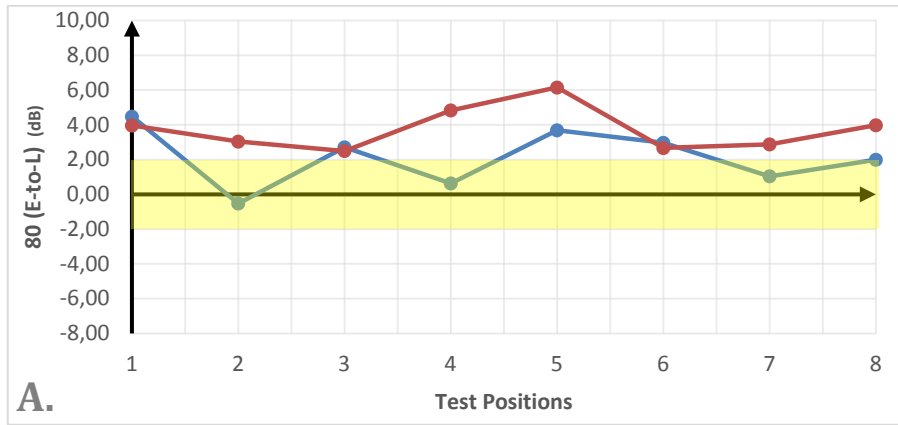
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)    — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 5.9:** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων στο θέατρο <Στοά> (*Measurements of the Early Decay Time in theatre “Stoa”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

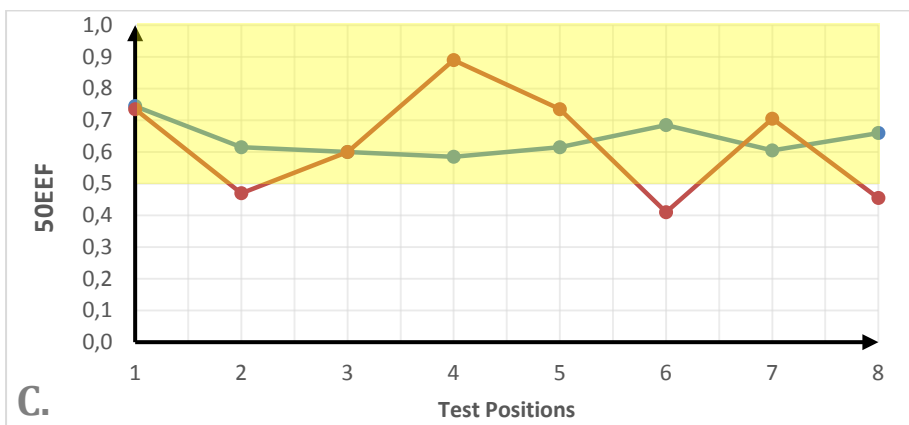
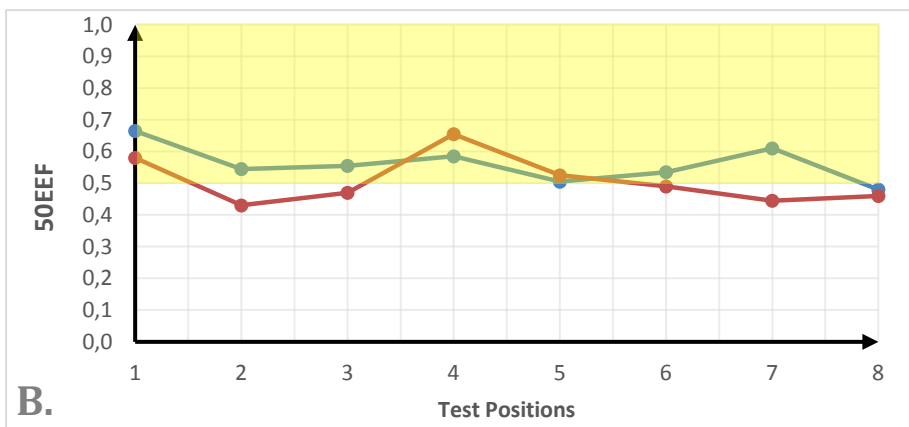
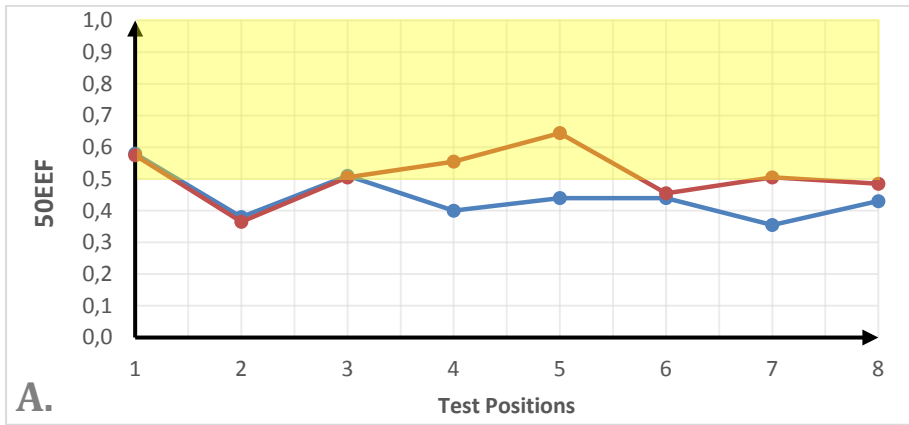
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)      — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 5.10:** Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) στο θέατρο <Στοά> (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio in theatre “Stoa”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

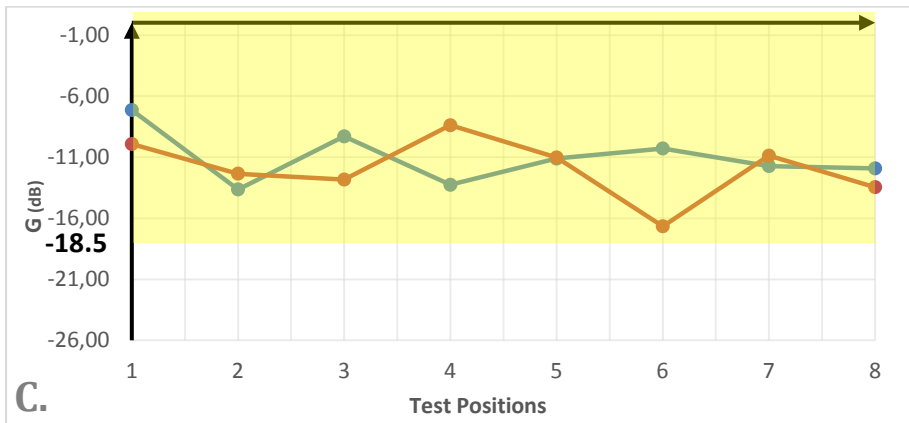
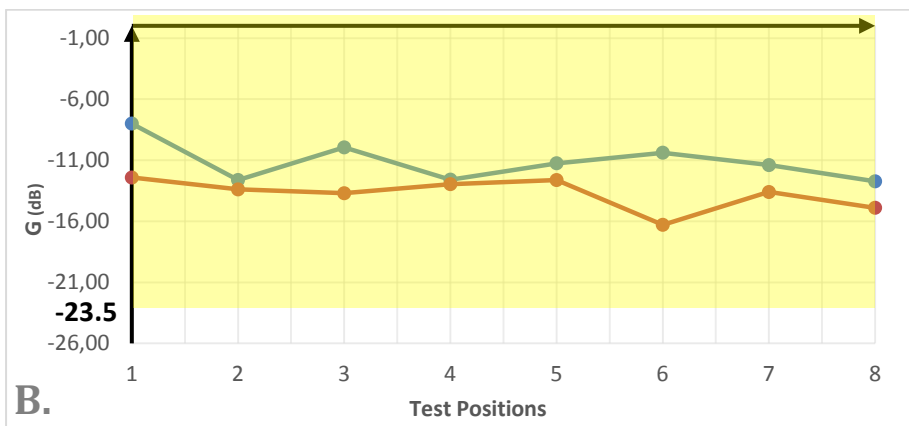
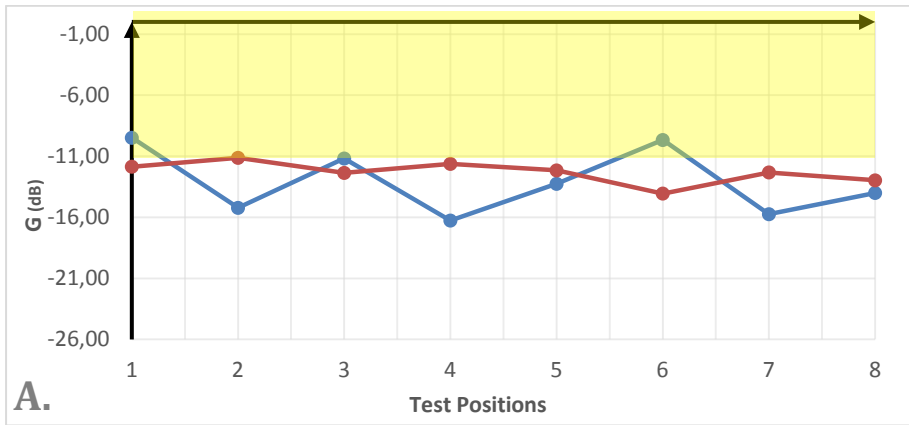
- Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)
- Κατευθυντική πηγή (*directional source*)
- Επιθυμητά όρια για κλασική μουσική (*recommended values for classical music*)



**Εικόνα 5.11:** Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF στο θέατρο <Στοά> (*Measurements of the 50ms early energy fraction in theatre “Stoa”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

- Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)
- Κατευθυντική πηγή (*directional source*)
- Επιθυμητά όρια για αίσθηση ομιλίας (*recommended values for speech intelligibility*)

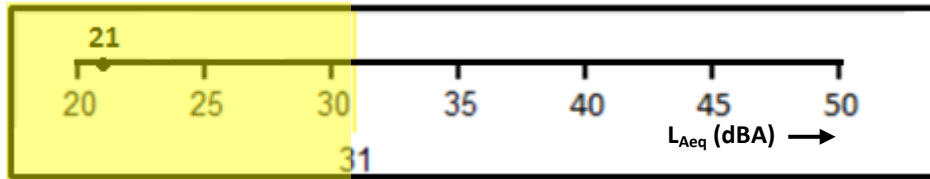


**Εικόνα 5.12:** Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου με θέση αναφοράς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή, στο θέατρο <Στοά> (*Measurements of the speech sound level Re speech level at 1 m. from the source in theatre “Stoa”*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)    — Κατευθυντική πηγή (*directional source*)  
 — Επιθυμητά όρια: **A.** Για τις χαμηλές συχν. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχν. “>-23,5 dB”,  
**C.** Για τις υψηλές συχν. “>-18,5 dB” (*recommended values: A. For Mean 125, 250 Hz “>-11 dB”, B. For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, C. For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”*)





**Εικόνα 5.13:** Διάγραμμα θορύβου βάθους στο θέατρο <Στοά> (*Measurements of the background noise level in theatre "Stoa"*).

— Ανεκτό όριο  $\leq 31$  dBA (*recommended values  $\leq 31$  dBA*)

## 5.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Στην αρχή έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως έξι (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 58,5% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 25,6% της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας II εξηγεί το 19,4% της συνολικής διακύμανσης και ο παράγοντας III εξηγεί το 13,5% της συνολικής διακύμανσης. Οι συντελεστές φόρτισης που παρουσιάζονται είναι μεγαλύτεροι από 0,50. Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικρότερο του  $\pm 0,50$  (βλ. πίνακα 5.3), θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές.

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

## ΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟΑ

Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες	Φορτίσεις	
<b>I.</b> <b>Δύναμη-ζωντάνια</b> (Percentage of Variance 25,6%)	5. Άψυχος-Ζωντανός	-0,819	
	22. Πλούσιος-Πτωχός	0,784	
	9. Εξασθενημένος-Δυνατός	-0,782	
	7. Πτωχός σε τονική ποιότητα- Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0,780	
	21. Απόμακρος-Εγγύς	-0,753	
	6. Δυνατός-Αδύναμος	0,715	
	16. Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	0,685	
	19. Με όγκο-Χωρίς όγκο	0,669	
	3. Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	0,574	
	25. Με αμεσότητα-Απόμακρος	0,552	
	4. Δυσχερής στην ακρόαση- Ευχερής στην ακρόαση	-0,545	
	<b>II.</b> <b>Υπόσταση- Πληρότητα</b> (Percentage of Variance 19,4%)	17. Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	0,899
		18. Λαμπρός-Σκοτεινός	0,899
15. Γεμάτος-Κενός		0,711	
8. Διαυγής-Μπερδεμένος		0,703	
1. Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων		0,679	
10. Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος		0,651	

<b>III.</b> <b>Διαπεραστικότητα-Οξυφωνία</b> (Percentage of Variance 13,5%)	12. Οξύς-Μη οξύς	0,819
	11. Τραχύς-Μαλακός	0,739
	23. Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	0,730
	14. Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	0,634
	26. Με κακή γενική εντύπωση-Με καλή γενική εντύπωση	0,554

**Πίνακας 5.1** Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες στο θέατρο <Στοά>  
*(Results of factor analysis of data obtained during performance in Stoa Theatre)*

Πραγματοποιήθηκε ακόμα ανάλυση της διακύμανσης για τους δύο παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F ( στατιστικό )	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	1,301	0,253
II.	0,827	0,623
III.	1,153	0,346

**Πίνακας 5.2** Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μέτρησης για κάθε έναν από τους τρεις παράγοντες αντίληψης στο θέατρο <Στοά> (Comparison of perceptions between measurement positions for each of the three perceptual factors in Stoa Theatre)

### 5.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Τα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,803 sec έως 1,191 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RTmid) 0,965 sec με την ισότροπη πηγή. Όσον αφορά τις τιμές, είναι εντός των επιθυμητών ορίων ενώ όπως και παραπάνω, οι δείκτες χαμηλές προς μεσαίες συχνότητες και υψηλές προς μεσαίες συχνότητες, είναι σχετικά κοντά στην μονάδα, δηλαδή έχουμε την επιθυμητή κατανομή του φάσματος

Όσον αφορά τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) η κατανομή του στον χώρο δείχνει ότι το ηχητικό πεδίο τείνει να μην είναι διάχυτο. Αυτό για τις χαμηλές συχνότητες που εξετάζουμε οφείλεται κυρίως στις σχετικά μικρές διαστάσεις του θεάτρου. Η ανωτέρω διαπίστωση, όπως έχει αναφερθεί και στην προηγούμενη αίθουσα δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την ακουστική του χώρου δεδομένου ότι σε θεατρικές σκηνές την κρίσιμη σημασία έχει κυρίως η μεσαία περιοχή του φάσματος. Όσον αφορά τις τιμές που μετρήθηκαν, αυτές, σε σύγκριση με τις επιθυμητές τιμές κατά Baron βρίσκονται σχεδόν εντός των ορίων.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (50EEF) οι τιμές που μετρήθηκαν βρίσκονται σε κάποιες περιπτώσεις οριακά εντός των επιθυμητών ορίων.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων προς καθυστερημένω ανακλάσεων (80 E-to-L) παρατηρούμε ότι οι τιμές που μετρήθηκαν δεν παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές είτε μετρήθηκαν με την πολυκατευθυντική είτε με την κατευθυντική πηγή.

Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) οι τιμές βρίσκονται εξ ολοκλήρου εντός των ορίων καθώς η απόσταση ακροατή-ομιλητή είναι σχετικά μικρή, όπως και η ηχοαπορρόφηση μέσα στο χώρο.

Τέλος, μετρήθηκε στάθμη θορύβου βάθους (LAeq) 21,0 dbA η οποία δεν ξεπερνάει το ανώτατο όριο των 31 dbA. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κτίριο είναι αρκετά προστατευμένο από τον αστικό θόρυβο.

## 5.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης

Όσον αφορά την θεατρική σκηνή <Στοά> το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 58,5%. Εξήχθησαν οι ίδιοι παράγοντες με πριν, με κυρίαρχο παράγοντα (παράγων I) αυτόν που αναφέρεται σε ήχο με δύναμη και ζωντάνια με χαρακτηριστικές κλίμακες <Άψυχος – Ζωντανός> και <Εξασθενημένος – Δυνατός>, ο οποίος εξηγεί το 25,6% της συνολικής διακύμανσης. Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί πως όπως ειπώθηκε παραπάνω, επρόκειτο για έναν μονόλογο με τον ηθοποιό να δίνει ιδιαίτερη έμφαση σε ορισμένα σημεία του έργου, γεγονός που δικαιολογεί πλήρως την έννοια της δύναμης που εμφανίζεται. Ακολουθεί ο παράγοντας που περιγράφει ήχο με υπόσταση και πληρότητα (παράγων II) με χαρακτηριστικές κλίμακες <Με υπόσταση – Χωρίς υπόσταση> και <Γεμάτος – Κενός>, ο οποίος εξηγεί το 19,4% της συνολικής διακύμανσης. Τέλος, ακολουθεί ο παράγοντας που περιγράφει ήχο με διαπεραστικότητα και οξυφωνία (παράγων III) με χαρακτηριστικές κλίμακες <Οξύς – Μη οξύς> και <Διαπεραστικός – Μη διαπεραστικός>, ο οποίος εξηγεί το 13,5% της συνολικής διακύμανσης.

Όπως και προηγουμένως έτσι και εδώ, από την ανάλυση της διακύμανσης για το θέατρο παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική μεταβολή στον τρόπο που το ακροατήριο αντιλαμβάνεται τον ήχο από θέση σε θέση. Εξάλλου γίνεται πάλι λόγος για μία σχετικά μικρή σε διαστάσεις αίθουσα με αρκετά ικανοποιητική ακουστική όπως επιβεβαιώνουν και οι φυσικές μετρήσεις.

## 5.5 Συμπεράσματα μελέτης θεάτρου <Στοά>

Όπως παρατηρούμε για το θέατρο <Στοά> ο χρόνος αντήχησης στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες είναι εντός των ανεκτών ορίων ενώ στις χαμηλές είναι σχετικά αυξημένος. Αυτό οφείλεται στο σχετικά αυξημένο ύψος ύψους του χώρου (6,5 μ.) σε συνδυασμό με τις κουρτίνες που καταλαμβάνουν εκτενή επιφάνεια των πλευρικών

παρειών και προφανώς απορροφούν από τη μεσαία περιοχή του φάσματος και πάνω

Όπως και προηγουμένως, έτσι κι εδώ ο λόγος των πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων δείχνουν πως ο χώρος δεν ενδείκνυται για μουσική.

Ακόμη οι μικρές αποστάσεις από την σκηνή και η ύπαρξη ανακλαστικής οροφής, φαίνεται να δημιουργούν μία ευχάριστη αίσθηση στην αντίληψη του ήχου κάτι που γίνεται αντιληπτό και από τις άρτιες τιμές της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου.

Όσον αφορά την ηχοπροστασία η αίθουσα θεωρείται πλήρως ηχοπροστατευμένη αφού βρίσκεται σε ένα ήσυχο περιβάλλον στην περιοχή του Ζωγράφου.

Τέλος και εδώ η αντίληψη εξηγείται μέσω τριών παραγόντων χωρίς να υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά από θέση σε θέση.

## 6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΟ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ

Στο παρόν κεφάλαιο προχωρήσαμε σε μία ταυτόχρονη ανάλυση και των δύο αιθουσών μαζί. Αναλυτικές πληροφορίες για το κάθε θέατρο παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.1, τόσο με τις φυσικές μετρήσεις όσο και με τις μετρήσεις αντίληψης.

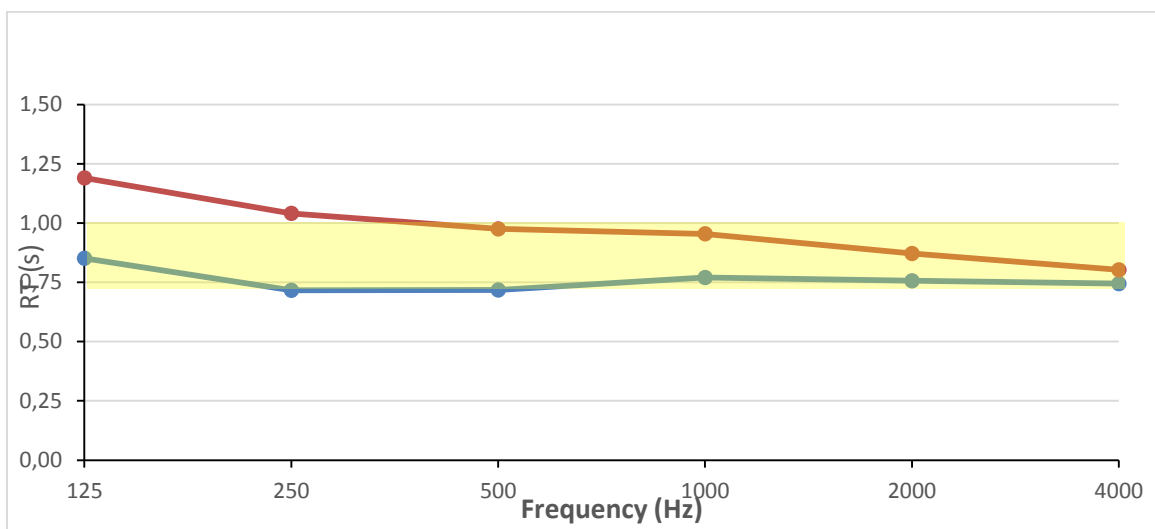
Θέατρο	«Άλφα Ιδέα»	«Στοά»
Χρονολογία	1956 Ανακαίνιση: 1977 Ανακαίνιση: 2005	1971
Αρχιτέκτονας	Αθαν. Μπίτσος Βασ. Μπίτσος Δημ. Μπίτσος	Α. Κυρίτση Κολλάρου
Χωρητικότητα (άτομα)	276	300
Όγκος (m <sup>3</sup> )	1480	2100
Όγκος ανά θέση (m <sup>3</sup> )	5,40	7,00
Μήκος (m)	22.80	23,50
Πλάτος (m)	14.70	16,00
Ύψος (m) [average]	min: 3,05m – max: 4,70m	min: 2,60m – max: 6,55m
Εμβαδό (m <sup>2</sup> )	369 τ.μ.	376 τ.μ.
RT <sub>mid</sub>	0,74	0,97



**Πίνακας 6.1:** Βασικές πληροφορίες για τις θεατρικές σκηνές (*Basic details of test drama theatres*). Το  $RT_{mid}$  αφορά στον χρόνο αντήχησης για τις μεσαίες συχν. (500, 1000Hz), σε άδειο χώρο (*RTmid is accounted for mean-mid 500, 1000Hz in the empty*).

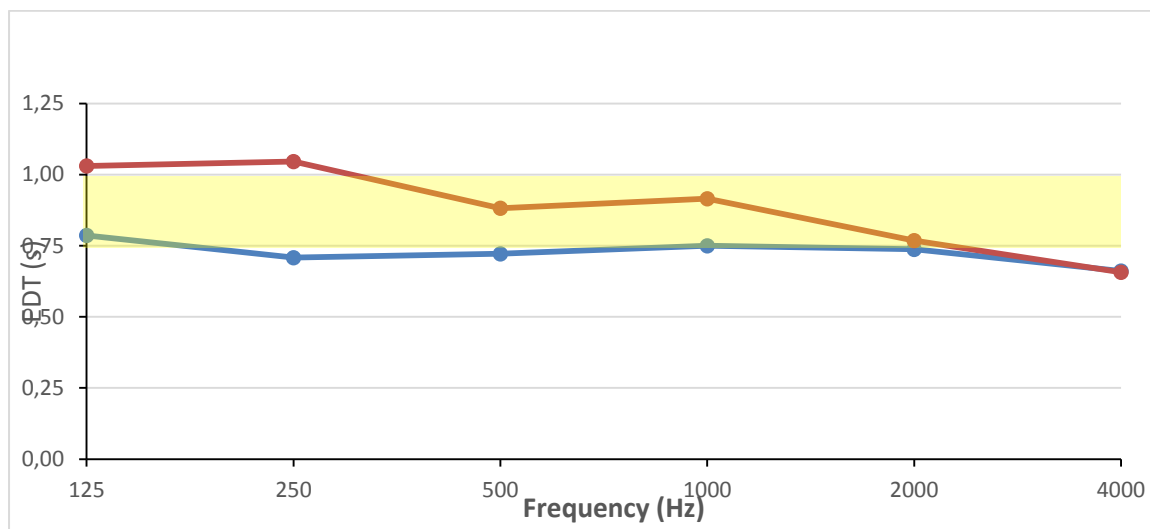
## 6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Διαγραμματοποιημένα παρουσιάζονται τα μεγέθη των φυσικών μετρήσεων σε κάθε θέατρο. Αναλυτικότερα γίνεται σύγκριση με τους χρόνους αντήχησης (RT) και τους χρόνους απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων (EDT) σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων, καθώς και με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές όσο και τον μέσο όρο των τιμών των λόγων πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L), των κλασμάτων πρώιμων ανακλάσεων 50EEF, των αποσβέσεων της στάθμης έντασης του ήχου (θέση αναφοράς η ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή) και των θορύβων βάθους σε κάθε θέατρο.



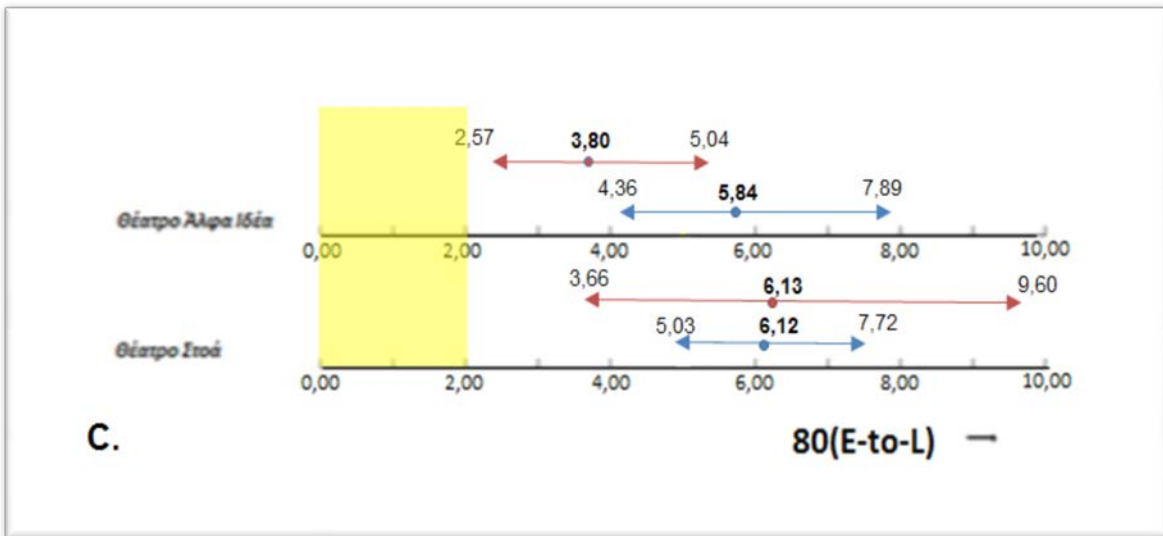
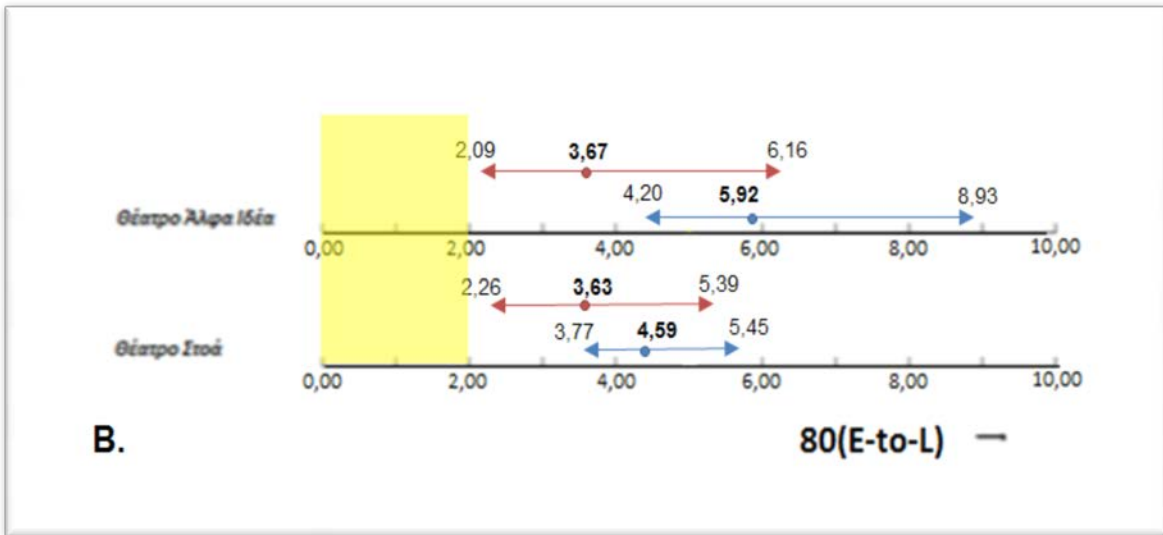
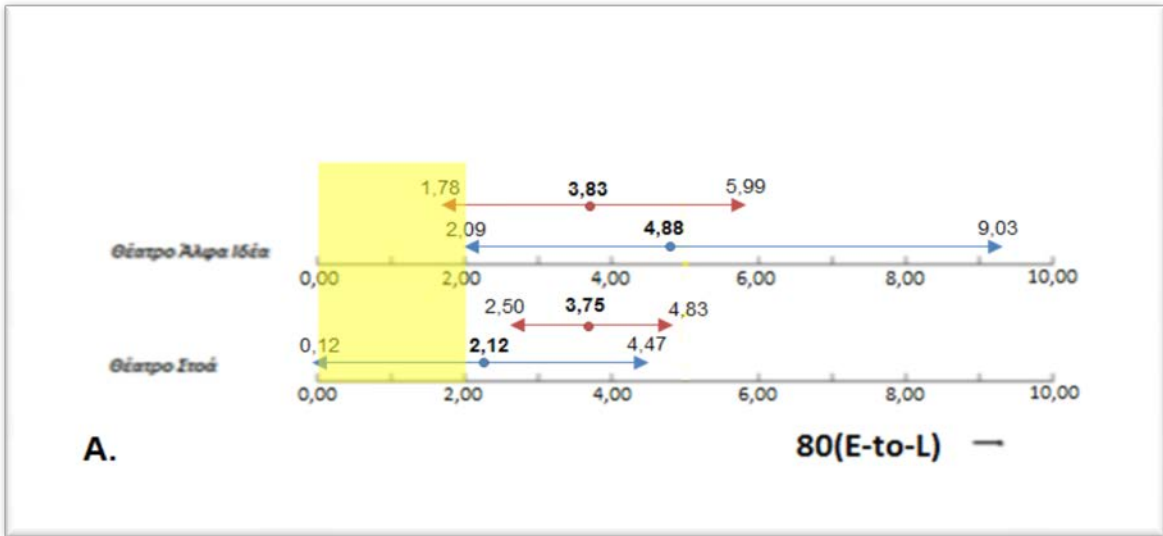
**Εικόνα 6.1:** Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum).

- Θεάτρο Άλφα Ιδέα (*theatre "Alfa Idea"*)
- Θεάτρο Στοά (*theatre "stoa"*)
- Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 6.2:** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων (*Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum*).

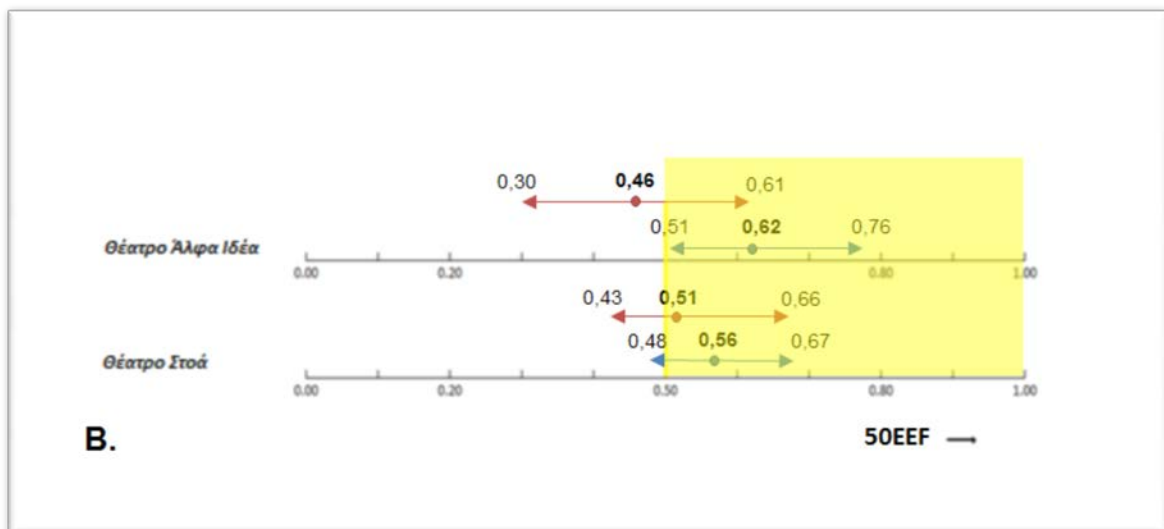
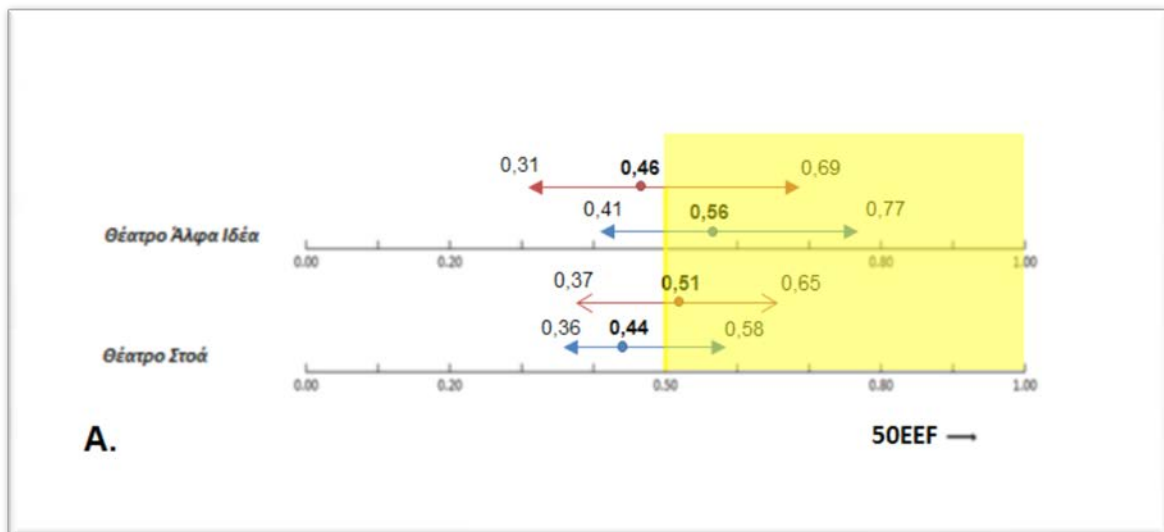
- Θέατρο Άλφα Ιδέα (*theatre "Alfa Idea"*)
- Θέατρο Στοά (*theatre "stoa"*)
- Επιθυμητά όρια (*recommended values*)

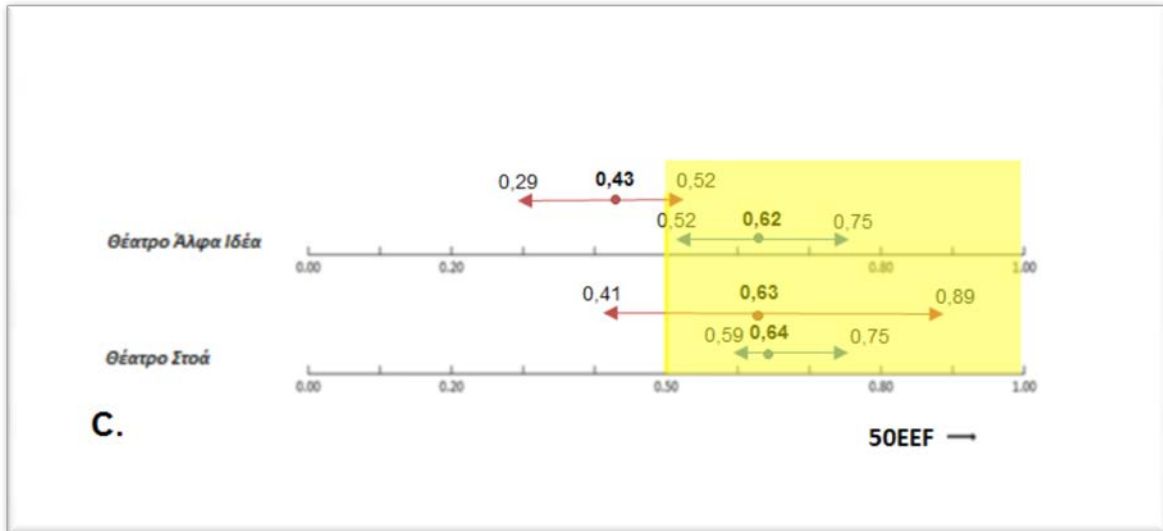


**Εικόνα 6.3:** Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio*)

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών συχνοτήτων (*Mean 2000, 4000 Hz*).

- Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)
- Κατευθυντική πηγή (*directional source*)
- Επιθυμητά όρια για αίθουσα ομιλίας (*recommended values for speech intelligibility*)

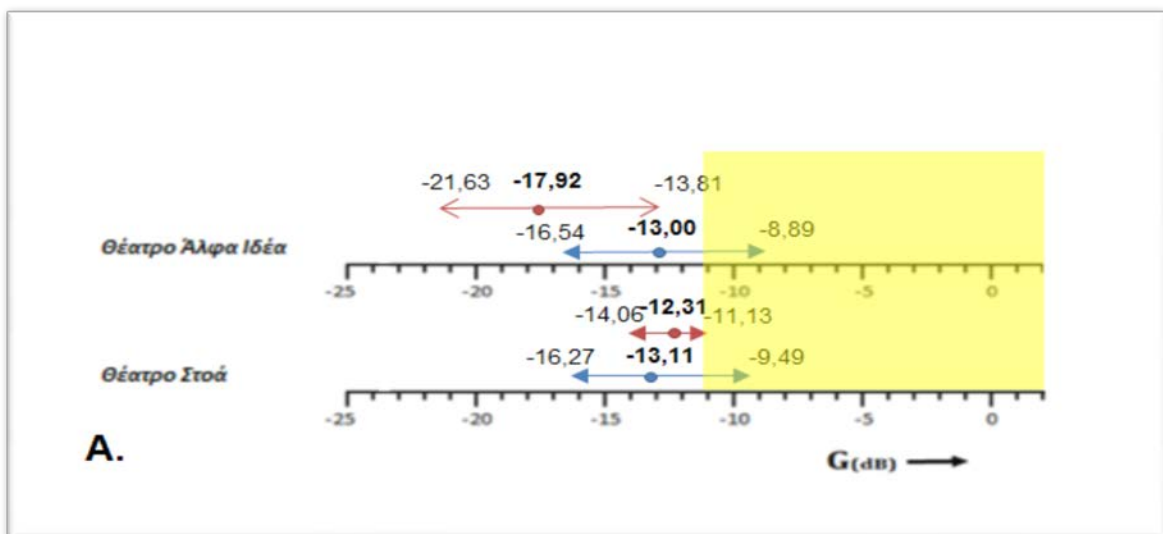


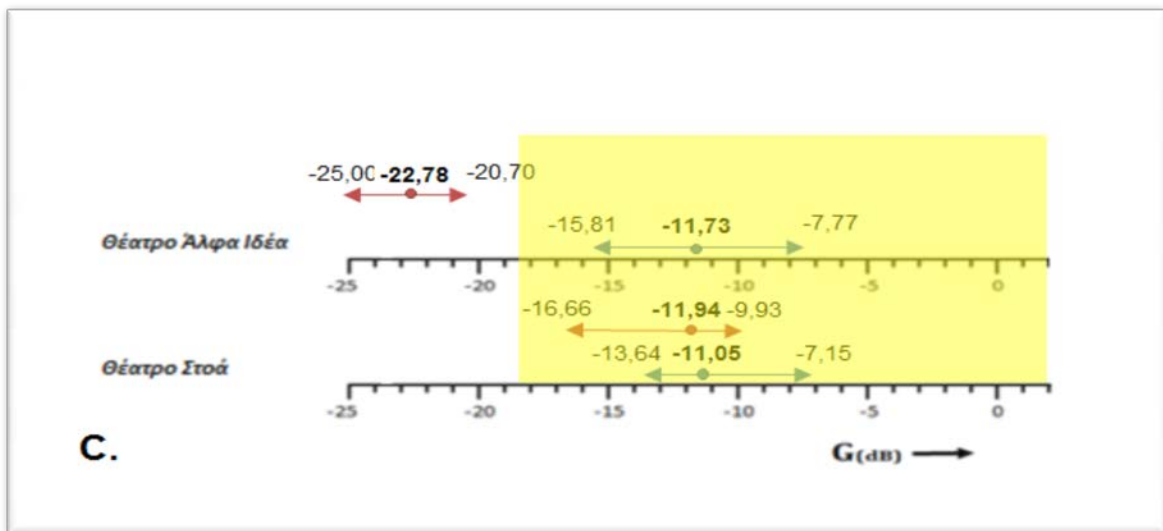
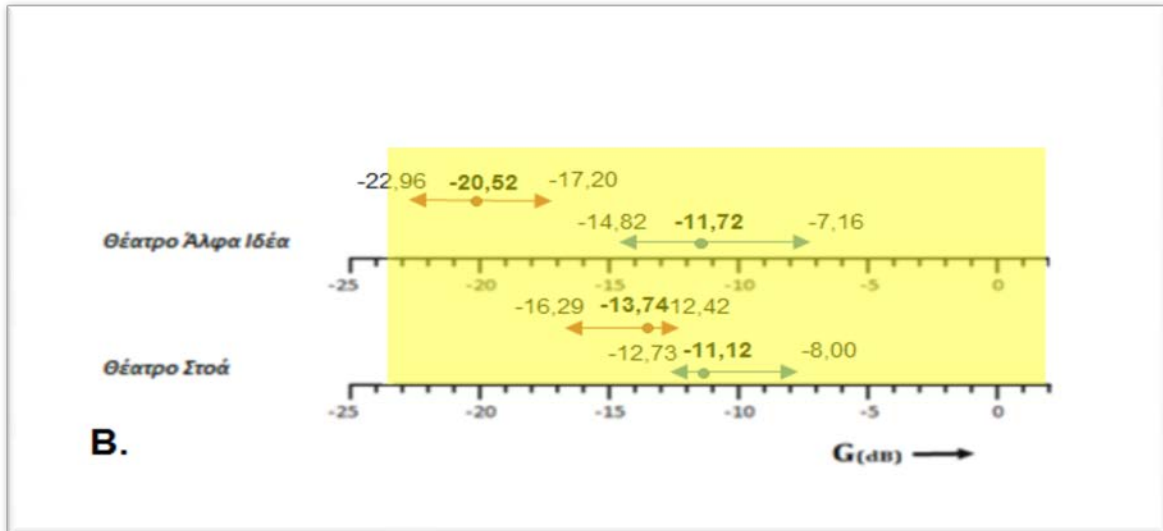


**Εικόνα 6.4:** Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF.  
(Measurements of the 50ms early energy fraction).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (Mean 125, 250 Hz), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (Mean 500, 1000 Hz), **C.** Διάγραμμα υψηλών συχνοτήτων (Mean 2000, 4000 Hz).

- Ισότροπη πηγή (omnidirectional source)
- Κατευθυντική πηγή (directional source)
- Επιθυμητά όρια για αίθουσα ομιλίας (recommended values for speech intelligibility)



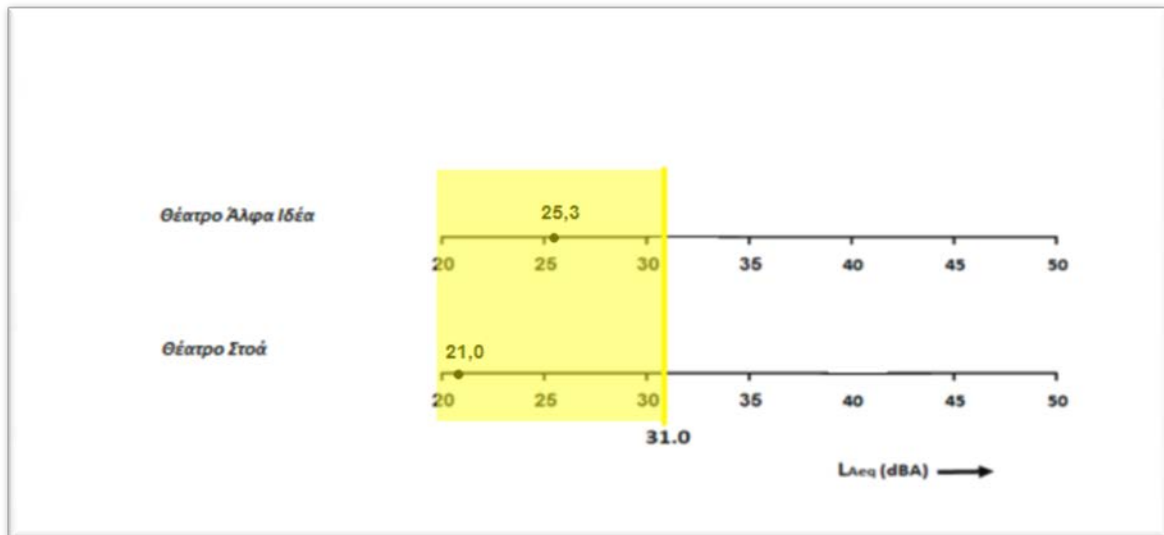


**Εικόνα 6.5:** Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου (G) ως προς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (0 dB) (*Measurements of the speech sound level Re speech level at 1 m. from the source*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών συχνοτήτων (*Mean 2000, 4000 Hz*).

■ Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)    ■ Κατευθυντική πηγή (*directional source*)

■ Επιθυμητά όρια: **A.** Για τις χαμηλές συχ. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχ. “>-23,5 dB”, **C.** Για τις υψηλές συχ. “>-18,5 dB” (*Criterion values: A. For Mean 125, 250 Hz “>-11 dB”, B. For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, C. For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”*)



**Εικόνα 6.6:** Διάγραμμα με τους θορύβους βάθους, όπως αυτοί μετρήθηκαν σε κάθε θέατρο. (*Measurements of the background noise level in test theatres*).

— Το ανεκτό όριο είναι  $\leq 31$  dBA (*criterion value is  $\leq 31$  dBA*)

## 6.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Αφού ενοποιήσαμε τα δείγματα από κάθε θέατρο σε ένα ενιαίο δείγμα αρχικά έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως έξι (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 56,6% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 23,5% της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας II εξηγεί το 22,2% της συνολικής διακύμανσης ενώ ο παράγοντας III εξηγεί το 10,8% της συνολικής διακύμανσης. Οι συντελεστές φόρτισης που παρουσιάζονται είναι μεγαλύτεροι από 0,50. Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικρότερο του  $\pm 0,50$ , θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές.

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

## ΘΕΑΤΡΟ ΑΛΦΑ ΙΔΕΑ ΚΑΙ ΘΕΑΤΡΟ ΣΤΟΑ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ

Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες	Φορτίσεις
I. Δύναμη-ζωντάνια- Εγγύτητα (Percentage of Variance 23,5%)	9. Εξασθενημένος-Δυνατός	-0,820
	5. Άψυχος-Ζωντανός	-0,799
	7. Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0,780
	6. Δυνατός-Αδύναμος	0,717
	21. Απόμακρος-Εγγύς	-0,690
	22. Πλούσιος-Πτωχός	0,673
	19. Με όγκο-Χωρίς όγκο	0,585
	25. Με αμεσότητα-Απόμακρος	0,540
II. Ευκρίνεια- Υπόσταση- Λαμπρότητα (Percentage of Variance 22,2%)	1. Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0,836
	2. Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,810
	17. Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	0,751
	18. Λαμπρός-Σκοτεινός	0,730
	15. Γεμάτος-Κενός	0,691
	16. Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	0,619
	8. Διαυγής-Μπερδεμένος	0,618
	10. Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	0,603
3. Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	0,512	



<p style="text-align: center;">III.</p> <p style="text-align: center;"><b>Διαπεραστικότητα- Οξυφωνία</b></p> <p style="text-align: center;">(Percentage of Variance 10,8%)</p>	12. Οξύς-Μη οξύς	0,795
	14. Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	0,730
	23 Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	0,607
	11. Τραχύς-Μαλακός	0,579
	13. Υψηλός-Χαμηλός	0,537

**Πίνακας 6.2** Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες στα θέατρα <Άλφα Ιδέα> και <Στοά> (Results of factor analysis of data obtained during performance in Alga Idea and Stoa Theatre)

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης για τους τρεις παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F ( στατιστικό )	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	3,083	0,082
II.	0,045	0,833
III.	19,223	0,000

**Πίνακας 6.3** Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μέτρησης για κάθε έναν από τους τρεις παράγοντες αντίληψης στα θέατρα <Άλφα Ιδέα> και <Στοά>

(Comparison of perceptions between measurement positions for each of the three perceptual factors in Alfa Idea and Stoa Theatre)

Καθώς οι δύο αίθουσες δεν είναι αρκετές-για τεχνικούς λόγους του προγράμματος- να επεξεργαστούν με την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης παρ ότι βρέθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή για τον παράγοντα III η ανάλυση έγινε λαμβάνοντας υπόψιν και τις εφτά αίθουσες του μοντερνισμού που έχουν μελετηθεί ή μελετώνται παράλληλα από την ομάδα του Πολυτεχνείου και παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 9.

### 6.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Τα αποτελέσματα κατά μήκος όλου του φάσματος συχνοτήτων για τον χρόνο αντήχησης RT κυμάνθηκαν από 0,716 sec έως 0,852 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RTmid) 0,744 sec για το θέατρο <Άλφα Ιδέα> ενώ από 0,803 sec έως 1,191 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RTmid) 0.965 sec για το θέατρο <Στοά> με τις εν λόγω τιμές να βρίσκονται εντός των επιθυμητών ορίων.

Όσον αφορά τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) τα αποτελέσματα κυμάνθηκαν απο 0,661 sec έως 0,786 sec για το θέατρο <Άλφα Ιδέα> ενώ απο 0,657 sec έως 1,046 sec για το θέατρο <Στοά>. Όπως είναι φανερό οι τιμές βρίσκονται μερικώς εκτός ορίων. Συγκεκριμένα έχουμε υπέρβαση του ανώτερου ορίου 1 sec για το θέατρο <Στοά> στις χαμηλές συχνότητες και μη προσέγγιση του κατώτερου ορίου 0,75 και για τα δύο θέατρα στις υψηλές συχνότητες.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (50EEF) βλέπουμε τις τιμές για το θέατρο <Άλφα Ιδέα> να υπερτερούν αριθμητικά στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες έναντι του θεάτρου <Στοά> και με τα δύο ζευγάρια τιμών βέβαια να βρίσκονται εντός των επιθυμητών ορίων. Όσο για τις υψηλές συχνότητες παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά και για τις δύο αίθουσες.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων προς καθυστερημένω ανακλάσεων (80 E-to-L) παρατηρούμε ότι οι τιμές για τα δύο θέατρα τείνουν να κινούνται σε παρόμοια μεγέθη με τις τιμές να είναι ιδιαίτερα αυξημένες σε σχέση με τα επιθυμητά μεγέθη (από +2 dB έως -2 dB) το οποίο αναφέρεται κυρίως για μουσικές σκηνές, επιβεβαιώνοντας ότι οι θεατρικές σκηνές δεν ενδείκνυνται για μουσική..

Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) βλέπουμε ότι τα δύο θέατρα παρουσιάζουν διαφορά σε ότι αφορά τις μετρήσεις με την κατευθυντική πηγή ενώ όμοια φαίνεται να κινούνται οι τιμές με χρήση της ισότροπης πηγής.

Τέλος, η στάθμη για τον θόρυβο βάθους φαίνεται να είναι μικρότερη για το θέατρο <Στοά> με την τιμή να κυμαίνεται στα 21 dB έναντι των 25,3 dB για το θέατρο <Άλφα Ιδέα> με τις τιμές και πάλι όμως να είναι στα επιθυμητά πλαίσια.

## 6.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης

Όσον αφορά την ανάλυση των δύο θεάτρων μαζί το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 56.6%. Εξήχθησαν τρεις παράγοντες όπως πριν, με κυρίαρχο παράγοντα (παράγων I) αυτόν που αναφέρεται σε ήχο με δύναμη και ζωντάνια με χαρακτηριστικές κλίμακες <Άψυχος – Ζωντανός> και <Εξασθενημένος – Δυνατός>, ο οποίος εξηγεί το 23,5% της συνολικής διακύμανσης. Ακολουθεί ο παράγοντας που περιγράφει ήχο με ευκρίνεια, υπόσταση και λαμπρότητα (παράγων II) με χαρακτηριστικές κλίμακες < Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων > και <. Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση >, ο οποίος εξηγεί το 22,2% της συνολικής διακύμανσης. Τέλος, ακολουθεί ο παράγοντας που περιγράφει ήχο με διαπεραστικότητα και οξυφωνία (παράγων III) με χαρακτηριστικές κλίμακες <Οξύς – Μη οξύς> και <Διαπεραστικός – Μη διαπεραστικός>, ο οποίος εξηγεί το 10,8% της συνολικής διακύμανσης.

## 6.5 Συμπεράσματα ανάλυσης δύο αιθουσών

Όσον αφορά την ανάλυση των δύο αιθουσών ταυτόχρονα πρέπει να σημειωθεί ότι η αντίληψη της ακουστικής για τα δύο θέατρα μετριέται με τον ίδιο τρόπο παρά την διαφορά που σημειώνεται στην εποχή και το ύφος των έργων και εξάγονται τρεις παράγοντες σύμφωνα με τους οποίους εξηγείται καλύτερα .

Όπως προκύπτει δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για τους παράγοντες ένα (δύναμη, ζωντάνια, εγγύτητα) και δύο (ευκρίνεια, υπόσταση, λαμπρότητα) ενώ αντίθετα διαφορά παρατηρείται στον παράγοντα τρία (διαπεραστικότητα, οξυφωνία) που όμως δεν μπορεί να εξηγηθεί περαιτέρω, στην παρούσα φάση, λόγω του μικρού αριθμητικά δείγματος που διαθέτουμε.

## 7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΤΑ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΥ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ

Στην συνέχεια προχωρήσαμε σε μία ταυτόχρονη ανάλυση των επτά αιθουσών που αντιπροσωπεύουν τον μοντερνισμό μαζί. Αναλυτικές πληροφορίες για το κάθε θέατρο παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1, τόσο με τις φυσικές μετρήσεις όσο και με τις μετρήσεις αντίληψης.

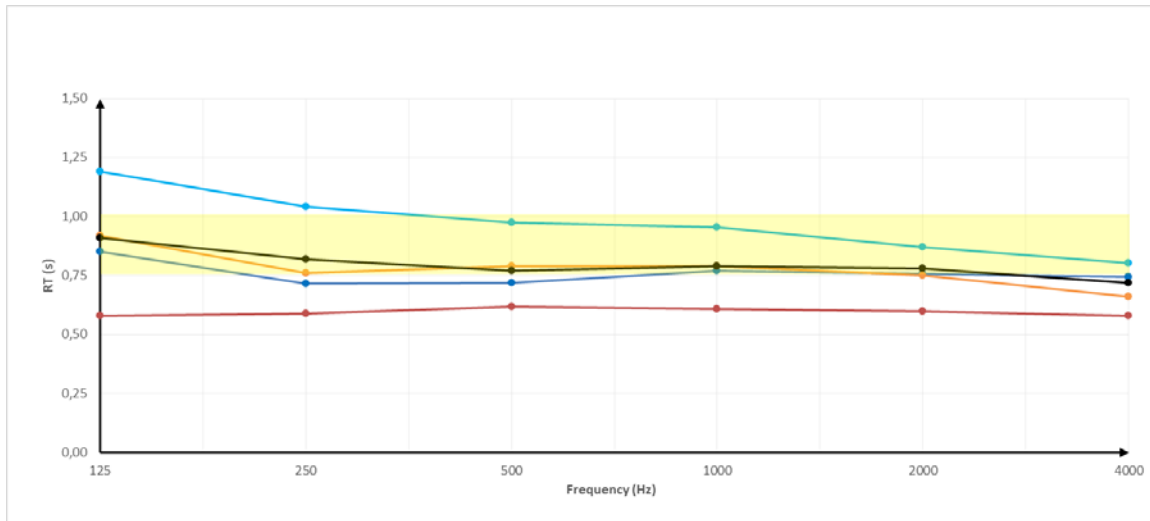
Θέατρο	«Άλφα Ιδέα»	«Στοά»	«Κάππα»	«Τζένη Καρέζη»	«Πόρτα»	«Άνεσις»	«Δημοτικό θέατρο Λαμίας»
<b>Χρονολογία</b>	1956  Ανακαίνιση: 1977  Ανακαίνιση: 2005	1971	1976  Ανακαίνιση: 1997	1978  Ανακαίνιση : 1989	1984  Ανακαίνιση: 2014	1950  Ανακαίνιση: 2004 ως θέατρο	1961  Ανακαίνιση
<b>Αρχιτέκτονας</b>	Αθαν. Μπίτσος  Βασ. Μπίτσος  Δημ. Μπίτσος	Α. Κυρίτση Κολλάρου	Ρήγας Ε. Αρβανίτης	Λάμπρος Γ. Γκοτοβός	Μ. Φωτιάδης	Κατασκευή: Κριθαράς Ανακαίνιση: Όμιλος Χαραγκιώνη	Κίμων Θ. Λάσκαρης
<b>Χωρητικότητα (άτομα)</b>	276	300	340	300	320	260	450
<b>Όγκος (m<sup>3</sup>)</b>	1480	2100	1360	1350	1840	2680	2965
<b>Όγκος ανά θέση (m<sup>3</sup>)</b>	5,40	7,00	4,00	4,50	4,80	13,10	6.59

<b>Μήκος (m)</b>	22.80	23,50	18,60	20,25	18,90	26,00	26,05
<b>Πλάτος (m)</b>	14.70	16,00	18,00	21,50	20,20	15,85	18,30
<b>Ύψος (m) [average]</b>	min: 3,05m – max: 4,70m	min: 2,60m – max: 6,55m	min: 2,60- max: 5,70	min: 2,10- max: 5,00	min: 4,00- max: 5,90	min: 4,10m – max: 8,8m	min: 3.13- max: 10.15
<b>Εμβαδό (m<sup>2</sup>)</b>	369 τ.μ.	376 τ.μ.	324 τ.μ.	370 τ.μ.	383 τ.μ.	Ισόγειο 418 τ.μ. Εξώστης 176 τ.μ.	Ισόγειο:44 6 τ.μ. Εξώστης:1 76 τ.μ.
<b>RT<sub>mid</sub></b>	0,74	0,97	0,60	0,75	0,77	0,93	0.58

**Πίνακας 7.1:** Βασικές πληροφορίες για τις θεατρικές σκηνές (*Basic details of test drama theatres*). Το RT<sub>mid</sub> αφορά στον χρόνο αντήχησης για τις μεσαίες συχν. (500, 1000Hz), σε άδειο χώρο (*RT<sub>mid</sub> is accounted for mean-mid 500, 1000Hz in the empty*).

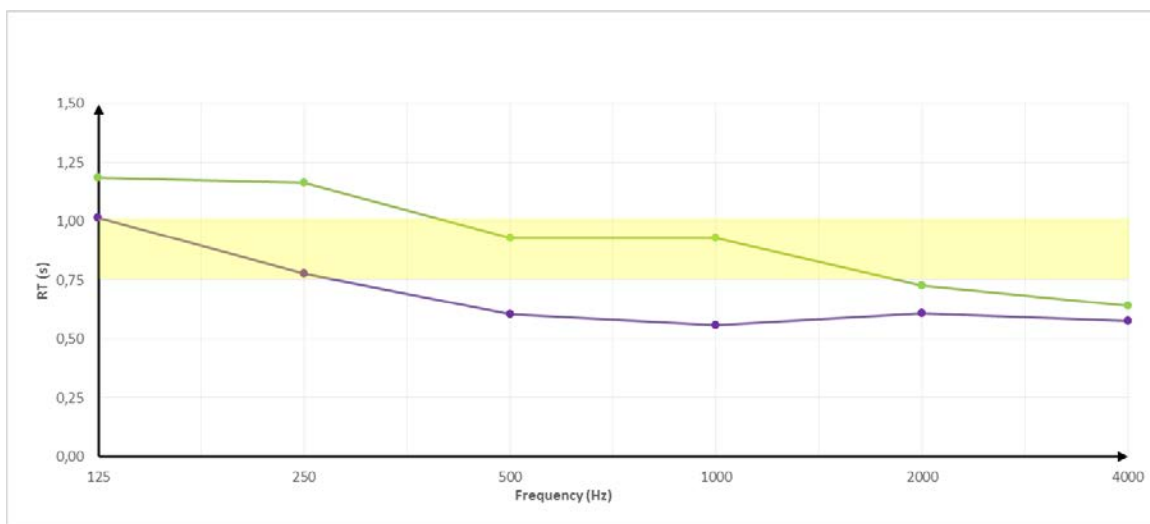
## 7.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα μεγέθη των φυσικών μετρήσεων σε κάθε θέατρο. Αναλυτικότερα γίνεται σύγκριση με τους χρόνους αντήχησης (RT) και τους χρόνους απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων (EDT) σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων, καθώς και με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές όσο και τον μέσο όρο των τιμών των λόγων πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L), των κλασμάτων πρώιμων ανακλάσεων 50EEF, των αποσβέσεων της στάθμης έντασης του ήχου (θέση αναφοράς η ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή) και των θορύβων βάθους σε κάθε θέατρο.



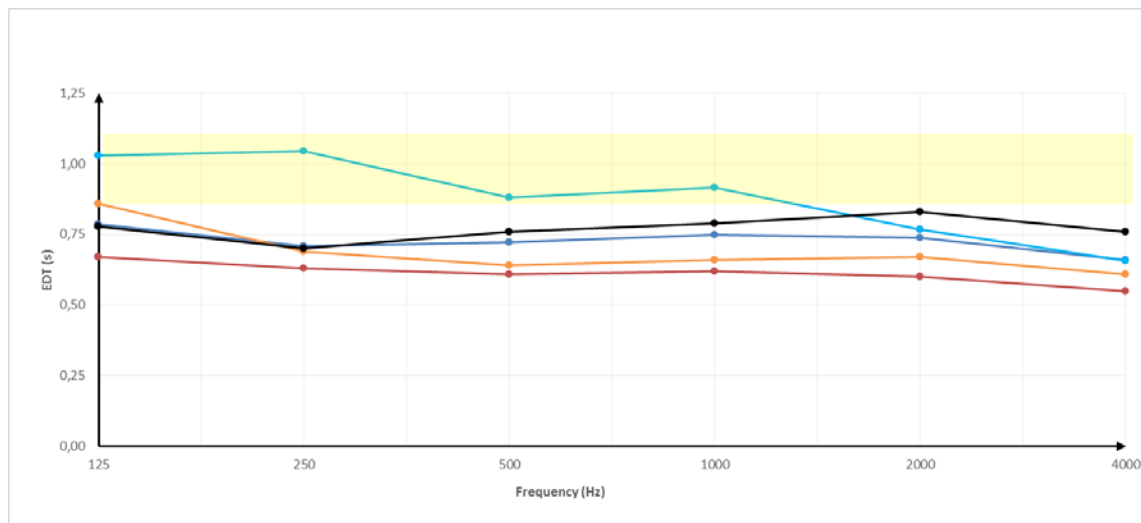
**Εικόνα 7.1:** Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων για θέατρα που βρίσκονται σε ισόγειο ή υπόγειο χώρο πολυκατοικιών (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum for theaters located on the ground or underground area of apartment building).

■ Θέατρο Άλφα Ιδέα (*theatre "Alfa Idea"*)    ■ Θέατρο Κάππα (*theatre "Kappa"*)  
■ Θέατρο Στοά (*theatre "Stoa"*)    ■ Θέατρο Πόρτα (*theatre "Porta"*)  
■ Θέατρο Τζένη Καρέζη (*theatre "Tzeni Karezi"*)     Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



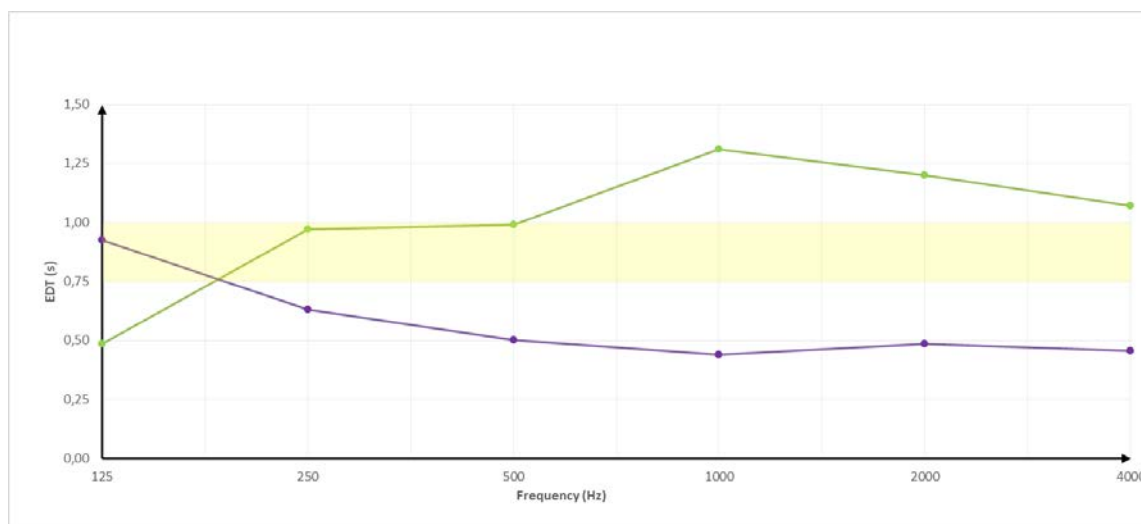
**Εικόνα 7.2:** Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων για θέατρα που βρίσκονται σε αυτοτελή κτίρια (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum for theaters located in independent buildings).

■ Θέατρο Άνεσις (*theatre "Anesis"*)    ■ Δημοτικό θέατρο Λαμίας (*Lamia theatre*)  
 Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 7.3** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων για θέατρα που βρίσκονται σε ισόγειο ή υπόγειο χώρο πολυκατοικιών (*Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum for theaters located on the ground or underground area of apartment building*).

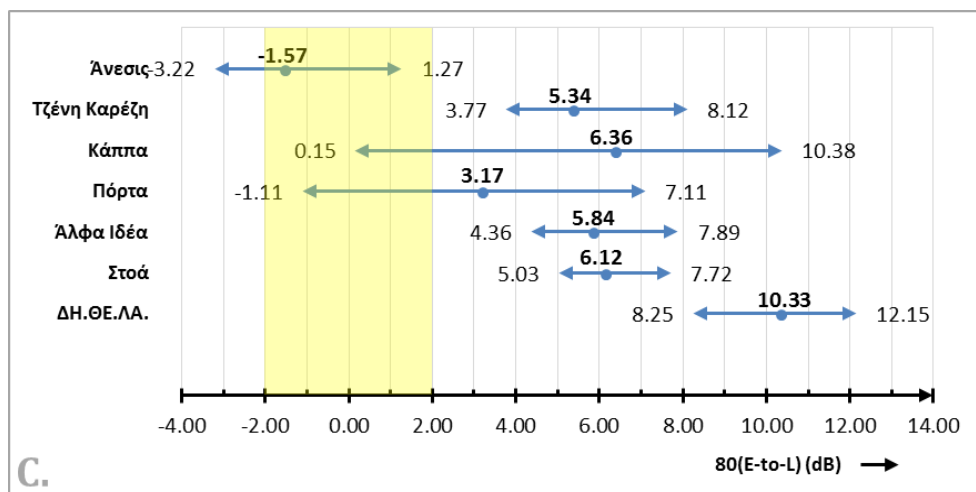
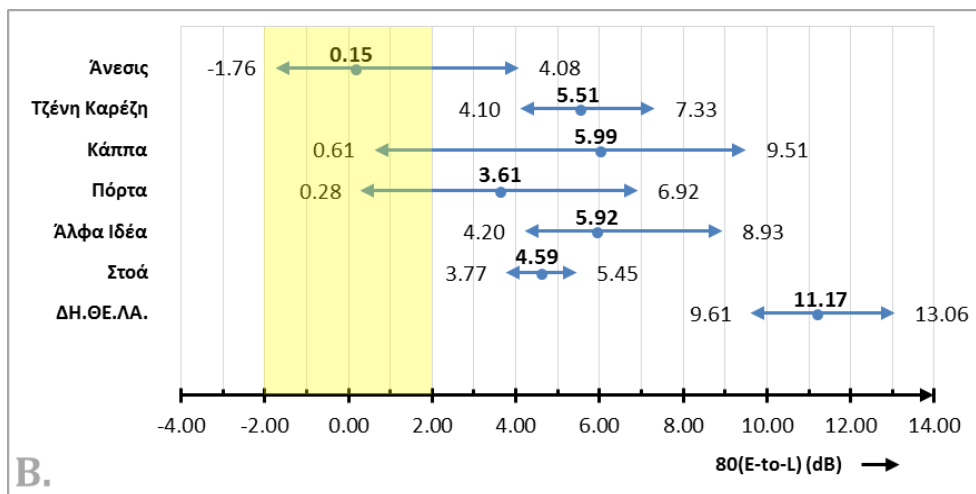
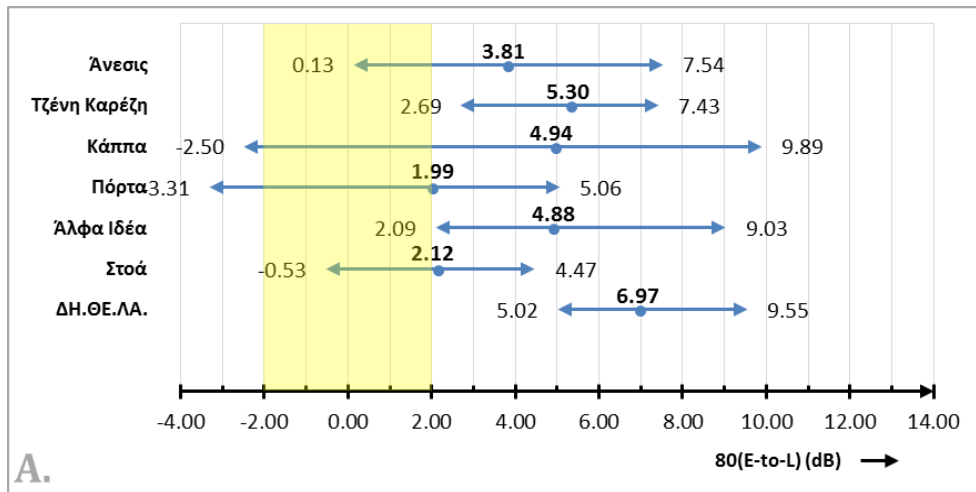
■ Θέατρο Άλφα Ιδέα (*theatre "Alfa Idea"*)    ■ Θέατρο Κάππα (*theatre "Kappa"*)  
■ Θέατρο Στοά (*theatre "Stoa"*)    ■ Θέατρο Πόρτα (*theatre "Porta"*)  
■ Θέατρο Τζένη Καρέζη (*theatre "Tzeni Karezi"*)     Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



**Εικόνα 7.4** Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων για θέατρα που βρίσκονται σε αυτοτελή κτίρια (*Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum for theaters located in independent buildings*).

■ Θέατρο Άνεσις (*theatre "Anesis"*)    ■ Δημοτικό θέατρο Λαμίας (*Lamia theatre*)  
 Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



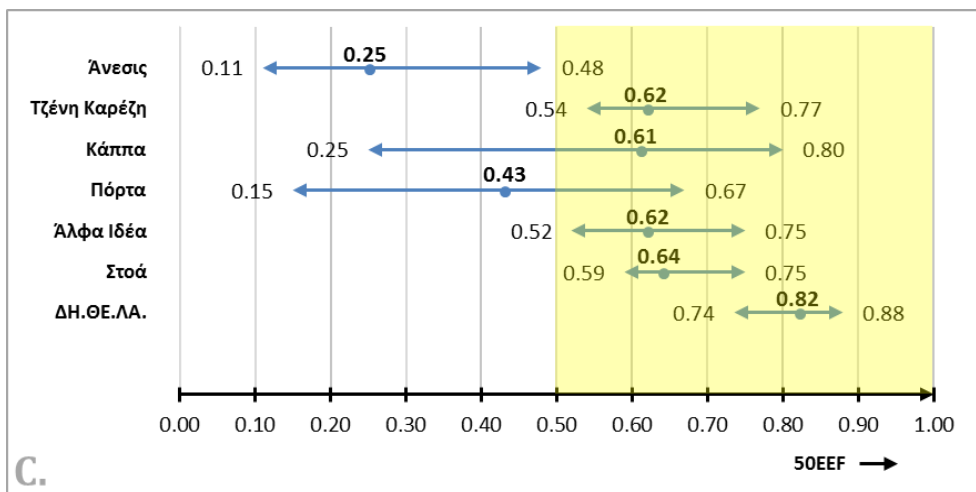
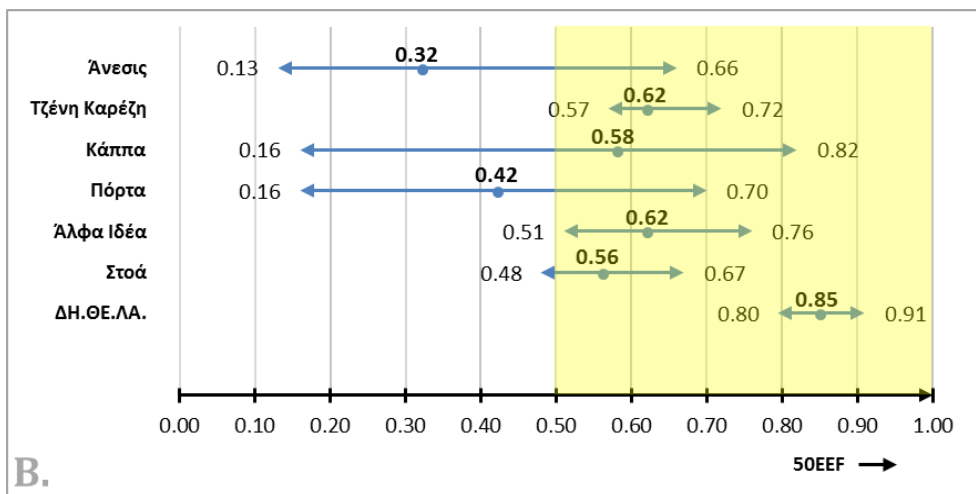
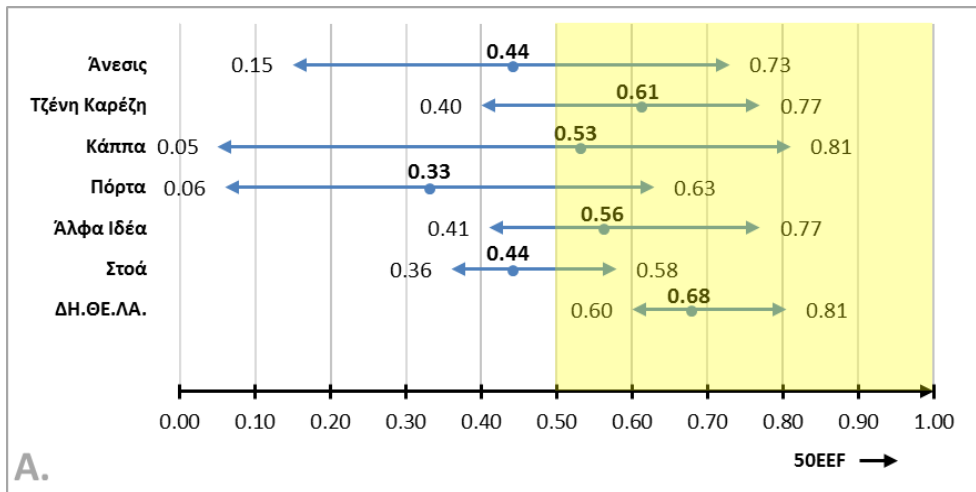


**Εικόνα 7.5:** Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio*)

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών συχνοτήτων (*Mean 2000, 4000 Hz*).

— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)

— Επιθυμητά όρια για αίθουσα ομιλίας (*recommended values for speech intelligibility*)

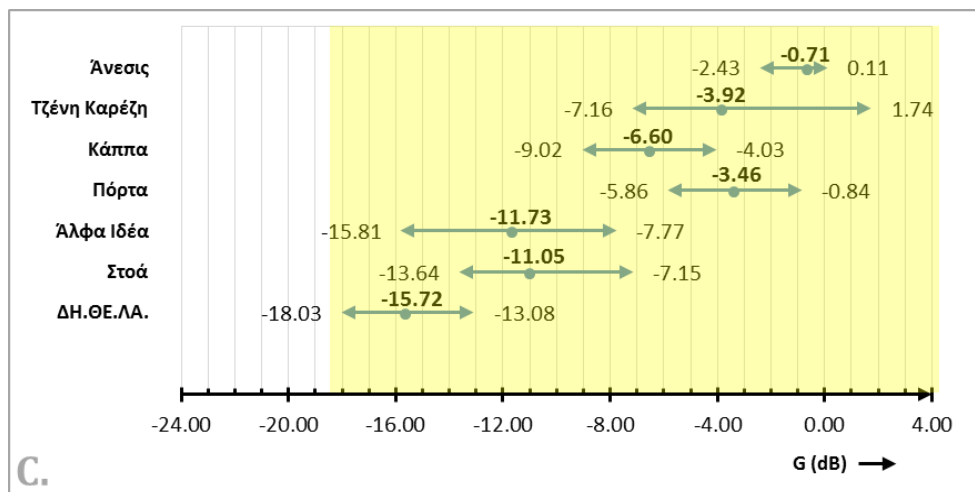
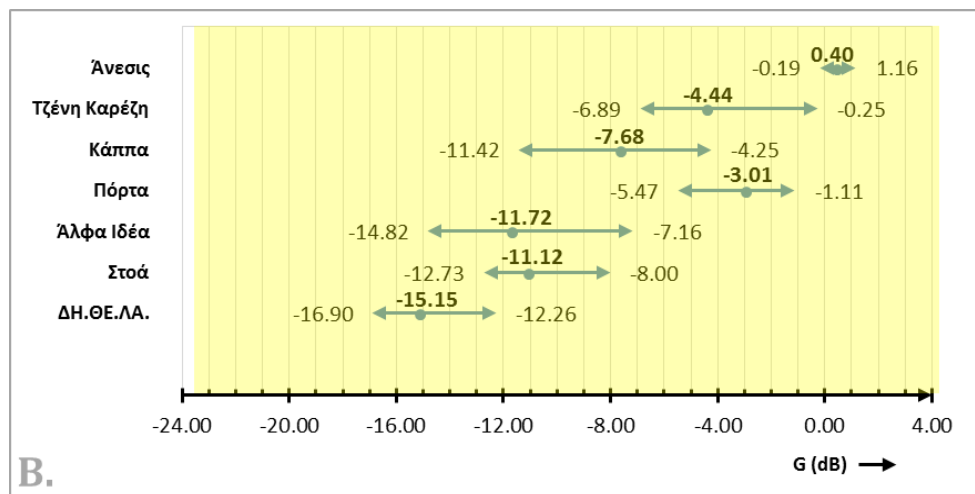
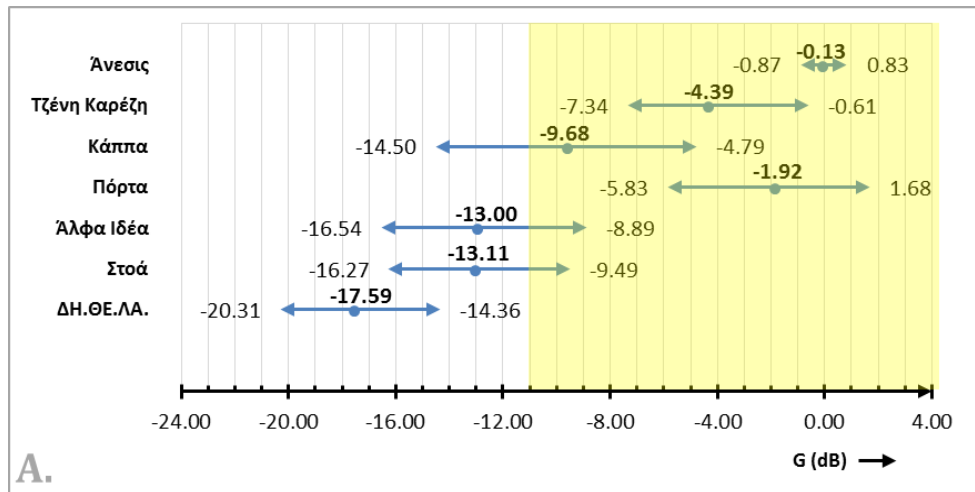


**Εικόνα 7.6:** Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF.  
(Measurements of the 50ms early energy fraction).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (Mean 125, 250 Hz), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (Mean 500, 1000 Hz), **C.** Διάγραμμα υψηλών συχνοτήτων (Mean 2000, 4000 Hz).

— Ισότροπη πηγή (omnidirectional source)

— Επιθυμητά όρια για αίθουσα ομιλίας (recommended values for speech intelligibility)

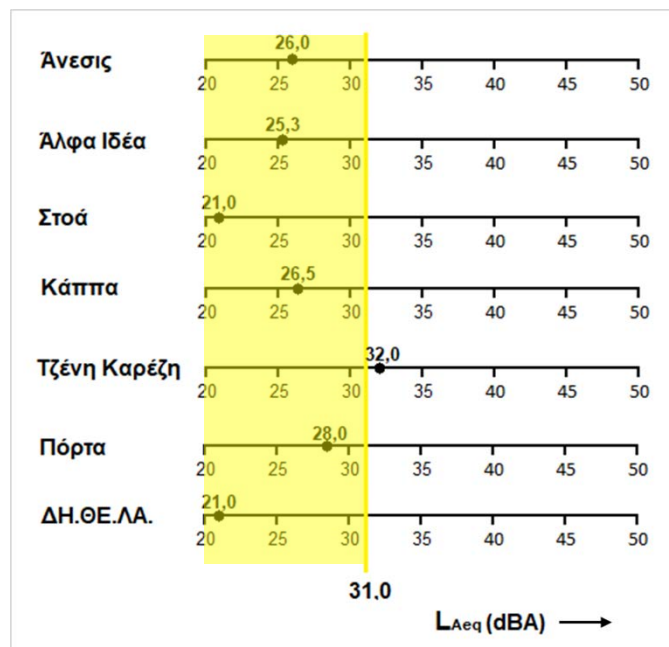


**Εικόνα 7.7:** Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου (G) ως προς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (0 dB) (*Measurements of the speech sound level Re speech level at 1 m. from the source*).

**A.** Διάγραμμα χαμηλών συχνοτήτων (*Mean 125, 250 Hz*), **B.** Διάγραμμα μεσαίων συχνοτήτων (*Mean 500, 1000 Hz*), **C.** Διάγραμμα υψηλών συχνοτήτων (*Mean 2000, 4000 Hz*).

— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*)

— Επιθυμητά όρια: **A.** Για τις χαμηλές συχν. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχν. “>-23,5 dB”, **C.** Για τις υψηλές συχν. “>-18,5 dB” (Criterion values: **A.** For Mean 125, 250 Hz “>-11 dB”, **B.** For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, **C.** For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”)



**Εικόνα 7.8:** Διάγραμμα με τους θορύβους βάθους, όπως αυτοί μετρήθηκαν σε κάθε θέατρο. (Measurements of the background noise level in test theatres).

— Το ανεκτό όριο είναι  $\leq 31$  dBA (criterion value is  $\leq 31$  dBA)

## 7.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Στην συνέχεια προχωρήσαμε στην ταυτόχρονη ανάλυση των επτά αιθουσών του μοντερνισμού που έχουν μελετηθεί καθ'όλη την διάρκεια της έρευνας που διενεργείται απο το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα υπό εξέταση θέατρα της παρούσης διατριβής - θέατρο <Άλφα Ιδέα> και θέατρο <Στοά> - καθώς και τα θέατρα <Κάππα>, <Καρέζη>, <Πόρτα>, <Άνεσις> και <Δημοτικό θέατρο Λαμίας>. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 55,00% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 29,6% της συνολικής διακύμανσης, ο παράγοντας II εξηγεί το 15,5% της συνολικής διακύμανσης ενώ ο

παράγοντας III εξηγεί το 9,9% της συνολικής διακύμανσης .Οι συντελεστές φόρτισης που παρουσιάζονται είναι μεγαλύτεροι από 0,50.

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

7 ΘΕΑΤΡΑ ΜΑΖΙ		
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες	Φορτίσεις
I. Με όγκο-Υπόσταση- Πληρότητα (Percentage of Variance 29,6%)	22. Πλούσιος-Πτωχός	0,808
	19. Με όγκο-Χωρίς όγκο	0,785
	17. Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	0,728
	15. Γεμάτος-Κενός	0,701
	20 Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	0,669
	25. Με αμεσότητα-Απόμακρος	0,661
	16. Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	0,655
	21 Απόμακρος-Εγγύς	-0,634
	7. Πτωχός σε τονική ποιότητα- Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0,628
	18. Λαμπρός-Σκοτεινός	0,628
	9. Εξασθενημένος-Δυνατός	-0,623
	5. Άψυχος-Ζωντανός	-0,607
	26. Με κακή γενική εντύπωση- Με καλή γενική εντύπωση	-0,581
	13. Υψηλός-Χαμηλός	0,552
	6. Δυνατός-Αδύναμος	0,521
II. Ευκρίνεια (Percentage of Variance 15,5%)	2. Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,867

<p>III.            Διαπεραστικότητα-            Οξυφωνία-Θόρυβος            (Percentage of            Variance 9,9%)</p>	1. Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0,863
	3. Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	
	10. Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	0,697
	4. Δυσχερής στην ακρόαση- Ευχερής στην ακρόαση	0,544
	8. Διαυγής-Μπερδεμένος	-0,531
		0,512
	12. Οξύς-Μη οξύς	0,723
	14. Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	0,643
	11 Τραχύς-Μαλακός	
	23. Με παρουσία θορύβου- Απουσία θορύβου	0,629
	0,578	
24. Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	-0,527	

**Πίνακας 7.2** Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες στα θέατρα του μοντερνισμού (*Results of factor analysis of data obtained during performance in modern Theatres*)

Τυπικό σφάλμα		
Παράγοντας 1	Παράγοντας 2	Παράγοντας 3
0,127	0,130	0,132

**Πίνακας 7.3:** Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα ( $F_i$ ) για το σύνολο των επτά θεάτρων του μοντερνισμού (*standard error of loadings for each factor for seven modern theatres*).

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης για τους τρεις παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F ( στατιστικό )	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	5,219	0,000
II.	1,841	0,090
III.	15,621	0,000

**Πίνακας 7.4** Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μέτρησης για κάθε έναν από τους τρεις παράγοντες αντίληψης στα θέατρα του μοντερνισμού  
(Comparison of perceptions between measurement positions for each of the three perceptual factors for the modern theatres)

Από την ανάλυση της διακύμανσης προκύπτει ότι στον παράγοντα F1 και στον παράγοντα F3 προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που έγινε αντιληπτή η ακουστική των αιθουσών.

Για τον λόγο αυτό, για κάθε έναν από τους παράγοντες F1 και F3, πραγματοποιήθηκε Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση (Simple Linear Regression Analysis) όπου χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Factor Scores του κάθε παράγοντα ως εξαρτημένες μεταβλητές, κι ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν οι κύριες συνιστώσες των φυσικών μετρήσεων ανά θέατρο και μερικών άλλων φυσικών μεγεθών, όπως η μέγιστη απόσταση σημείου μέτρησης από την πηγή σε κάθε θέατρο, ο όγκος του θεάτρου, ο όγκος ανά θέση κλπ.

Για την εύρεση των κύριων συνιστωσών πραγματοποιήθηκε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως τέσσερις (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, οι οποίοι είναι ισχυροί, ξεκάθαροι και ανεξάρτητοι και εξηγούν συνολικά το 89,0% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Επιλέγονται συντελεστές φόρτισης μεγαλύτεροι του 0,50. Το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί ο κάθε παράγοντας είναι 42,8, 23,0 και 22,8% αντίστοιχα.

Κύριες συνιστώσες (Pci)	Μεταβλητές	Συντελεστές φόρτισης
PC1 (Percentage of Variance 42,8%)	Glow	-0.97
	Ghigh	-0.96
	D50high	0.96
	C80high	0.94
	Gmid	-0.93
	D50mid	0.92
	C80mid	0.89
	RThighTOmid	0.75
	D50low	0.65
	EDTmid	-0.63
PC2 (Percentage of Variance 23,0%)	V	0.95
	Vthesis	0.85
	RTlow	0.84
	RTlowTOmid	0.80
	Laeq	-0.73
	EDThigh	0.61
PC3 (Percentage of Variance 22.8%)	RThigh	-0.94
	EDTlow	-0.82
	RTmid	-0.80
	C80low	0.76
	S	0.75



**Πίνακας 7.5** Αποτελέσματα της κατά παράγοντες ανάλυσης στα επτά θέατρα του μοντερνισμού (*Results of factor analysis of data obtained during performances in the seven modern theatres*).

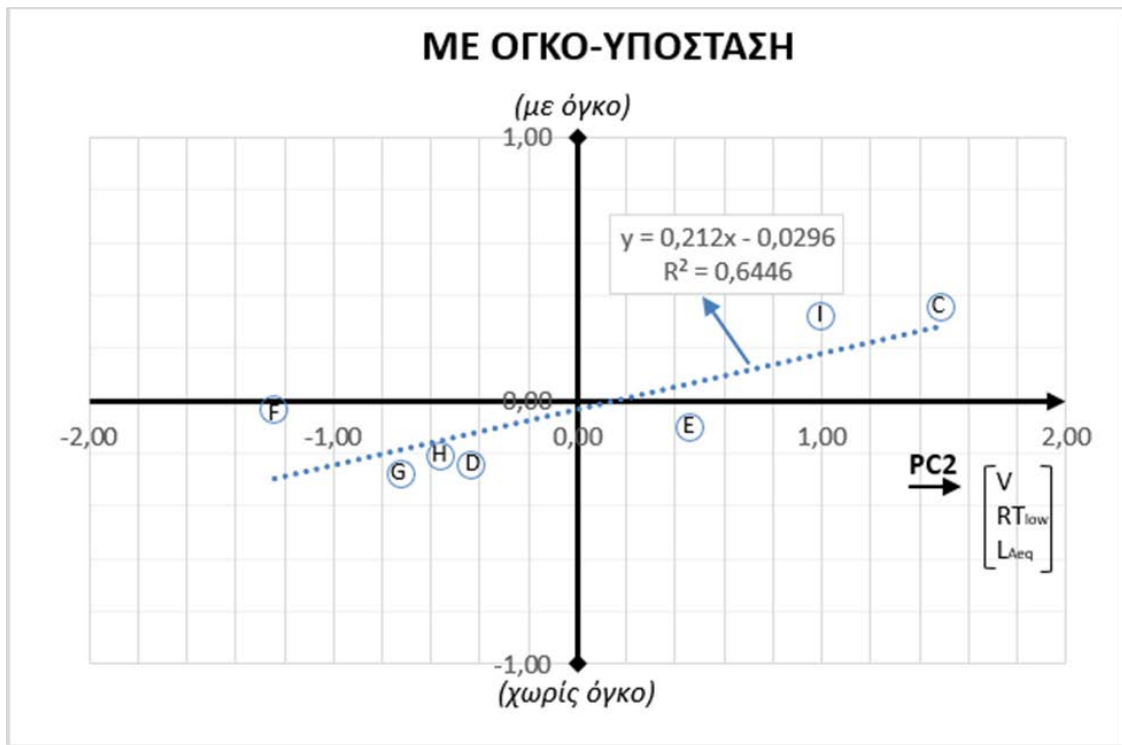
Μετά την εύρεση των κύριων συνιστωσών, υπολογίσαμε τα Mean Principal Component Scores ανά θέατρο και για τις τρεις συνιστώσες (PC1, PC2 και PC3), τα οποία χρησιμοποιήσαμε ως ανεξάρτητες μεταβλητές σε μία Ανάλυση Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης (Simple Linear Regression Analysis) όπου ως εξαρτημένες χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Factor Scores των παραγόντων F1 και F3. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.5.

Concert	Factor (Fi)	Physical Principal Component	R <sup>2</sup>	b	sig.
C + E + D + F + G + H + I	F1	PC1	0,001	-0,010	0,936
		PC2	0,645	0,212	0,030
		PC3	0,230	0,230	0,277
	F2	—*			
	F3	PC1	0,355	0,279	0,158
		PC2	0,036	0,089	0,682
		PC3	0,294	-0,254	0,209

**Πίνακας 7.6** Οι σχέσεις μεταξύ των παραγόντων αντίληψης και των φυσικών συνιστωσών (*Relationships between subjective factors and physical components*).  
\*Η λύση της γραμμικής παλινδρόμησης δεν είναι σημαντική (*regression solution is not significant*).

Με βάση τα αποτελέσματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για την διαφοροποίηση στην ερμηνεία της αντίληψης του παράγοντα F1 «Με όγκο – Υπόσταση – Πληρότητα» από θέατρο σε θέατρο, έχει παίξει ρόλο η συνιστώσα φυσικών μετρήσεων PC2, η οποία αποτελείται από τον Όγκο, τον Όγκο/θέση, τον Λόγο του Χρόνου Αντήρησης χαμηλών προς μεσαίων συχνοτήτων, τον Θόρυβο Βάθους καθώς και τον Χρόνο Πρωίμων Ανακλάσεων στις υψηλές συχνότητες.

Η διαφορά στην ερμηνεία του παράγοντα F3 «Οξυφωνία – Διαπεραστικότητα – Θόρυβος» απεδείχθη ότι ουδεμία σχέση έχει με τα φυσικά χαρακτηριστικά των θεάτρων.



**Εικόνα 7.7** Η συσχέτιση του παράγοντα αντίληψης F1 «Με όγκο – Υπόσταση – Πληρότητα» με την κύρια συνιστώσα φυσικών παραμέτρων PC2, η οποία φορτίζεται από τα μεγέθη V (θετική φόρτιση),  $RT_{low}$  (θετική φόρτιση),  $RT_{low}/RT_{mid}$  (θετική φόρτιση) και  $L_{Aeq}$  (αρνητική φόρτιση). Οι ενδείξεις με τους λατινικούς χαρακτήρες αφορούν στα υπό εξέταση θέατρα. (*Subjective factor F1 «Volume» identified in the evaluation of concerts C, D, E, F, G, H and I. vs physical component 2 (PC2) Volume (V) (positive loading), the mean low Reverberation Time (positive loading), the mean low Reverberation Time to mean mid Reverberation Time (positive loading) and Background Noise Level (negative loading).* C. Άνεσις, D. Άλφα Ιδέα, E. Στοά, F. Κάππα, G. Τζένη Καρέζη, H. Πόρτα, I. ΔΗ.ΘΕ.ΛΑ. (C. Anesis, D. Alfa Idea, E. Stoa, F. Kappa, G. Tzeni Karezi, H. Porta, I. Lamia). Γραμμή τάσης (Trendline).

### 7.3 Ερμηνεία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι στα μοντέρνα αθηναϊκά θέατρα, τόσο σε αυτά που βρίσκονται σε ήδη υπάρχον κέλυφος πολυκατοικιών όσο και σε αυτά που βρίσκονται σε αυτόνομα κτίρια, ο χρόνος αντήχησης (RT) λόγω κατάλληλου συνδυασμού διαθέσιμου όγκου και ηχοαπορρόφησης κρίνεται ικανοποιητικός, με εξαίρεση το θέατρο Κάππα του οποίου οι τιμές βρίσκονται λίγο κάτω από το όριο μιας και είναι το μικρότερο σε διαστάσεις. Ανάλογα αποτελέσματα παρουσιάζουν και οι τιμές του δημοτικού θεάτρου Λαμίας στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες, γεγονός το οποίο δικαιολογείται από την ύπαρξη ηχοαπορροφητικών υλικών.

Όσο για τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) τα αποτελέσματα και για τις δύο κατηγορίες θεάτρων κυμαίνονται στο ίδιο πλαίσιο με τον χρόνο αντήχησης.

Όσον αφορά τον λόγο των πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (80 E-to-L) βλέπουμε πως οι τιμές, όπως είναι αναμενόμενο είναι πάνω από τα επιθυμητά όρια.

Συνεχίζοντας, για το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (50EEF) παρατηρούμε ότι οι τιμές για τα θέατρα της πρώτης κατηγορίας είναι εντός των ορίων ενώ για τα υπόλοιπα θέατρα βλέπουμε ότι το θέατρο Άνεσις βρίσκεται κάτω των ορίων λόγω της έλλειψης ανακλαστικών επιφανειών σε αντίθεση με το δημοτικό θέατρο Λαμίας που έχει πολλές ανακλαστικές επιφάνειες και οι τιμές του βρίσκονται αρκετά υψηλά.

Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) τα αποτελέσματα κρίνονται αρκετά ικανοποιητικά με τις τιμές να κυμαίνονται σε λογικά πλαίσια.

Τέλος, για τον θόρυβο βάθους (Laeq) παρατηρούμε ότι όλα τα θέατρα παρ' ότι βρίσκονται στο κέντρο αστικών περιοχών έχουν ικανοποιητική ηχοπροστασία.

### 7.4 Ερμηνεία πειραμάτων αντίληψης

Όσον αφορά στις μετρήσεις αντίληψης, για τα επτά θέατρα μαζί το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 55%. Εξήχθησαν τρεις παράγοντες, με πρώτο παράγοντα (παράγων Ι) αυτόν που αναφέρεται σε ήχο πλούσιο, με όγκο και υπόσταση, με χαρακτηριστικές κλίμακες «Πλούσιος-Πτωχός», «Με όγκο – Χωρίς

όγκο», «Με υποστοση – Χωρίς υπόστοση», «Γεμάτος – Κενός» , «Υψηλής αντήχησης - Ξηρός» και , ο οποίος εξηγεί το 29,6% της συνολικής διακύμανσης.

Ακολουθεί ο δεύτερος παράγοντας (παράγων II) που περιγράφει την ευκρίνεια και την ευχέρεια στην ακρόαση, με έννοιες όπως ευδιάκριτος, ευχερής στην ακρόαση , διαυγής με χαρακτηριστικές κλίμακες «Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων» , «Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων», «Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα» και «Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος» ο οποίος εξηγεί το 15,5% της συνολικής διακύμανσης.

Ο τρίτος παράγων (παράγων III) περιγράφει την τραχύτητα και την οξύτητα του ήχου, εξηγεί το 9,9% της συνολικής διακύμανσης και μεταφράζεται με τις κλίμακες «Οξύς-Μη οξύς», «. Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός», «Τραχύς-Μαλακός», «Με παρουσία θορύβου – Με απουσία θορύβου.

Όσον αφορά στα αποτελέσματα της απλής γραμμικής παλινδρόμησης που διεξήχθη βρλεθηκε ότι ο παράγοντας της αντίληψης I (με όγκο-υπόστοση) εξηγείται από την κύρια συνιστώσα PC2 στην οποία εμφανίζονται με υψηλές φορτίσεις οι φυσικές παράμετροι V, RTlow και RTlow to RTmid.Μολονότι δεν μπορούμε να εξηγήσουμε περαιτέρω ποια από τις εν λόγω φυσικές παραμέτρους επηρέασε κατ ουσίαν την αντίληψη εντούτοις είναι πιθανόν η ύπαρξη μεγάλου όγκου στον χώρο να στηρίζει την αίσθηση στον θεατή περί ηχητικής πληρότητας.

## **7.5 Συμπεράσματα ανάλυσης επτά θεάτρων του μοντερνισμού**

Από την ανάλυση των θεάτρων του μοντερνισμού βλέπουμε ότι η αντίληψη της ακουστικής γίνεται κατά μήκος των ίδιων παραγόντων, πράγμα που σημαίνει ότι το θεατρόφιλο κοινό της Αθήνας αντιλαμβάνεται την ακουστική με τον ίδιο τρόπο.Σημαντική διαφορά όπως φαίνεται παρατηρείται στους παράγοντες ένα και τρία, δηλαδή στους παράγοντες εκείνους που αναφέρονται σε όγκο, υπόστοση, πληρότητα και ευκρίνεια.

Γενικά, η έννοια του όγκου και της υπόστοσης μπορεί να αποτελεί καθαρά ακουστικό μέγεθος, δεν παύει όμως η αίσθηση που δημιουργείται στον θεατή σε σχέση με τα μεγέθη αυτά να βασίζεται στον τρόπο που αντιλαμβάνεται το περιβάλλον γύρω του.Στην λογική αυτή παρατηρούμε ότι τα θέατρα με αυτοτελή χρήση λόγω του όγκου τους δημιουργούν μια διαφορετική αντίληψη στον θεατή ενισχύοντας την υποκειμενική αίσθηση του χώρου και της υπόστοσης.

Όσον αφορά τον χρόνο αντήχησης η κατηγορία των αυτοτελών θεάτρων που όπως είπαμε διακρίνεται για το σχετικά αυξημένο ύψος της αίθουσας, παρουσιάζει αυξημένο χρόνο αντήχησης. Αυτός ελέγχεται μεν στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες με τη χρήση πορώδους ηχοαπορροφητικού στον χώρο ενώ στη χαμηλή περιοχή του φάσματος οι τιμές παραμένουν σχετικά αυξημένες. Η κατηγορία των θεάτρων που βρίσκονται εντός πολυκατοικιών, όμως, διαθέτει μέτρια ύψη που είναι συμβατά με την ανθρώπινη κλίμακα που υιοθετείται σε αυτό τον τύπο θεάτρου. Χάρη σε αυτά τα ύψη επιτυγχάνονται επιθυμητές τιμές του χρόνου αντήχησης. Η κατηγορία των αυτοτελών θεάτρων με τα σχετικά μεγάλα ύψη στερείται εγγύς ανακλαστικών επιφανειών ωστόσο όμως διαθέτει εξώστες των οποίων ο πρόβολος λειτουργεί ως χρήσιμη ανακλαστική επιφάνεια που υποκαθιστά την απομακρυσμένη οροφή για μια μερίδα του ακροατηρίου. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση πρόσθετων ανακλαστήρων. Αντίθετα, η άλλη κατηγορία θεάτρων διαθέτει εγγύς ανακλαστικές επιφάνειες χάρη στις μικρές διαστάσεις του χώρου που υπαγορεύονται από την τάση «ουκ εν τω πολλώ το ευ». Όλα τα θέατρα, εν γένει, βρέθηκαν ότι είναι προστατευμένα από την αστική ηχορρύπανση, χάρις κυρίως στους προθαλάμους και τις ζώνες ανάσχεσης που περιβάλλουν τις αίθουσες.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το πέρας της παρούσας εργασίας κρίνεται αναγκαία η εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων για τα υπό μελέτη θέατρα του μοντερνισμού στην Αθήνα.

Τα συμπεράσματα για το κάθε θέατρο ξεχωριστά εμφανίζονται στα αντίστοιχα κεφάλαια.

Σε γενικές γραμμές όπως προέκυψε τόσο από τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων όσο και από αυτά των πειραμάτων αντίληψης η ακουστική των αιθουσών κρίνεται καλή. Αυτό βέβαια οφείλεται αφενός στις μικρές διαστάσεις του χώρου που οδηγούν με την σειρά τους σε μικρές αποστάσεις ανάμεσα στην σκηνή και τις θέσεις και αφετέρου, στην εκ των προτέρων ορισμένες φορές και ύστερα από ανακαίνιση σε άλλες, σχεδίαση του χώρου.

Συγκριτικά με άλλες σκηνές του μοντερνισμού στην χώρα μας μικρές διαφορές παρατηρήθηκαν με βασικό κριτήριο αυτών να είναι το εξωτερικό κέλυφος της κάθε αίθουσας.

Συμπερασματικά εύλογα διαπιστώνεται ότι τα παρόντα ευρήματα καταδεικνύουν τους παράγοντες σύμφωνα με τους οποίους η ακουστική μιας θεατρικής αίθουσας κρίνεται απο ικανοποιητική έως αρκετά καλή και ύστερα από περαιτέρω μελέτη μπορούν να οδηγήσουν σε κατάλληλες αρχές σχεδιασμού θεατρικών σκηνών, διαδικασία που κρίνεται ιδιαίτερα δύσκολη και χρειάζεται μεγάλη προσοχή. Έτσι για τον μελλοντικό σχεδιασμό θεατρικών σκηνών προτείνεται η αποφυγή μεγάλων αποστάσεων ανάμεσα στο ακροατήριο και την σκηνή, η τοποθέτηση ανακλαστικών επιφανειών και η χρήση τόσο πωρώδων ηχοαπορροφητικών υλικών για τις μεσαίες και υψηλές συχνότητες, όσο και ειδικών ηχοαπορροφητικών υλικών (ξύλινες επιφάνειες, γυψοσανίδες) για τις χαμηλές.

Γενικά μπορούμε να πούμε πως τα θέατρα της Αθήνας τηρούν τις προδιαγραφές και ιδίως τα προσκηνιακά θέατρα που εξετάζονται εδώ.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 7ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2014.
- Acoustical Society of America (1985). Theaters for drama performance: Recent experiences in acoustical design. New York: Am. Inst. Physics.
- Barron, M. (1993). Auditorium Acoustics and Architectural Design. London: E & FN Spon. Also 2nd ed.(2010) e-book, London, New York: Spon press.
- Beranek, L.L. (1962). Music, Acoustics and Architecture. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Beranek, L.L. (1996). Concert and Opera Halls, How they sound. New York: Am. Inst. Physics press for the Acoust. Soc. Am.
- Cooper D. E. (1969), Statistics for experimentalists. Pergamon Press, London.
- Eysholdt, U. (1976). Subjective investigations and digital simulations of sound fields from concert halls. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- Jordan, V.L. (1968). Einige Bemerkungen über Anhall und Anfangsnachhall in Musikräumen. Applied Acoustics, 1, p. 29.
- Lehmann, P. & Wilkens, H. (1980). Zusammenhang subjectiver Beurteilungen von Konzertsälen mit raumakustischen Kriterien. Acustica, 45, pp. 256-268. 8
- Osgood, C.E., Suci, G.J. & Tannenbaum, P.H. (1957). The measurement of meaning. Urbana, Chicago and London: Univ. of Illinois Press.
- Sabine, W.C. (1922). Collected papers on acoustics. Cambridge Mass: Harvard Univ. Press.
- 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.
- STD. ISO 3382-ENGL 1997.
- Thiele, R. (1953). Directional distribution and sequence of sound reflections in rooms. Acustica, 3, pp. 291-302.
- Β. Ασάρογλου “Σπουδή στο κίνημα του μοντερνισμού” δημοσίευση στο <https://www.decobook.gr/design-history/spoudi-sto-kinima-tou-monternismoy>
- Γεώργιος Πετρόπουλος, Βασίλειος Λουίζος (2018) Διερεύνηση της ακουτικής σε θεατρικές σκηνές στην Ελλάδα του 20<sup>ου</sup> και 21<sup>ου</sup> αιώνα. Επί διπλώματι

εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ Αθήνα .

- Καραβόγλου-Σχισμένος Γεώργιος, Φωτομάρας Γεώργιος, (2017) Ακουστική απόδοση σύγχρονων θεατρικών σκηνών στην Αθήνα. Επί διπλώματι εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ Αθήνα.
- Μιχαλοπούλου, Β. (2009). ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΠΡΟΖΑΣ



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

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

Μία ακόμα σπουδαία μελέτη ακουστικής που αξίζει να σημειωθεί πραγματοποιήθηκε από την Acoustical Society of America και δημοσιεύτηκε το 1986 (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).

Από τις πιο αξιοσημείωτες έρευνες για την αρχιτεκτονική και ακουστική θεάτρων είναι η εργασία του Barron (Barron, 1993). Πρόκειται για μία πειραματική εργασία σε αίθουσες ακροατηρίου της Μεγάλης Βρετανίας από διάφορα αρχιτεκτονικά ρεύματα· μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται δώδεκα θεατρικές σκηνές. Στα θέτρα αυτά ο συγγραφέας έκανε φυσικές ακουστικές μετρήσεις, καθώς και μετρήσεις της αντίληψης της ακουστικής, προσπαθώντας να συσχετίσει αρχιτεκτονικά στοιχεία των θεάτρων με την ακουστική τους απόδοση. Διεξήγαγε εκτενή μελέτη των φυσικών παραμέτρων του ήχου, όπως για παράδειγμα του χρόνου αντήχησης, του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων κλπ., ενώ η αντίστοιχη μελέτη του για την αντίληψη της ακουστικής έγινε σε περιορισμένο βαθμό. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποίησε ακουστικούς 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.

Στα πλαίσια της ευρύτερης μελέτης της ομάδας του εργαστηρίου της Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχει γίνει έρευνα (Γ. Καραβόγλου-Σχισμένος, Γ. Φωτομάρας, 2017) σε σύγχρονα αθηναϊκά θέατρα, η οποία αφορά φυσικές ακουστικές μετρήσεις και πειράματα υποκειμενικής αντίληψης, η μελέτη μάλιστα κάποιων είναι ακόμα εν εξελίξει (Γ. Πετρόπουλος, Β. Λουίζος, 2018). Τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων αναφέρονται στον χρόνο αντήχησης (RT), στην απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G), στο κλάσμα

πρώιμων ανακλάσεων (50EEF) και στον θόρυβο βάθους (LAeq) και θα αποτελέσουν αντικείμενο σύγκρισης με τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας στη συνέχεια.

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 RoyalFestivalHall 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 Σωτηροπούλου (Α. Sotiropoulou, 1995), ο Γερμανός H. Wilkens (H. Wilkens, 1980) κ.α.

Από την διατριβή της Σωτηροπούλου (Α. Sotiropoulou, 1995),, με την βοήθεια της παραπάνω μεθόδου προέκυψαν τέσσερις παράγοντες για την ακουστική σε χώρους συναυλιών, οι οποίοι παρέμειναν ίδιοι και στα τρία πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, ήτοι δύο στην αίθουσα Fairfield Hall Croydon, Λονδίνο, και ένας στην αίθουσα Queen Elizabeth Hall, Λονδίνο. Οι παράγοντες που προέκυψαν ήταν οι ακόλουθοι: Body (Δυναμικό), Tonal Quality (Τονική Ποιότητα), Clarity (Ευκρίνεια) και Proximity (Εγγύτητα). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

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 A.1 Concert A 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 A.2 Concert B in FHC

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

**Πίνακας A.3** Concert C in QEΗ

Στην συνέχεια, από την διατριβή του H.Wilkens (H. Wilkens, 1980) στο Βερολίνο για την ακουστική αιθουσών για κονσέρτα, στην οποία χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά και εγγεγραμμένος ήχος κατά την διάρκεια των πειραμάτων προέκυψαν τρεις παράγοντες, δηλαδή: Perception of strength and extension of sound (Αντίληψη της δύναμης και της έκτασης του ήχου), Perception of clarity (Αντίληψη της ευκρίνειας) και Perception of tone color (Αντίληψη της τονικής χροιάς). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

1 small (klein)	-- large (groß)
2 pleasant (angenehm)	-- unpleasant (unangenehm)
3 unclear (undeutlich)	-- clear (deutlich)
4 soft (weich)	-- hard (hart)
5 brilliant (brillant)	-- dull (tatt)
6 rounded (rund)	-- pointed (spitz)
7 vigorous (kräftig)	-- muted (gedämpft)
8 appealing (gefällt)	-- unappealing (gefällt nicht)
9 blunt (stumpf)	-- sharp (scharf)
10 diffuse (diffus)	-- concentrated (konzentriert)
11 overbearing (aufdringlich)	-- reticent (zurückhaltend)
12 light (hell)	-- dark (dunkel)
13 muddy (versehswommen)	-- clear (klar)
14 dry (trocken)	-- reverberant (hallig)
15 weak (schwach)	-- strong (stark)
16 emphasised treble (Höhenbetont)	-- treble not emphasised (nicht Höhenbetont)
17 emphasised bass (Tiefenbetont)	-- bass not emphasised (nicht tiefenbetont)
18 beautiful (schön)	-- ugly (häßlich)
19 soft (leise)	-- loud (laut)

Fig. 2.6 Semantic rating scales used in acoustic evaluations of concert halls

( WILKENS, 1975, 1977 )

Tabelle III.

Faktorladungsmatrix und Kommunalitäten für alle Versuchspersonen; die Gütebeurteilung der beiden Personengruppen unterschiedlichen Geschmacks sind gesondert aufgetragen.

Rating scales	Factors			Communalities $h_r^2$
	1	2	3	
( 40 subjects )				
1 klein	0,05	- 0,16	0,08	0,04
3 undeutlich	- 0,16	0,84	0,38	0,88
4 weich	0,21	0,00	0,01	0,88
5 brilliant	- 0,70	- 0,34	- 0,56	0,93
6 rund	0,11	- 0,00	0,04	0,80
7 kräftig	- 0,87	- 0,04	- 0,41	0,93
9 stumpf	0,58	0,26	0,73	0,95
10 diffus	- 0,37	0,72	0,44	0,87
11 aufdringlich	- 0,74	0,04	- 0,01	0,93
12 hell	- 0,08	- 0,39	- 0,79	0,79
13 verschwommen	- 0,24	0,79	0,46	0,91
14 trocken	0,83	- 0,37	- 0,18	0,87
15 schwach	0,01	0,07	0,54	0,95
16 Höhenbetont	- 0,33	- 0,23	- 0,83	0,85
17 Tiefenbetont	- 0,37	0,42	0,48	0,74
19 leise	0,00	- 0,01	0,34	0,93
( 15 subjects )				
2 angenehm	0,19	- 0,84	0,35	0,87
8 gefällt	- 0,14	- 0,04	- 0,02	0,91
18 schön	- 0,01	- 0,01	0,23	0,88
( 17 subjects )				
2 angenehm	- 0,54	- 0,70	0,29	0,83
8 gefällt	- 0,60	- 0,67	0,05	0,90
18 schön	- 0,63	- 0,65	0,13	0,87

Fig. 2.7 Results of factor analysis of acoustic evaluations in concert halls

( WILKENS, 1977 )

## Πίνακας Α.4 Αποτελέσματα μελέτης του Η.Wilkens

Επίπροσθέτως, είναι αναγκαίο να αναφερθεί η ύπαρξη μιας άλλης μελέτης της Σωτηροπούλου, στην οποία μελετάται η υποκειμενική αξιολόγηση της ακουστικής σε αίθουσες συναυλιών τζαζ. Η μελέτη αποτελείται από μια σειρά υποκειμενικών ακουστικών αξιολογήσεων ηχογραφημένων παραστάσεων τζαζ σε γνωστές διακεκριμένες λέσχες τζαζ. Οι παράγοντες που προέκυψαν ήταν TonalQuality (Τονική Ποιότητα), Clarity (Ευκρίνεια), Body (Δυναμικό) και Proximity(Εγγύτητα). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες, τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα, καθώς και τα ποσοστά διακύμανσης.

Factor	Associated scales	Factor loadings	Percentage Variance	Cumulative Percentage Variance	
1. TONAL QUALITY	Smooth - Rough	0.88	21.00	21.00	
	Smooth - Harsh	0.88			
	Gentle - Harsh	0.85			
	Harsh - Velvety	-0.82			
	Smooth - Sharp	0.80			
	Bron - Unbron	0.77			
	Edgy - Smooth	-0.68			
	Growl - Nasty	0.67			
	Delicate - Unbalanced	0.67			
	Preferred - Non preferred	0.66			
	Loud - Silent	0.62			
	Light - Heavy	0.48			
Faint - Strong	0.43				
In tune - Out of tune	0.35	15.60	36.60		
Growl - Dull	0.28				
Brilliant - Dim	0.26				
Crystal - Muddy	0.25				
Growl - Fluted	0.24				
Deep - Dark	0.20				
Dark - Brilliant	-0.62				
Clear - Hazy	0.61				
Broad - Narrow	0.57				
Dark - Transparent	-0.42				
Cool - Warm	-0.40				
Dark - Bright	0.39			11.10	47.70
Poor - Rich	-0.80				
Live - Dead	0.77				
Full Bodied - Thin	0.66				
Faint - Strong	-0.57				
Woody - Metallic	0.57				
Loud - Silent	0.48				
Dark - Bright	-0.54				
Broad - Narrow	0.40				
Near - Far	0.35	9.60	57.30		
Near - Distant	0.31				
Close - Distant	0.29				

**Πίνακας Α.5** Παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του ακροατηρίου ηχογραφημένης τζαζ μουσικής

Ακόμα μία αξιοσημείωτη έρευνα όμως είναι και η μελέτη της Β. Μιχαλοπούλου (Β. Μιχαλοπούλου, 2009), στην οποία διερευνά την αντίληψη της ακουστικής σε αίθουσες προορισμένες για θεατρικές παραστάσεις από το φοιτητικό κοινό. Στην ανάλυση της προέκυψαν τέσσερις παράγοντες: Αντίληψη της δυναμικής του ήχου, Ευκρίνεια, Εγγύτητα και Τονική ποιότητα. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

<b>ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ</b>	<b>ΔΙΠΟΛΙΚΕΣ</b>	<b>ΚΛΙΜΑΚΕΣ</b>	<b>ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ</b>
<b>1.ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ</b>	ΜΕ ΥΠΟΣΤΑΣΗ	-ΧΩΡΙΣ ΥΠΟΣΤΑΣΗ	0,792
	ΜΕ ΟΓΚΟ	-ΧΩΡΙΣ ΟΓΚΟ	0,774
	ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	-ΜΗ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	0,739
	ΑΨΥΧΟΣ	-ΖΩΝΤΑΝΟΣ	-0,731
	ΔΥΝΑΤΟΣ	-ΑΔΥΝΑΜΟΣ	0,693
	ΜΕ ΚΑΚΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ	-ΜΕ ΚΑΛΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ	-0,676
	ΛΑΜΠΡΟΣ	-ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ	0,562
	ΕΞΑΣΘΕΝΗΜΕΝΟΣ	-ΔΥΝΑΤΟΣ	-0,556
<b>2.ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ</b>	ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΑΚΟΥΣΤΟΤΗΤΑ	-ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΑΚΟΥΣΤΟΤΗΤΑ	0,807
	ΜΕ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	-ΑΠΟΥΣΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	-0,706
	ΔΥΣΧΕΡΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ	-ΕΥΧΕΡΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ	-0,662
	ΜΕ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	-ΧΩΡΙΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	0,659
	ΕΥΔΙΑΚΡΙΤΟΣ	-ΔΥΣΔΙΑΚΡΙΤΟΣ	0,651
ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ	-ΞΗΡΟΣ	0,540	
<b>3.ΕΓΓΥΤΗΤΑ</b>	ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ	-ΕΓΓΥΣ	-0,814
	ΜΕ ΑΜΕΣΟΤΗΤΑ	-ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ	0,747
	ΔΙΑΥΓΗΣ	-ΜΠΕΡΔΕΜΕΝΟΣ	0,650
	ΓΕΜΑΤΟΣ	-ΚΕΝΟΣ	0,594
	ΠΤΩΧΟΣ ΣΕ ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	-ΠΛΟΥΣΙΟΣ ΣΕ ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	-0,508
<b>4.ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ</b>	ΟΞΥΣ	-ΜΗ ΟΞΥΣ	0,774
	ΤΡΑΧΥΣ	-ΜΑΛΛΑΚΟΣ	0,736
	ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΣ	-ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΣ	0,687
	ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΜΕΝΟΣ	-ΑΙΧΜΗΡΟΣ	-0,650

**Πίνακας Α.6** Παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του ακροατηρίου θεάτρου πρόζας

Εξίσου σημαντική είναι όμως και η διατριβή των Γ. Καραβόγλου και Γ. Φωτομαρά (Γ. Καραβόγλου-Σχισμένος, Γ. Φωτομάρας, 2017) στην οποία διερευνάται η ακουστική απόδοση σύγχρονων θεατρικών σκηνών στην Αθήνα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια της παραπάνω έρευνας και επιχειρεί τη διερεύνηση της ακουστικής περεταίρω σύγχρονων θεατρικών χώρων, μέσω 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 θεατρικών σκηνών με την χρήση της θεωρίας της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ

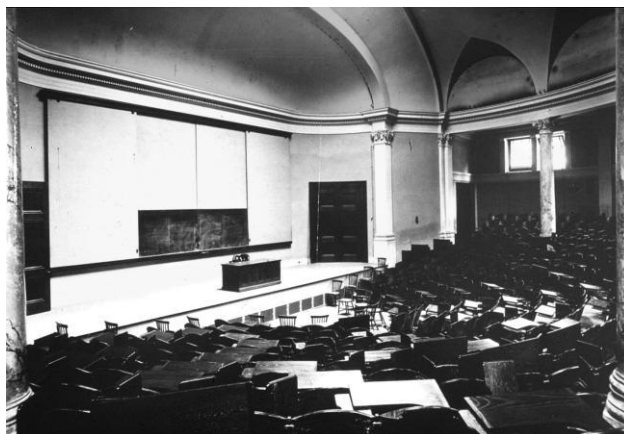
### Β.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης

Η επιστήμη της ακουστικής εξελίχθηκε στην στροφή του 19ου αιώνα χάρις την μεγαλοφυΐα του W.C. Sabine (Sabine, W.C, 1922) ο οποίος θεωρείται «πατέρας» της αρχιτεκτονικής ακουστικής.

Ο Sabine, βοηθός καθηγητή στο τμήμα φυσικής του πανεπιστημίου του Harvard, είχε κάνει μελέτες στον τομέα της οπτικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Πρόεδρος του συγκεκριμένου πανεπιστημίου ζήτησε από τον Sabine να βρει μια λύση στην κακή ακουστική του δωματίου διάλεξης του πρόσφατα ολοκληρωμένου μουσείου τέχνης, Fogg Art Museum. Ο Sabine γρήγορα συνειδητοποίησε ότι υπήρχε υπερβολική αντήχηση στο δωμάτιο διάλεξης (μέτρησε τον χρόνο αντήχησης ο οποίος ήταν 5,5 δευτερόλεπτα, με την αίθουσα κενή). Δανείστηκε λοιπόν μαξιλάρια από ένα γειτονικό θέατρο διάλεξης (Sander's Theater), μέχρις ότου ο χρόνος αντήχησης να μειωθεί σε 0,75 δευτερόλεπτα. Το 1898 βελτιώθηκε η ακουστική της συγκεκριμένης αίθουσας, η οποία λειτούργησε έως το 1973 όπου τελικά κατεδαφίστηκε.



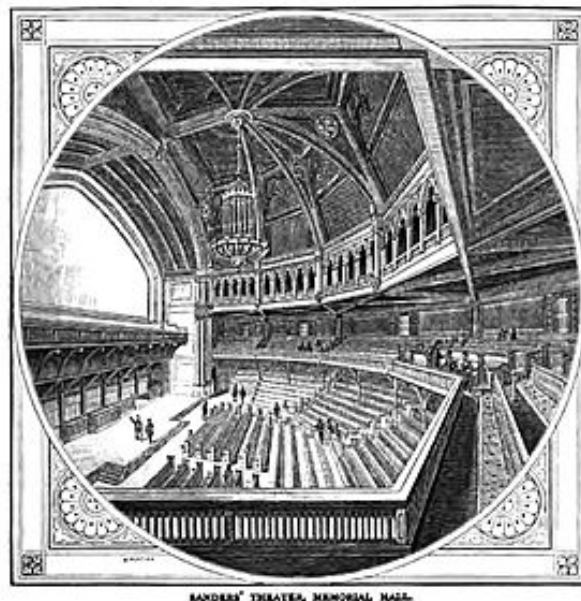
Εικόνα Β.1 Wallace Clement Sabine



Εικόνα Β.2 Fogg Art museum  
Cambridge, USA



Ο Sabine, παρά την πενιχρή γνώση της εποχής, ταυτόχρονα με το δωμάτιο διάλεξης του Fogg Art Museum διεξήγαγε πειράματα στο Sander's Theater, το οποίο θεωρούταν ακουστικά άριστο, λόγω των παχιών μαξιλαριών στα έδρανα, όπως παρατήρησε ο ίδιος. Ένα από τα συμπεράσματα του ήταν ότι το σώμα ενός μέσου ανθρώπου μειώνει τον χρόνο αντήχησης όσο περίπου έξι μαξιλάρια καταφέρνοντας έτσι να προσδιορίσει προσεγγιστικά την ηχοαπορρόφηση του ανθρώπου. Μετά τα πειράματα κατέληξε ότι υπάρχει ξεκάθαρη σχέση μεταξύ της ποιότητας της ακουστικής, του μεγέθους της αίθουσας και της ποσότητας της υπάρχουσας ηχοαπορροφητικής επιφάνειας. Έτσι διατύπωσε την κλασική θεωρία της αντήχησης, η οποία αποτελεί από τότε την βάση της αρχιτεκτονικής ακουστικής [ΠΑΡ.Γ/Γ.7.8.1]



**Εικόνα B.3** Sander's Theater, Cambridge

## B.2 Φυσικές παράμετροι της ακουστικής

Έκτοτε η ακουστική αιθουσών για ομιλία έχει υπάρξει αντικείμενο επιστημονικής έρευνας και πληθώρα αιθουσών έχουν κατασκευαστεί με βάση αυτή.

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι που τυγχάνουν ευρείας αποδοχής και χρησιμοποιούνται στον σύγχρονο σχεδιασμό θεατρικών σκηνών είναι οι ακόλουθες:

1. Η **απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G)** είναι από τις αρχαιότερες παραμέτρους που αντιλαμβάνεται άμεσα ο ακροατής και αναφέρεται στην πτώση της στάθμης της ηχητικής ενέργειας συναρτήσει της απόστασης από τον ομιλητή. Για θεατρικές σκηνές αυτή η πτώση ιδανικά δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 23,5 dB (B. Μιχαλοπούλου, 2009).
2. 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· είναι η πρώτη παράμετρος με την διατύπωση της οποίας η αρχιτεκτονική ακουστική έγινε επιστήμη (Barron, 1993), (Sabine, 1922).
3. 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 (Jordan, 1968), (Eysholdt, 1976).
4. Το **κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (50EEF)** μας πληροφορεί για την αναλογία του ήχου που φθάνει απευθείας ή από κοντινές ανακλαστικές επιφάνειες στον ακροατή ως προς τον συνολικό ήχο και σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία (Barron, 1993) αυτό το κλάσμα ιδανικά πρέπει να έχει τιμές 0,5 ή και παραπάνω. Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον την μισή ηχητική ενέργεια που δέχεται ο ακροατής πρέπει να την στέλνουν κοντινές αντανακλαστικές επιφάνειες ή ο απευθείας ήχος. Το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων προτάθηκε στο δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα από τον Thiele (R. Thiele, 1953) για να αποτιμήσει την ευκρίνεια της ομιλίας.

5. Ο **θόρυβος βάθους (L<sub>Aeq</sub>)** είναι μια εξαιρετικά σημαντική και αυτονόητη παράμετρος, της οποίας το ανεκτό όριο για θεατρικές σκηνές χωρίς φασματική ανάλυση είναι 31dBA. Το όριο αυτό υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψιν το κριτήριο θορύβου για πολύ καλές συνθήκες ακουστικής (NC 25) και μετατράπηκε σε μονάδα μέτρησης dBA.

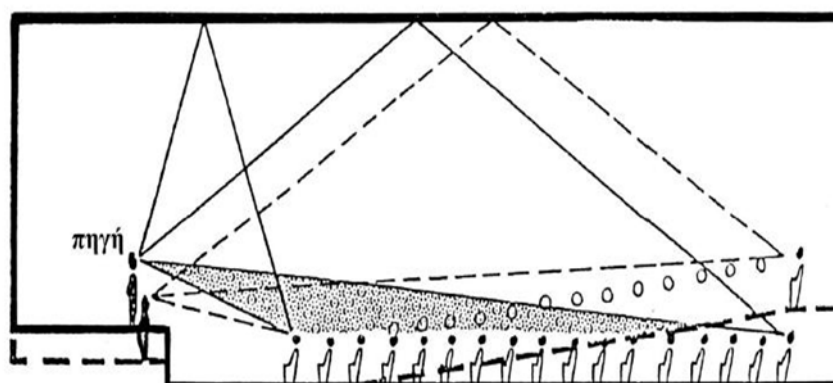
Περισσότερες πληροφορίες για τις παραπάνω παραμέτρους παρατίθενται και στο Παράρτημα Ε.

### B.3 Αρχές σχεδιασμού θεατρικών σκηνών

Οι βασικές αρχές ακουστικού σχεδιασμού θεατρικών σκηνών που απορρέουν από την ικανοποίηση των ανωτέρω παραμέτρων είναι οι ακόλουθες:

- ❖ Εξασφάλιση απρόσκοπτης πορείας απευθείας ήχου.

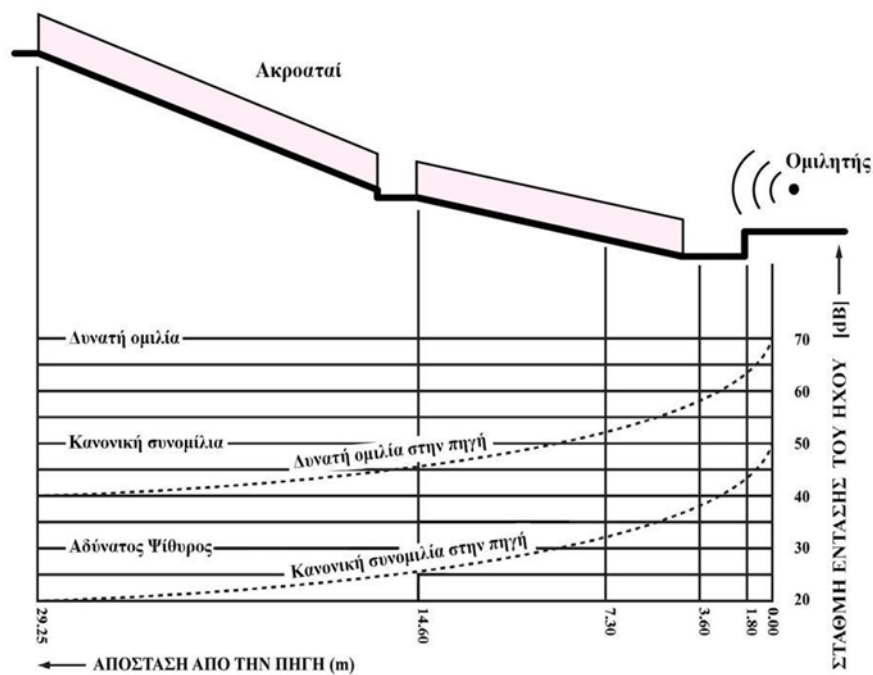
Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση εξέδρας για τον ομιλητή, την χρήση κεκλιμένου δαπέδου για το ακροατήριο ή τον συνδυασμό αυτών των δύο.



**Εικόνα Β.4** Τομή κατά μήκος αίθουσας με ενδεικτική θέση εξέδρας και κλίση δαπέδου

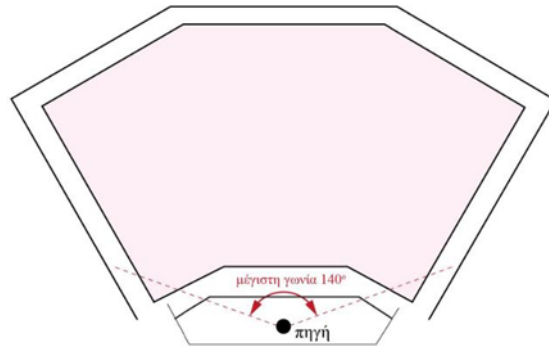
- ❖ Ελαχιστοποίηση αποστάσεων ομιλητή και ακροατηρίου

Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση της χωρητικότητας της αίθουσας, την χρήση αβαθών εξωστών και την χρήση αμφιθεατρικής διάταξης του κοινού. Επισημαίνεται ότι η μέγιστη αποδεκτή απόσταση ομιλητή ακροατών είναι τα 20 m και πέραν αυτού του ορίου η στάθμη έντασης του ήχου μειώνεται αισθητά. Παρακάτω φαίνεται η πτώση αυτής της στάθμης σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή.



**Εικόνα Β.5** Πτώση της στάθμης απευθείας ήχου της φωνής του ομιλητή συναρτήσει της απόστασης από την πηγή

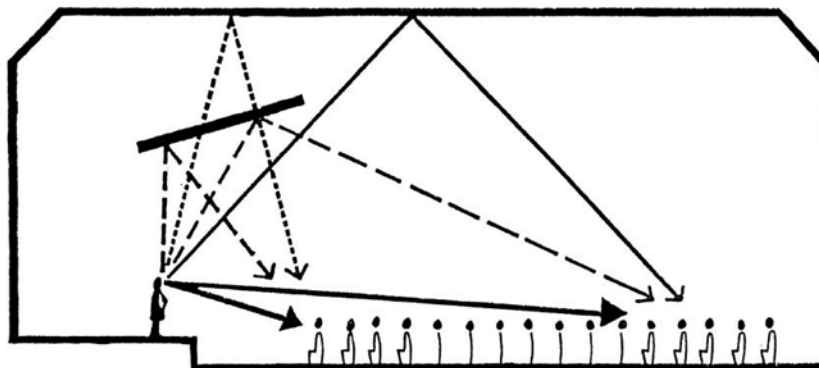
Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το ακροατήριο πρέπει να είναι διατεταγμένο εντός στερεάς γωνίας 140° ως προς τον ομιλητή. Πέραν αυτής της γωνίας η κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής είναι σημαντικά μειωμένη.



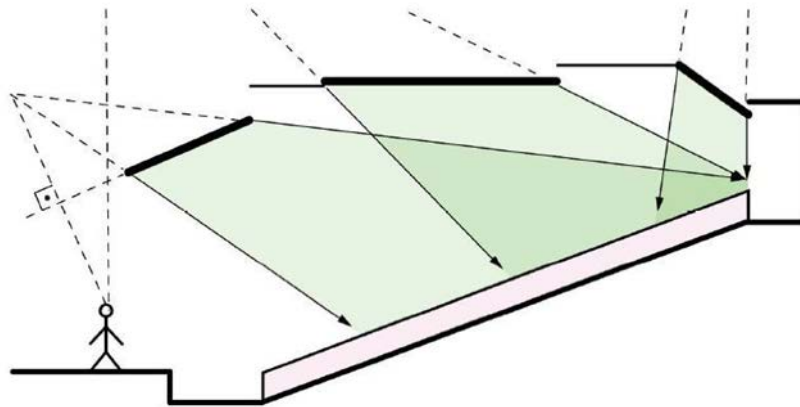
**Εικόνα Β.6** Αμφιθεατρική διάταξη με διατεταγμένο ακροατήριο εντός γωνίας  $140^\circ$

❖ Εξασφάλιση πρώιμων ανακλάσεων

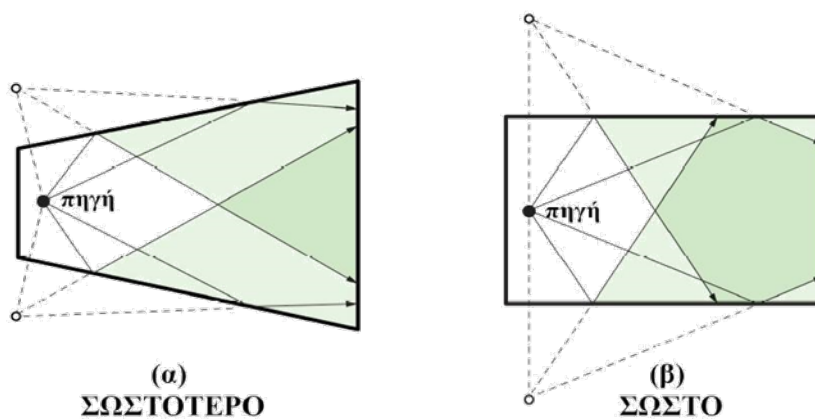
Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ανακλαστικών επιφανειών, οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από τον ομιλητή, στην οροφή ή στις πλευρικές παρειές. Η επιφάνειά τους πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη ως προς το μήκος κύματος του ήχου και πρόκειται για άκαμπτα υλικά με λείο και σκληρό τελείωμα π.χ. επίχρισμα, γυψοσανίδες κλπ.



**Εικόνα Β.7** Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων, με υψηλή οροφή. Ανακλαστήρας τοποθετημένος πάνω από τον ομιλητή



**Εικόνα Β.8** Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων. Ανακλαστική ψευδοροφή τοποθετημένη με κατάλληλη κλίση.



**Εικόνα Β.9** Κατόψεις. Η κάτοψη σχήματος βεντάλιας (α), προτιμάται έναντι της ορθογωνικής κάτοψης (β), διότι προβάλλει τον ήχο αποτελεσματικότερα στα πίσω καθίσματα.

❖ Ελαχιστοποίηση του θορύβου βάθους

Αποτελεί αντικείμενο του σχεδιασμού της ηχοπροστασίας του κτηρίου.

❖ Βελτιστοποίηση του χρόνου αντήχησης

Από την θεωρία του Sabine (Sabine, 1922) είναι γνωστό ότι ο χρόνος αντήχησης αποτελεί συνάρτηση του όγκου και των ηχοαπορροφητικών

υλικών της αίθουσας, οπότε απαιτείται κατάλληλος συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

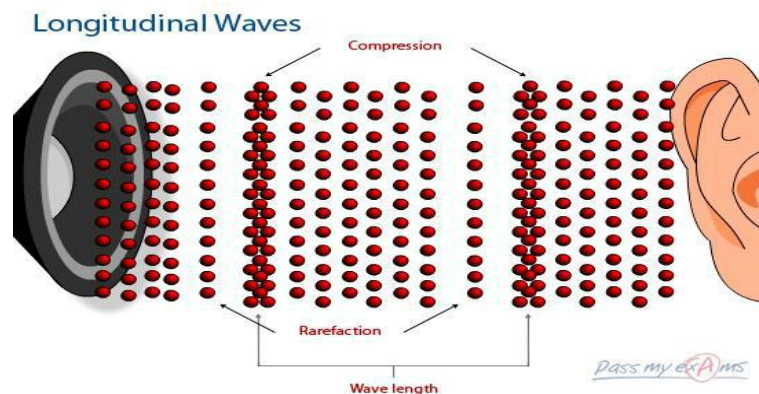
## Γ.1 Εισαγωγή

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

## Γ.2 Ήχος και ηχητικές παράμετροι

Ως ήχος ορίζεται η μηχανική διαταραχή που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα μέσα σε ένα μέσο (υγρό, στερεό και αέριο), το οποίο μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις (π.χ. Ελασικότητας, εσωτερικής τριβής) 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 ταλαντώνεται, δηλαδή κάνει παλμικές κινήσεις. Λόγω των ελαστικών ιδιοτήτων του υλικού η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται από κάθε μόριο στα γειτονικά του, προκαλώντας μεταβολές πίεσης. Έτσι δημιουργούνται πυκνώματα (περιοχές υψηλής πίεσης) και αραιώματα (περιοχές χαμηλής πίεσης), τα οποία «ταξιδεύουν» μέσα στο υλικό παράλληλα στη διεύθυνση ταλάντωσης των μορίων του.

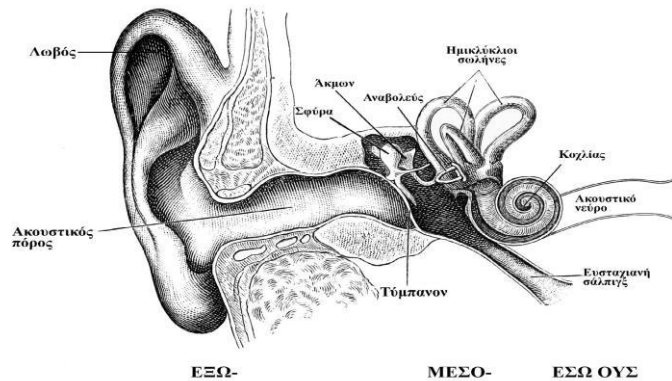


Σχήμα Γ.1 Πυκνώματα και αραιώματα

Ο ήχος, μέσω του ακουστικού πόρου θέτει το τύμπανο σε παλμική κίνηση. Αυτή, μέσω της σφύρας του άκμονος και του αναβολέως (ακουστικά οστάρια που



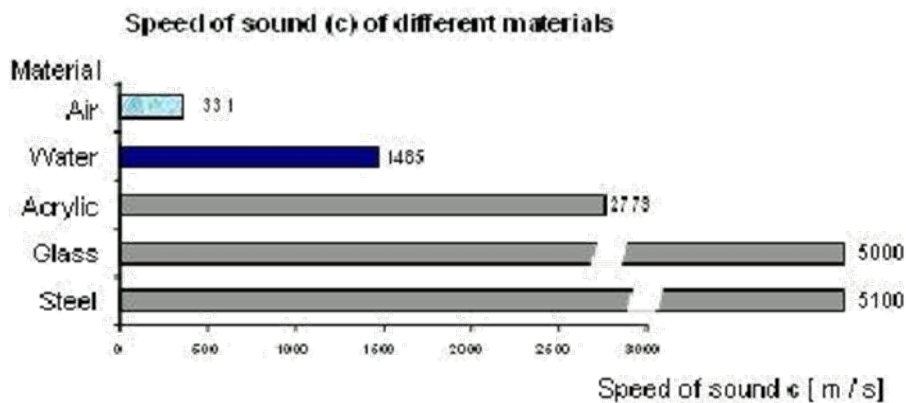
λειτουργούν εν είδει μοχλού) μεταβιβάζεται στην ωοειδή θυρίδα και από εκεί, μέσα στον κοχλία.



**Σχήμα Γ.2** Ανατομία του οργάνου της ακοής

Ο κοχλίας είναι ένας οστεώδης συσπειρωμένος σωλήνας στο έσω ούς, θεμελιώδης για την αντίληψη της ακοής και είναι γεμάτος με υγρό μέσα στο οποίο θα κινηθεί ο ήχος. Η παλμική κίνηση (ήχος) μέσα στο υγρό του κοχλίου, από τον αιθουσαίο σωλήνα μεταφέρεται (μέσω του ελικοτήρηματος) 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.

Η **ταχύτητα** του ήχου είναι η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων, συμβολίζεται με  $c$  και μετριέται σε  $m/sec$  (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Η ταχύτητα του ήχου είναι διαφορετική σε κάθε μέσο διάδοσης και εξαρτάται από το υλικό του μέσου καθώς επίσης και από την θερμοκρασία. Στα στερεά ο ήχος διαδίδεται γρηγορότερα από ότι στα υγρά και ακόμα πιο αργά στα αέρια.



ς

**Σχήμα Γ.3** Ταχύτητα διάδοσης ήχου σε διαφορετικά μέσα

Στην περίπτωση που το μέσο είναι ο αέρας ισχύει η παρακάτω σχέση:

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

Στην ακουστική χώρων χρησιμοποιούμε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου που 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 sec.

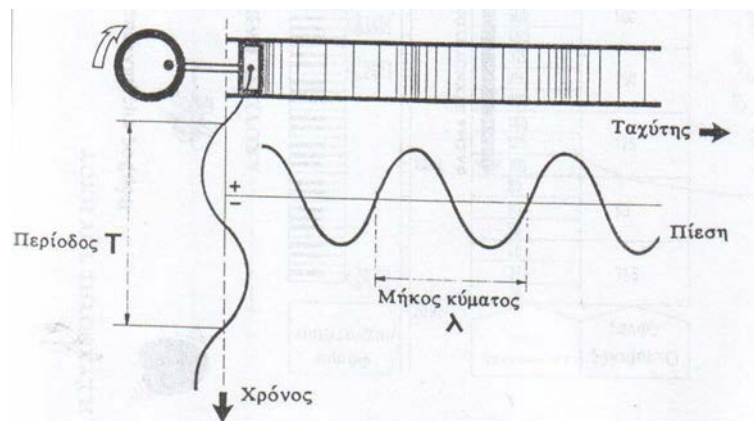
Η **συχνότητα** του ήχου είναι ο ρυθμός με τον οποίο πάλλονται τα σωματίδια του αέρα κατά τη διάδοση του ηχητικού κύματος, συμβολίζεται με f και ορίζεται ως ο αριθμός των κορυφών που διαμορφώνονται σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου και μετράται σε Hz (Hertz), ενώ παράλληλα είναι το αντίστροφο της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

## Frequency



**Σχήμα Γ.4** 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  $\lambda$  και μετράται σε m (μέτρα).



**Σχήμα Γ.5** Σχηματική παράσταση των φυσικών ιδιοτήτων του ήχου

Οι ηχητικές παράμετροι (μήκος κύματος του ήχου, ταχύτητα, περίοδος, συχνότητα) συνδέονται με τη σχέση:

$$c = \lambda / T$$

ή

$$c = \lambda * f$$

### Γ.3 Οκτάβα, Τριτοκτάβα

Τα ακουστικά προβλήματα αντιμετωπίζονται 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 ( $f_2 / f_1 = 2$ ). 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 χώρα είναι οι 125 , 250 , 500 , 1.000 , 2.000 , 4.000 Hz.

Ορισμένες φορές, για μεγαλύτερη ανάλυση, χρησιμοποιούμε την **τριτοκτάβα**, 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 Γ.6** Οκταβικές και τριτοκταβικές ζώνες του φάσματος

## Γ.4 Στάθμη έντασης του ήχου

**Ηχητική ένταση** σε ένα σημείο του ηχητικού πεδίου και προς μια καθορισμένη διεύθυνση είναι το πηλίκο της μέσης ηχητικής ισχύος που διαπερνά κάθετα μια στοιχειώδη επιφάνεια διά του εμβαδού της επιφανείας.

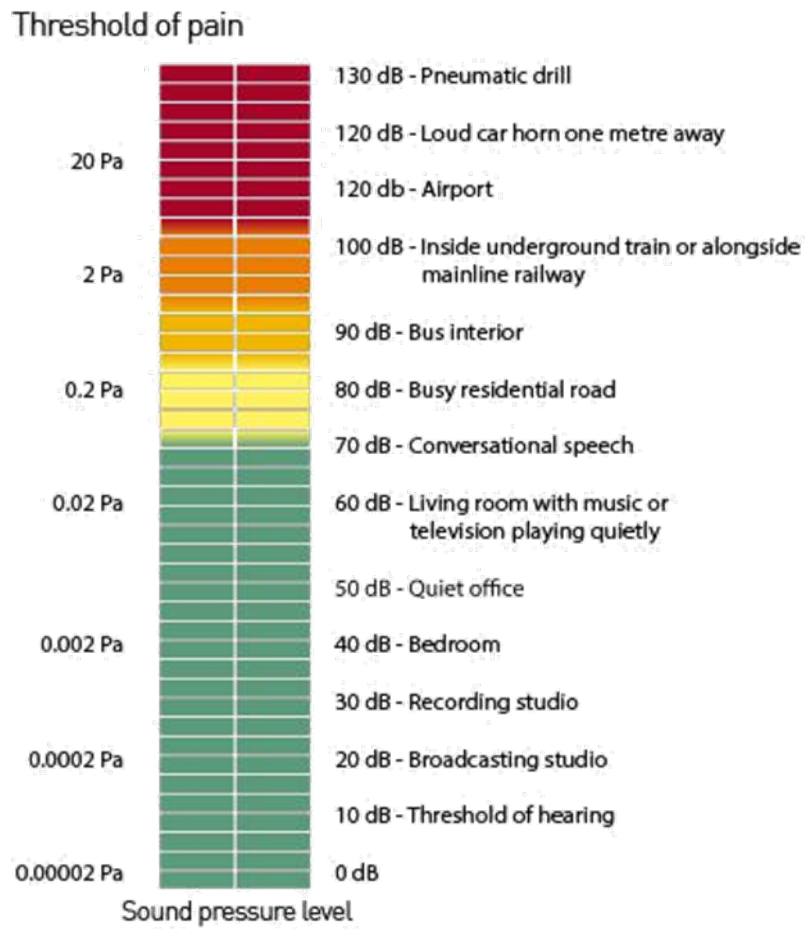
Η στάθμη έντασης του ήχου υποκειμενικά, είναι εκείνο που διαφοροποιεί έναν έντονο ήχο από έναν αδύναμο ήχο.

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. Ως ηχητική πίεση αναφοράς λαμβάνεται στον αέρα ίση με 0,00002 N/m<sup>2</sup>.

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 λογάριθμος, όπως φαίνεται στην παρακάτω σχέση

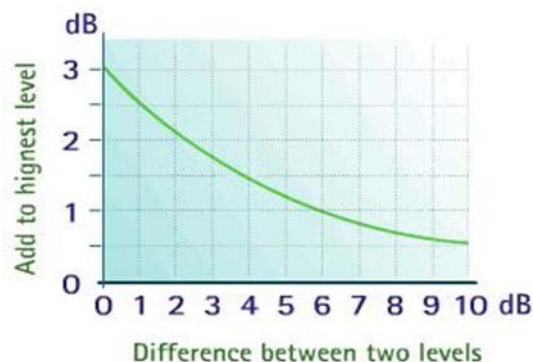
$$\left[ \begin{array}{c} \text{ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ} \\ \text{ΤΟΥ ΗΧΟΥ} \end{array} \right] = 10 \log \left[ \frac{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}}{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ}} \right]^2, \text{ [dB]}$$

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



**Σχήμα A.7** Αντιστοιχία ηχητικής πίεσης και στάθμης έντασης του ήχου

Τα dB δεν προστίθενται αλγεβρικά, αλλά 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 Γ.8 Πρόσθεση Decibel

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

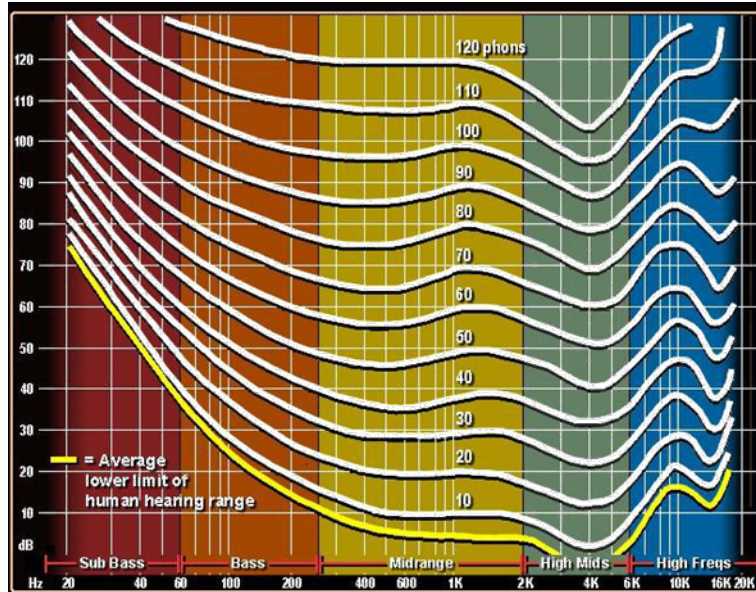


### Γ.5. Ακουστότητα και αντίληψη του ήχου

Ακουστότητα είναι η 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 ακουστικό σύστημα του ανθρώπου.

Γενικά, 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 ρηον 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, δημιουργήματα των H. Fletcher και W.A. Munson. Η ισοακουστική καμπύλη των μηδέν ρηον ονομάζεται «κατώφλι ακουστότητας».



**Σχήμα Γ.9** Καμπύλες ισοακουστότητας κατά Fletcher & Munson

Η **αντίληψη** του ήχου αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς και πραγματοποιείται μέσω της ακοής. Χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους, όπως επικοινωνία, ψυχαγωγία, μουσική σύνθεση, προειδοποίηση και αποφυγή κινδύνων. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz. Το εύρος αυτό διαφέρει και σε μεγαλύτερες ηλικίες παρατηρείται μείωση της αντίληψης υψηλών συχνοτήτων. Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι αντιστοίχως 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, αν και 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 πρέπει να σημειωθεί ότι η ευαισθησία του οργάνου της ακοής σταδιακά μειώνεται στη χαμηλή περιοχή του φάσματος.



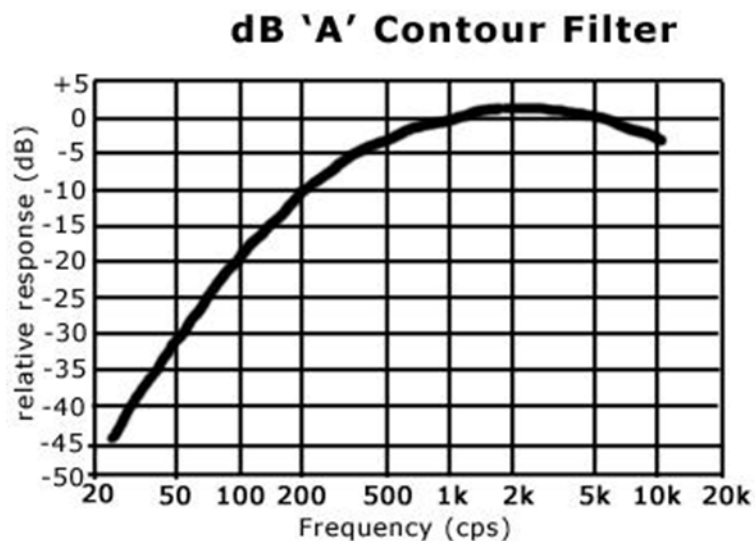
**Σχήμα Α.10** Εύρος συχνοτήτων της ανθρώπινης ακοής



## Γ.6 Α-σταθμισμένη ηχοστάθμη (dBA)

Η **Α-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 και η μονάδα μέτρησης του είναι 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 Γ.11** Καμπύλη Α-στάθμισης

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

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

Παρακάτω φαίνονται οι συντελεστές που προκύπτουν για τις διάφορες οκταβικές ζώνες

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΑΙ Α-ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

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

### Γ.7 Ακουστική κλειστού χώρου

Τα ηχητικά κύματα σπανίως διαδίδονται σε εντελώς ελεύθερα πεδία, καθώς στην διαδρομή τους θα συναντήσουν πολλών ειδών εμπόδια. Για την 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 προβλήματα.

#### Γ.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.

Ακολουθείται από τις **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) από τη στιγμή που παράχθηκε ο ήχος και ορίζεται ως κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (EEF<sub>50</sub> ή D<sub>50</sub>) 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):

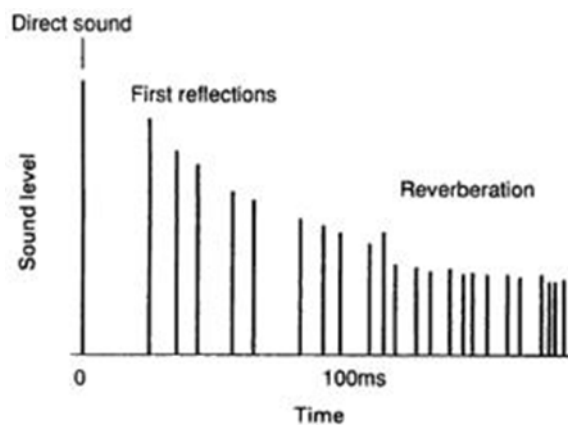
$$EEF_{50} = \frac{(d+e_r)}{(d+e_r+1)}$$

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.

**e<sub>r</sub>**: 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.

**1**: ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή μετά τα 50 ms, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10m.  $\{1 = (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} e^{-1.11/T}\}$ .



**Σχήμα Γ.12** Ηχητικές ακτίνες σε κλειστούς χώρους

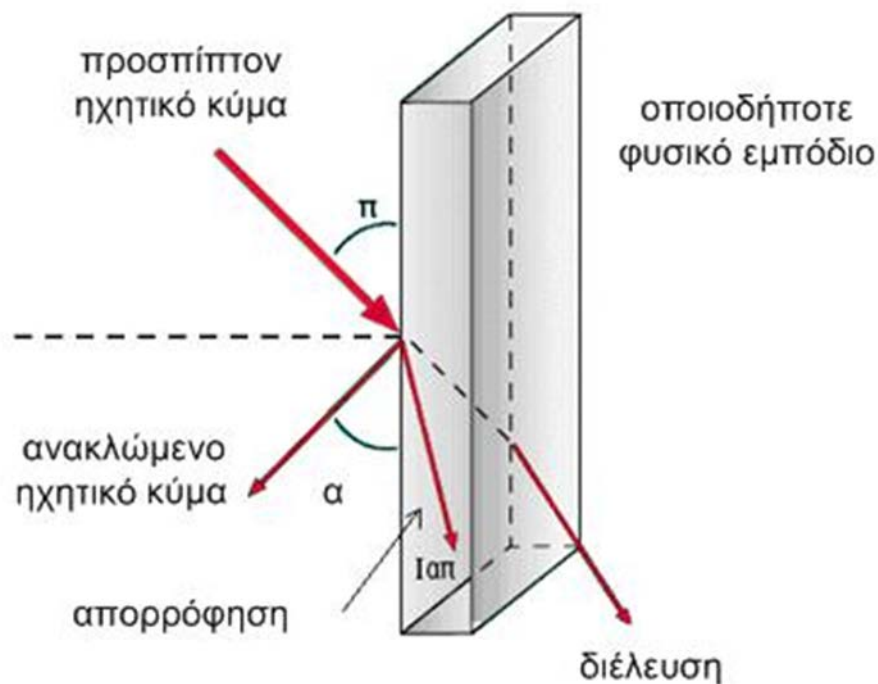
Μία ακόμα παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί είναι το κλάσμα των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων ( $C_{50}$ ). Αυτή η παράμετρος προκύπτει μέσω του  $D_{50}$  όπως φαίνεται παρακάτω και εκφράζεται σε dB. Η συγκεκριμένη παράμετρος συνήθως υπολογίζεται για τον πρώιμο ήχο που φθάνει στο ακροατήριο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

## Γ.7.2 Ανάκλαση

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

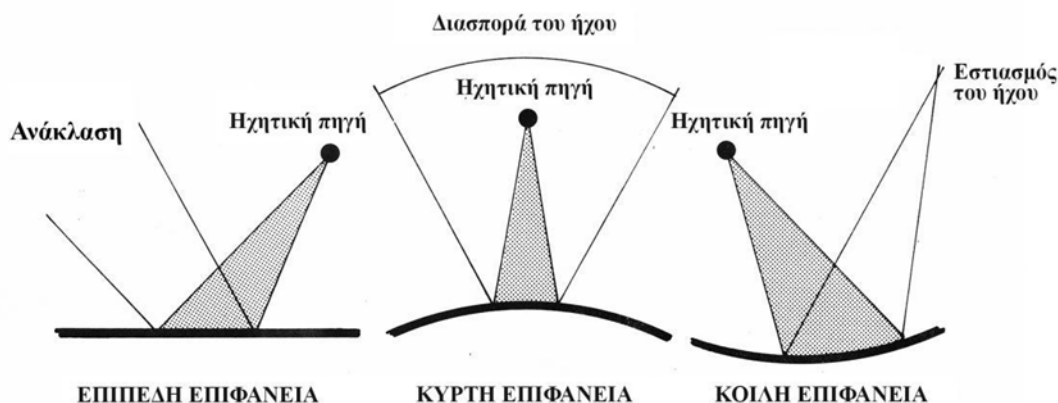


**Σχήμα Γ.13** Πρόσπτωση ηχητικού κύματος σε επίπεδη ανακλαστική επιφάνεια

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ακριβώς η διαδικασία της ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων, όπου ένα μέρος της ενέργειας του 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 ονομάζεται ανακλαστήρας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανακλαστήρων μερικοί εκ των

οποίων έχουν ευεργετικά αποτελέσματα ανάλογα με την μορφή τους. 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.



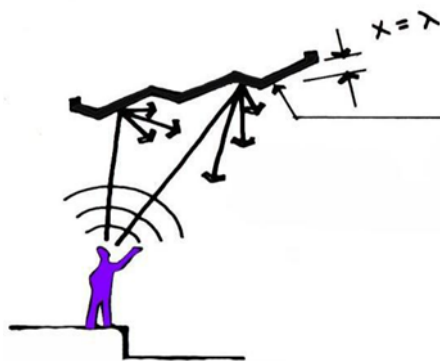
**Σχήμα Γ.14** Επιρροή της μορφής του κελύφους του χώρου στην ανάκλαση του ήχου

### Γ.7.3 Διέλευση

Το φαινόμενο της **διέλευσης** παρατηρείται, εφόσον δεν ισχύουν ιδανικές συνθήκες, όπου 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.

### Γ.7.4 Διάχυση

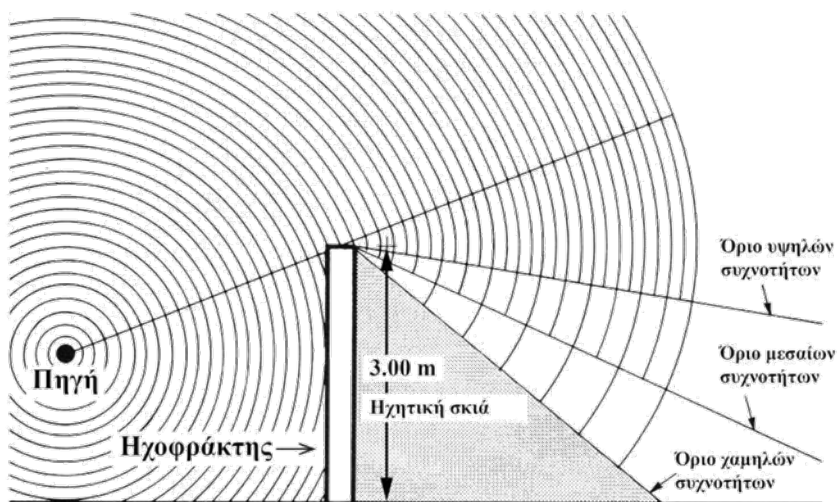
Ως **διάχυση** ορίζεται ο σκεδασμός μιας ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας σε ασθενέστερες ακτίνες τυχαίας κατανομής. Το φαινόμενο αυτό πραγματοποιείται όταν το μέγεθος ( $x$ ) της ανακλαστικής επιφάνειας ισούται με το μήκος κύματος ( $\lambda$ ) του ήχου. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το φαινόμενο τοποθετούνται 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 Γ.15 Το φαινόμενο της διάχυσης

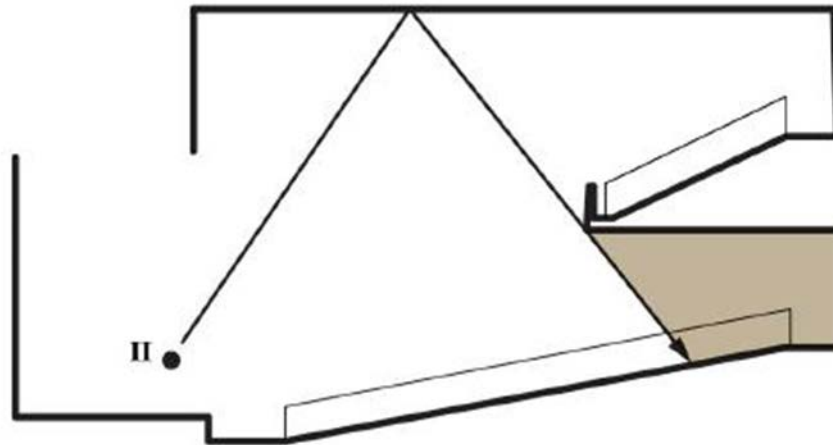
### Γ.7.5 Περίθλαση

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 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 Γ.16 Το φαινόμενο της περίθλασης

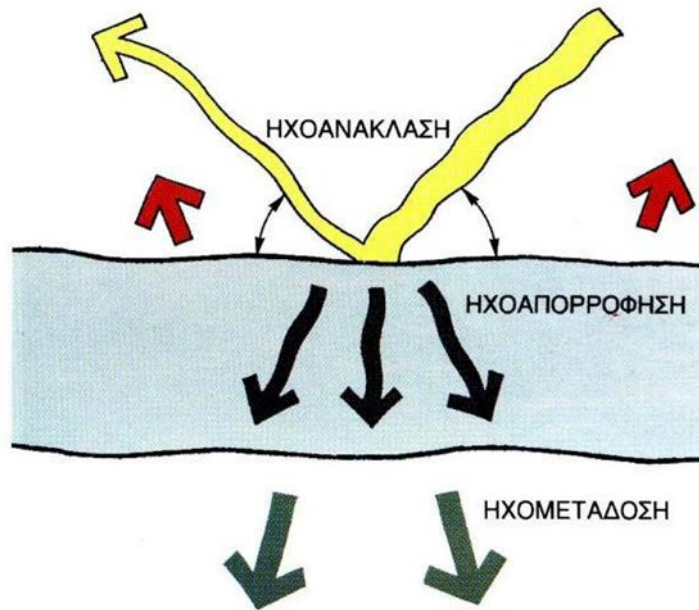
Στους κλειστούς χώρους το φαινόμενο της περίθλασης πραγματοποιείται όταν υπάρχει βαθύς εξώστης (μεγαλύτερος των 2-3 m). Σε αυτήν την περίπτωση οι περισσότερες θέσεις που βρίσκονται κάτω από τον εξώστη στερούνται υψίσυχνους ήχους, για αυτόν τον λόγο τέτοιοι εξώστες, όπως στην παρακάτω εικόνα, πρέπει να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



Σχήμα Γ.17 Απεικόνιση ηχητικής σκιάς κάτω από βαθύ εξώστη

### Γ.7.8 Ηχοαπορρόφηση

Κατά την πρόσπτωση του ήχου σε κάποιο πέτασμα του χώρου, ένα ποσό του ανακλάται και ένα άλλο απορροφάται. **Ηχοαπορρόφηση** ονομάζεται το ποσό 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.18** 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.

### Γ.7.9 Αντήχηση και χρόνος αντήχησης (RT)

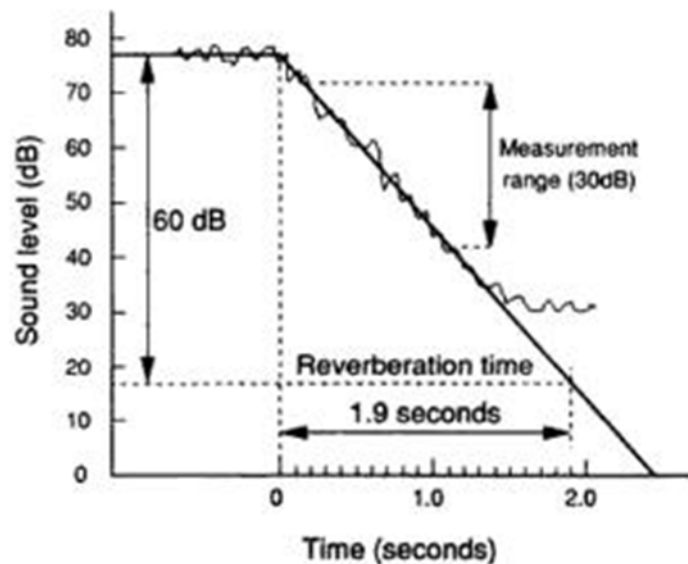
Αντήχηση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένας ήχος συνεχίζει να υπάρχει στον χώρο και να είναι ακουστός ακόμη και όταν ο μηχανισμός που τον δημιουργεί έχει πάψει να υφίσταται. Ο **χρόνος αντήχησης (RT)** είναι το μέγεθος του χρόνου που χρειάζεται για να επιτευχθεί μείωση της ηχητικής πίεσης, (που δημιουργείται στο χώρο αυτό από μία ηχητική πηγή) 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 Γ.19** Σχηματική απεικόνιση της απόσβεσης του ήχου σε κλειστό χώρο

Ο Sabine καθόρισε πειραματικά την μεταβλητή αυτή ως:

$$R T = \frac{0.16 V}{\sum_{i} F_i \alpha_i + Vx}, \quad [s]$$

όπου:

RT: χρόνος αντήχησης [s]

V : όγκος του χώρου [m<sup>3</sup>]

F<sub>i</sub>: επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου [m<sup>2</sup>]

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

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

ν: το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο

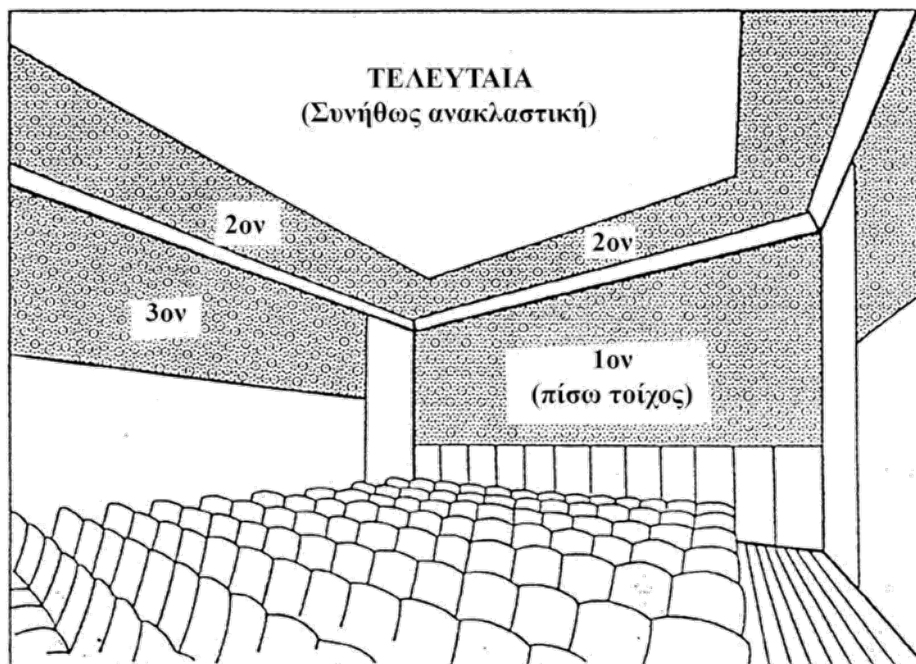
Απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύει ο παραπάνω τύπος είναι το διάχυτο ηχητικό πεδίο.

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 δωθεί 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 Γ.20** Βέλτιστη τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών σε αίθουσα ομιλίας

## 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.

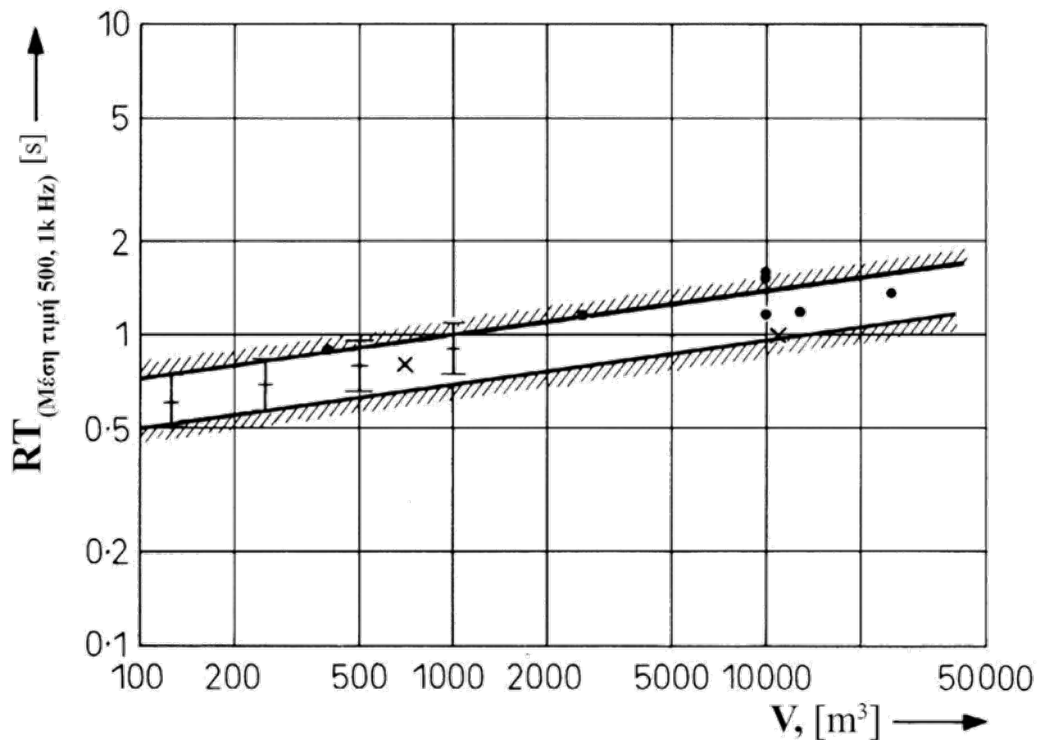
Μέσω του τύπου του χρόνου αντήχησης, μπορεί να υπολογιστεί η επιφάνεια των ηχοαπορροφητικών υλικών δεδομένου του όγκου της αίθουσας. Έπειτα, υπολογίζεται η πρόσθετη ηχοαπορρόφηση που προσφέρει το ακροατήριο (σχήμα Α.20) και προκύπτει εκ νέου η συνολική ηχοαπορροφητική επιφάνεια. Τέλος, μέσω της παραπάνω διαδικασίας καταλήγουμε στον χρόνο αντήχησης έχοντας λάβει υπόψιν την ύπαρξη ακροατηρίου.

No	ΥΛΙΚΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΑΙ [ $S_{ab}/m^2$ ] Οκταβικές ζώνες [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Ακροατήριο <sup>2</sup>	0.39	0.57	0.80	0.94	0.92	0.92
2	Ντυμένα με στόφα καθίσματα, μη κατειλημένα <sup>2</sup>	0.32	0.50	0.73	0.87	0.85	0.85
3	Δερμάτινα καθίσματα, μη κατειλημένα <sup>2</sup>	0.12	0.20	0.28	0.34	0.34	0.34
4	Επίχρισμα ή παχύ ξύλο 2.5 cm με κενό <sup>2</sup>	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
5	Επίχρισμα επι beton <sup>2</sup>	0.12	0.09	0.07	0.05	0.05	0.05
6	beton <sup>2</sup>	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05
7	Επένδυση λεπτού ξύλου <sup>2</sup>	0.42	0.21	0.10	0.08	0.06	0.06
8	Κουρτίνα (βελούδο με πτυχές) <sup>2</sup>	0.06	0.31	0.44	0.80	0.75	0.75
9	Αέρας <sup>3</sup>	-	-	-	0.003 <sup>4</sup>	0.007 <sup>4</sup>	0.02 <sup>4</sup>
10	Επίχρισμα 3 cm επι πλέγματος μεταλλικού <sup>1</sup>	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03
11	Γυψοσανίδα, 2 στρώσεις 3.2 cm <sup>1</sup>	0.28	0.12	0.10	0.17	0.13	0.09
12	Υαλοπίνακες <sup>1</sup>	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
13	Τσιμεντένιο δάπεδο <sup>1</sup>	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
14	Πλαστικό δάπεδο	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
15	Ξύλινο παρκέ επί τσιμεντένιας βάσης <sup>1</sup>	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
16	Σανίδι επί δοκίδων <sup>1</sup>	0.15	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
17	Μοκέτα παχειά επί τσιμεντένιας βάσης <sup>1</sup>	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
18	Μοκέτα παχειά με λαστιχένιο υπόστρωμα <sup>1</sup>	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
19	Μοκέτα λεπτή επί τσιμεντένιας βάσης <sup>1</sup>	0.02	0.04	0.08	0.20	0.35	0.40

**Σημειώσεις:**  
<sup>1</sup>(Beranek, 1996)  
<sup>2</sup>(Barron, 1993)  
<sup>3</sup>(Parkin & Humphreys, 1969)  
<sup>4</sup>Οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης δίδονται ανά m<sup>3</sup> αέρα

**Σχήμα Γ.21** Συντελεστές ηχοαπορρόφησης

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 Γ.22** 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

Συνιστώμενος όγκος ανά άτομο [m <sup>3</sup> ] (Doelle 1972)		
<b>Ελάχιστος</b> <b>2.3</b>	<b>Βέλτιστος</b> <b>3.1</b>	<b>Μέγιστος</b> <b>4.3</b>

## Γ.7.10 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 εκπεμφθεί 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.

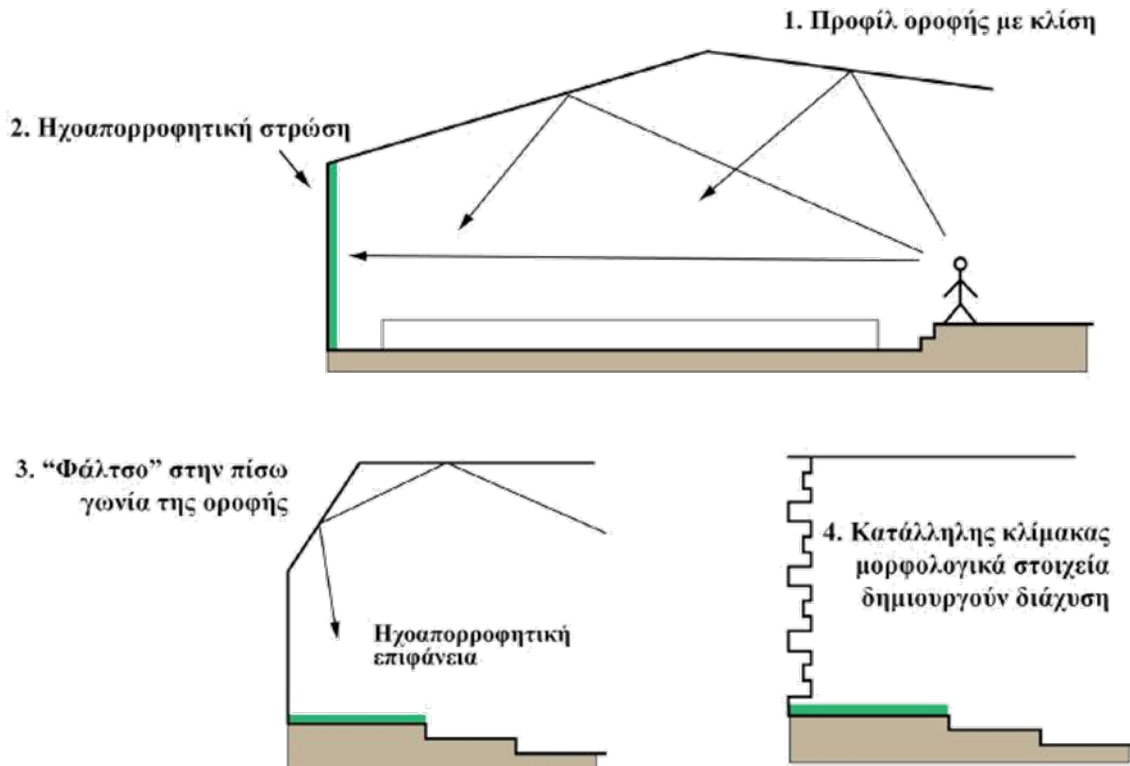
Για χρονικές διαφορές μικρότερες από 0,035s, που αντιστοιχούν σε διαφορές πορείας 12 m δε δημιουργείται ηχώ. Στην περίπτωση αυτή, τα ανακλώμενα κύματα ενεργούν προσθετικά, αυξάνοντας την ακουστική εντύπωση. Για χρονικές διαφορές μεταξύ 0.035s και 0.05s δημιουργείται ένα φαινόμενο, που πλησιάζει τόσο 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.



Σχήμα Γ.23 Προϋποθέσεις δημιουργίας ηχούς

$$[(SAB)-(SB)] \geq \left\{ \begin{array}{l} 14.0 \text{ m (ομιλία)} \\ 34.0 \text{ m (μουσική)} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{HX}\Omega$$

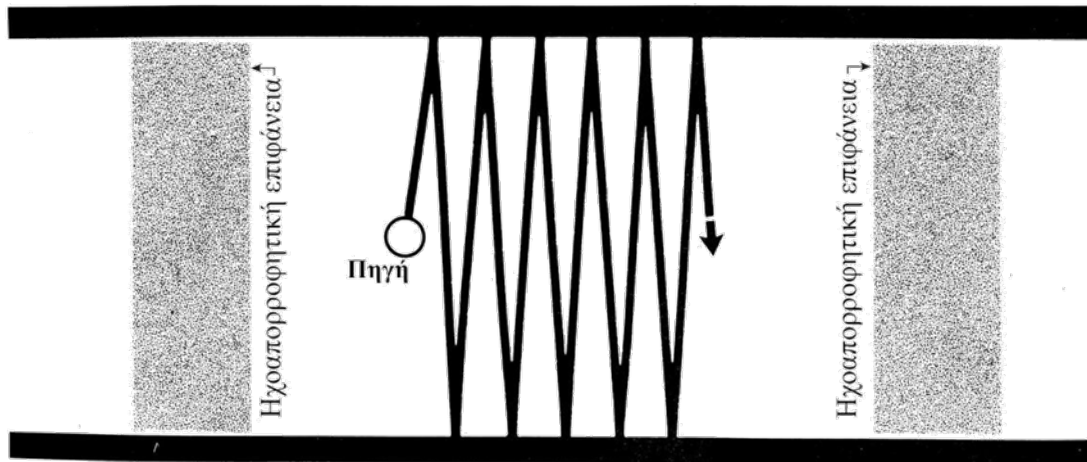
Παρακάτω φαίνονται ορισμένες τεχνικές σχεδιασμού αποφυγής της ηχούς.



**Σχήμα Γ.24** Τεχνικές σχεδιασμού αποφυγής της ηχούς σε κλειστό χώρο

### Γ.7.11 Πλαταγισμός (Flutter echo)

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



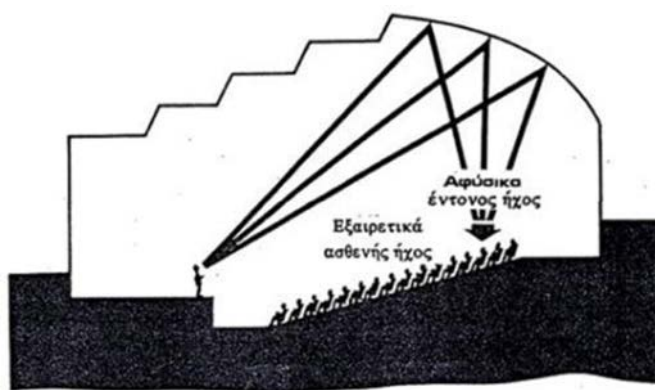
**Σχήμα Γ.25** Σχηματική απεικόνιση ανάπτυξης πλαταγισμού (SRL, 1976)

Ορισμένοι τρόποι σχεδιασμού αποφυγής πλαταγισμού είναι η εξής :

- Αποφυγή παραλληλίας μεταξύ αντικρουστών παρειών του χώρου.
- Χρήση ηχοαπορροφητικής επένδυσης σε μία τουλάχιστον επιφάνεια για κάθε ζεύγος παραλλήλων παρειών του χώρου.
- Χρήση μορφολογικών στοιχείων (δημιουργία διάχυτου ήχου) σε μία τουλάχιστον επιφάνεια για κάθε ζεύγος παραλλήλων παρειών του χώρου.

### Γ.7.12 Εστιασμός του ήχου

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



**Σχήμα Γ.26** Φαινόμενο εστιασμού (SRL, 1976)

Ορισμένες τεχνικές αποφυγής πλαταγισμού είναι η 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.

### **Γ.7.13 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, αν η στάθμη θορύβου είναι μέχρι 35 dBA, η κατανόηση ομιλίας είναι απόλυτα ικανοποιητική και, με θόρυβο της τάξεως των 45 dBA, 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 κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά προβλήματα ακοής, 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 .

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

**Σχήμα Γ.27** Κριτήρια θορύβου (αποδεκτές τιμές θορύβου) σε dB ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου (SRL, 1976)

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, γενικά, σταθερή κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, το οποίο ενδεχομένως παρουσιάζει ενδιαφέρον, είναι απαραίτητη η γνώση της στατιστικής κατανομής της στάθμης κατά τη διάρκεια του διαστήματος αυτού. Το διάστημα αυτό μπορεί να είναι, π.χ., ένα λεπτό, μια ώρα, οχτώ ώρες, διάρκεια νύχτας, διάρκεια ημέρας, 24 ώρες.

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 δυσχερής. Όμως υπάρχουν εύχρηστα όργανα, τα οποία μετρούν απευθείας το  $L_{Aeq}$  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 Δ: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

## Δ.1 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

### Δ.1.1 Θεωρία της μεθόδου

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

- Να μειώσουμε τις διαστάσεις του προβλήματος. Αντί να δουλεύουμε με τις αρχικές μεταβλητές να δουλέψουμε με λιγότερες αφού οι παράγοντες είναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να διατηρούν όσο γίνεται την πληροφορία που υπήρχε στις αρχικές μεταβλητές.
- Να δημιουργήσουμε νέες μεταβλητές, τους παράγοντες, στις οποίες μπορούμε με έναν υποκειμενικό τρόπο να αναγνωρίσουμε ως κάποιες μη μετρήσιμες μεταβλητές όπως η αντίληψη του ήχου από τον ακροατή.
- Να εξηγήσουμε τις συσχετίσεις που υπάρχουν στα δεδομένα, για τις οποίες έχουμε υποθέσει ότι οφείλονται αποκλειστικά στην ύπαρξη κάποιων παραγόντων που δημιούργησαν τα δεδομένα.

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

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι της παραγοντικής ανάλυσης, η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες (principal component analysis) και η κλασική 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:

$$x_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jm}F_m + d_jU_i$$

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 φθίνουσα 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.

### **Δ.1.2 Εξαγωγή των αρχικών παραγόντων**

Ποικιλία μεθόδων είναι διαθέσιμες για την επίλυση μοντέλων της ανάλυσης παραγόντων. Αυτές οι μέθοδοι έχουν σκοπό να καταλήξουν σε αυτό που αποκαλείται αρχικός πίνακας παραγόντων. Αυτό που είναι κοινό σε όλες αυτές τις μεθόδους είναι ότι ο πρώτος παράγοντας που εξάγετε τείνει να είναι ένας γενικός παράγοντας· σχεδόν κάθε μεταβλητή παρουσιάζει σημαντική φόρτιση στο πρώτο παράγοντα.

Δεδομένου του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι πιθανό να αποφασίσει κανείς τον αριθμό των παραγόντων που θα διατηρηθούν. Αν και για αυτή την απόφαση δεν

υπάρχει κάποιο απόλυτο κριτήριο, η ανάλυση μπορεί να τερματιστεί όταν ο αριθμός των παραγόντων που έχουν διατηρηθεί ερμηνεύουν ένα σημαντικά υψηλό ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων.

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

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

### **Δ.1.3 Περιστροφή των παραγόντων**

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.

### **Δ.1.4 Υπολογισμός του τυπικού σφάλματος φόρτισης**

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

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

Όπου

n :το πλήθος των μεταβλητών

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

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

Τιμές των συσχετίσεων που απαιτούνται		
Μέγεθος του δείγματος	Επίπεδο σημαντικότητας 5%	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.

## **Δ.2 Ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA – Analysis of Variance)**

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

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

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

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

Έχουμε τον παρακάτω πίνακα :

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

Όπου :



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

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 :

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

Όπου :

$\tau_i$  = το ποσό που επιδρά το  $i$  επίπεδο στο μοντέλο

$$\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$$

$\mu$  = σταθερό

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

Έτσι προχωράμε στον έλεγχο της υπόθεσης :

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$

$H_1 : \tau_i \neq 0$  για τουλάχιστον ένα  $i$

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

$$SS_T = SStr + SSe$$

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 :  $a-1$
- Διασπορά υπολοίπων :  $a(n-1) = an - a = N - a$

- Οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας είναι  $\alpha(n-1)$  (οι βαθμοί ελευθερίας έχουν προσθετική ιδιότητα)

$$\text{Ορίζουμε : } MS_{\nu} = \frac{SS_{\nu}}{\alpha-1}, \quad MS_{\varepsilon} = \frac{SS_{\varepsilon}}{N-\alpha} \quad \text{και} \quad F_0 = \frac{MS_{\nu}}{MS_{\varepsilon}}$$

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

$$\text{Αποδεικνύεται ότι : } F_0 = \frac{MS_{\nu}}{MS_{\varepsilon}} \approx F_{\alpha, \alpha-1, N-\alpha}$$

### **Δ.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.

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

όπου

- $Y_i$  είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην  $i$  παρατήρηση της  $X$  μεταβλητής.
- $\beta_0, \beta_1$  παράμετροι
- $X_i$  είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην  $i$  παρατήρηση
- $\varepsilon_i$  είναι το τυχαίο σφάλμα και ισχύει  $E(\varepsilon_i) = 0$  και  $\sigma^2(\varepsilon_i) = \sigma^2$ . Επίσης τα σφάλματα θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα, δηλαδή ισχύει  $\sigma(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ , για κάθε  $i \neq j$
- Οι ακριβείς τιμές της  $Y$  διαφέρουν από τις αναμενόμενες κατά ένα «ανεξήγητο» τυχαίο σφάλμα:  $Y_i = E[Y_i] + \varepsilon_i = b_0 + b_1 X_i + \varepsilon_i$

## 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  $\varepsilon_i$ .
- Τα σφάλματα  $\varepsilon_i$  κατανέμονται κανονικά με μέσο 0 και διακύμανση  $\sigma^2$ . Τα σφάλματα διαδοχικών παρατηρήσεων είναι ασυσχέτιστα (δεν αλληλεξαρτώνται).

$$\text{ο Άρα: } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

## Χαρακτηριστικά Μοντέλου Παλινδρόμησης

- Η εξαρτημένη μεταβλητή  $Y_i$  αποτελείται από 2 μέρη. Απο το σταθερό όρο (ντετερμινιστικό)  $\beta_0 + \beta_1 X_i$  και από τον τυχαίο όρο  $\epsilon_i$ . Επομένως η εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$  είναι μια τυχαία μεταβλητή.
- Απο την στιγμή που ισχύει ότι  $E(\epsilon_i) = 0$ , 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  $\epsilon_i$ .
- Ισχύει ότι  $\sigma^2(Y_i) = \sigma^2(\beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i) = \sigma^2(\epsilon_i) = \sigma^2$
- τα τυχαία σφάλματα  $\epsilon_i$  θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα.

## Ερμηνεία παραμέτρων παλινδρόμησης

- $\beta_0$  : 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.
- $\beta_1$  : 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.

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

'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 απο 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 Άλλη μία Θεώρηση Ανάλυση Παλινδρόμησης

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 εργάτη 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 δίδμηνο και το ποσό που πληρώνει για την κατανάλωση αυτή συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Επίσης, το ποσό που καταθέτει κάποιος στο Ταμιευτήριο 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:

$x_i$	1	2	3	4	5	6	7
$y_i$	10	5	2	1	2	5	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  $x$  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 εξάρτησης 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  $1 X = x_1$  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  $1 X = x_1$  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  $1 X = x_2$  το αντίστοιχο  $Y_1$  είναι μια τυχαία μεταβλητή  $1 Y$  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  $\varepsilon$  ο οποίος, για δεδομένη τιμή της  $X$ , να περιγράφει τη διαφορά της παρατηρούμενης από τη θεωρητική  $(\alpha + \beta \cdot X)$  τιμή της  $Y$ . Δηλαδή,  $\varepsilon = Y - (\alpha + \beta \cdot X)$ . Ο όρος αυτός ονομάζεται κατάλοιπο (residual) και πρακτικά είναι η απόσταση της πραγματικής τιμής από την γραμμή (regression line). Προκύπτει, επομένως, το στοχαστικό μοντέλο

$$Y = \alpha + \beta \cdot X + \varepsilon .$$



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ SPSS 17.0

Στο παρών Παράρτημα γίνεται η παρουσίαση της λειτουργίας του προγράμματος SPSS 17.0

## Ε.1 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

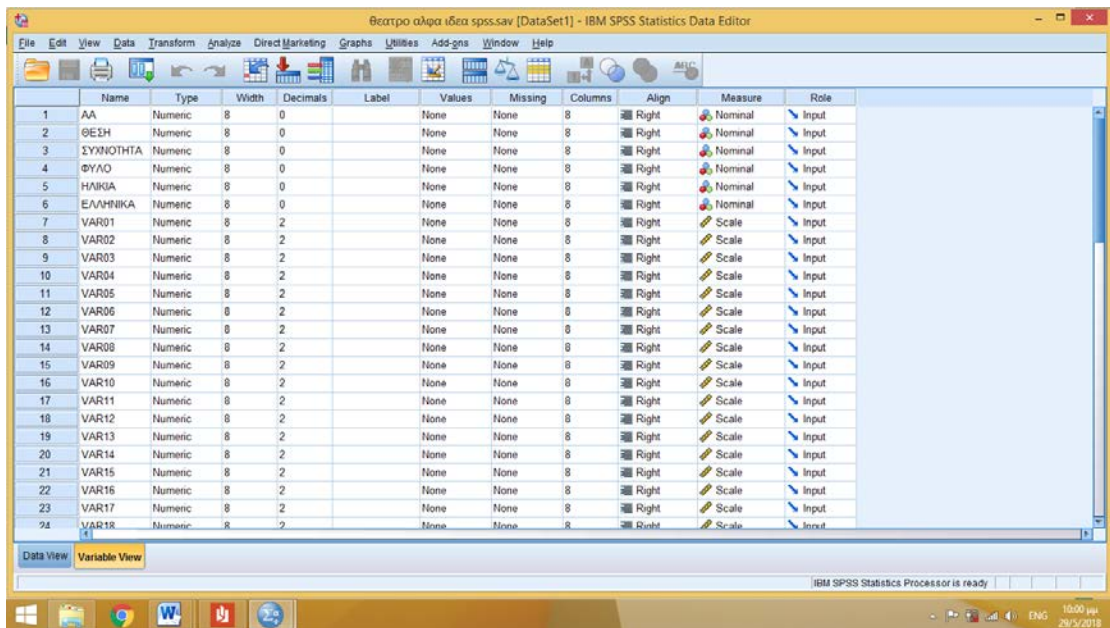
Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι :

- Βήμα 1

Στο παράθυρο Data Editor γίνεται η καταχώρηση των δεδομένων όπως φαίνεται παρακάτω. Στην πρώτη στήλη βάζουμε τον αύξοντα αριθμό κατά ίδιες θέσεις (ομαδοποίηση), στην δεύτερη στήλη τον αριθμό της θέσης που μοιράστηκαν τα ερωτηματολόγια για το πείραμα και στην τρίτη στήλη κωδικοποιημένα το φύλο του ακροατή που έλαβε μέρος για να μπορεί να γίνει και περαιτέρω ανάλυση με βάση την θέση ή το φύλλο. Οι επόμενες στήλες θα αντιπροσωπεύουν τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε, συνεπώς μπορούμε να καθορίσουμε το όνομα κάθε μίας. Επιλέγουμε έπειτα κάτω αριστερά την επιλογή Variable view, για να μπορέσουμε να ορίσουμε τις παραμέτρους (όνομα, τύπος και πλάτος – σε χαρακτήρες- της μεταβλητής στην Data view κ.α.) κάθε στήλης, όπως στα παρακάτω σχήματα.

	AA	ΘΕΣΗ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ	ΕΛΛΗΝΙΚΑ	VAR01	VAR02	VAR03	VAR04	VAR05	VAR06	VAR07	VAR08	VAR09
1	1	6	3	1	1	1	.04	.07	.34	.90	.90	.38	.90	.33	.77
2	2	8	1	1	3	1	.08	.07	.07	.98	.91	.10	.92	.26	.68
3	3	6	3	1	3	1	.94	.94	.11	.97	.94	.09	.89	.09	.91
4	4	8	3	1	1	1	.19	.22	.39	.39	.87	.02	.89	.06	.94
5	5	10	3	1	1	1	.17	.06	.14	.86	.84	.12	.94	.10	.69
6	6	6	2	1	1	1	.10	.11	.07	.73	.79	.19	.77	.57	.78
7	7	8	2	2	3	1	.58	.60	.51	.98	.97	.50	.89	.80	.93
8	8	10	2	2	3	1	.27	.26	.59	.86	.92	.04	.74	.53	.86
9	9	9	1	2	3	1	.13	.13	.21	.92	.88	.17	.89	.16	.89
10	10	11	2	2	3	1	.10	.13	.11	.89	.83	.08	.89	.09	.87
11	11	13	2	2	3	1	.02	.01	.08	.99	.99	.10	.94	.02	.98
12	12	9	2	2	2	1	.11	.12	.24	.87	.97	.10	.94	.10	.91
13	13	11	2	1	2	1	.08	.06	.21	.86	.78	.08	.92	.08	.98
14	14	13	2	1	3	1	.08	.08	.10	.94	.97	.02	.98	.02	.97
15	15	1	2	2	3	1	.86	.87	.84	.30	.28	.90	.23	.84	.18
16	16	5	3	2	2	1	.67	.69	.66	.30	.84	.71	.23	.67	.61
17	17	1	3	2	3	1	.01	.01	.02	.99	.99	.01	.99	.18	.81
18	18	3	3	1	3	1	.10	.09	.10	.91	.88	.12	.83	.11	.89
19	19	5	3	2	3	1	.10	.09	.21	.98	.84	.40	.67	.17	.68
20	20	1	3	1	2	1	.09	.11	.24	.79	.90	.11	.89	.08	.87
21	21	3	3	2	2	1	.12	.12	.31	.93	.96	.12	.91	.11	.83
22	22	5	2	2	3	1	.13	.11	.16	.87	.83	.33	.64	.23	.82

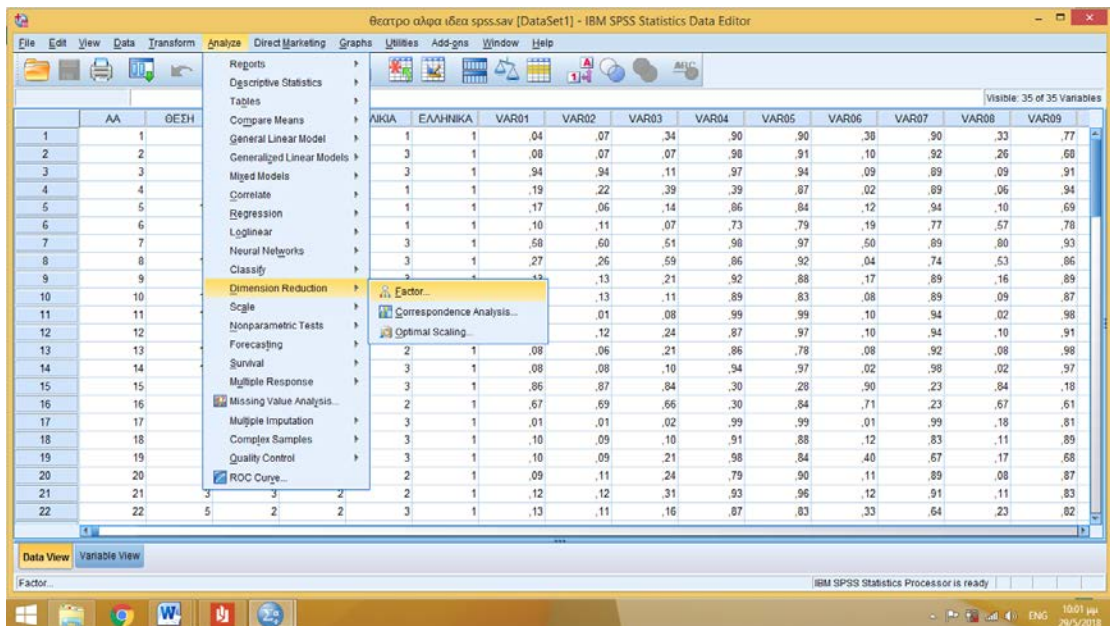
Εικόνα Ε.1 Data view



Εικόνα Ε.2 Variable view

- Βήμα 2

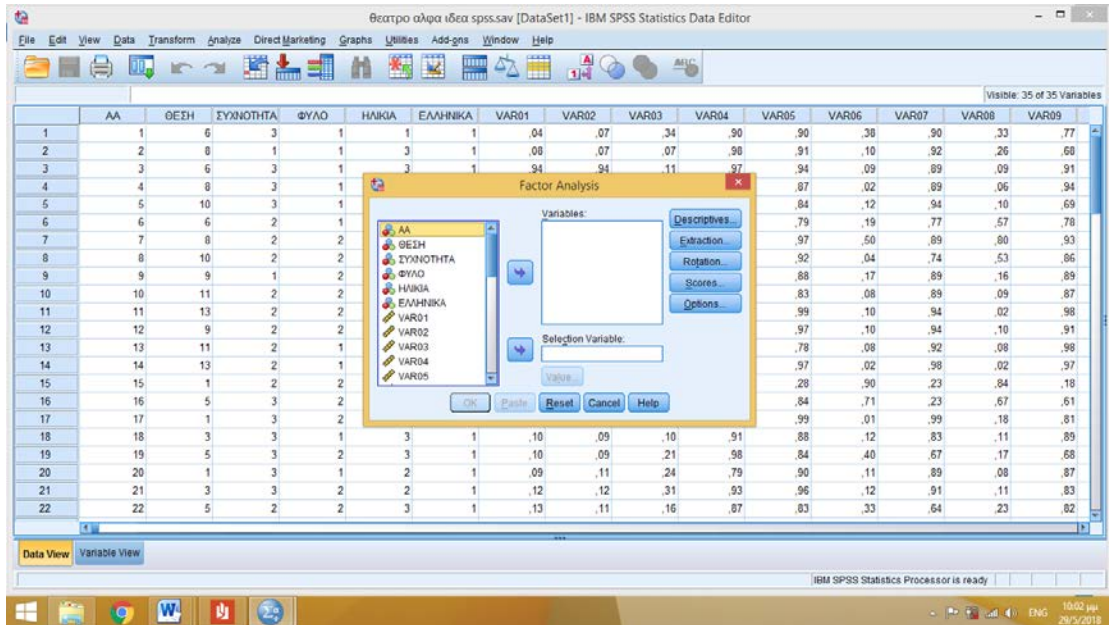
Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται επιλογή Analyze και από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Dimension Reduction.



Εικόνα Ε.3 Dimension Reduction

- Βήμα 3

Από αυτό το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Factor και έτσι ανοίγει το πλαίσιο διαλόγου Factor Analysis.

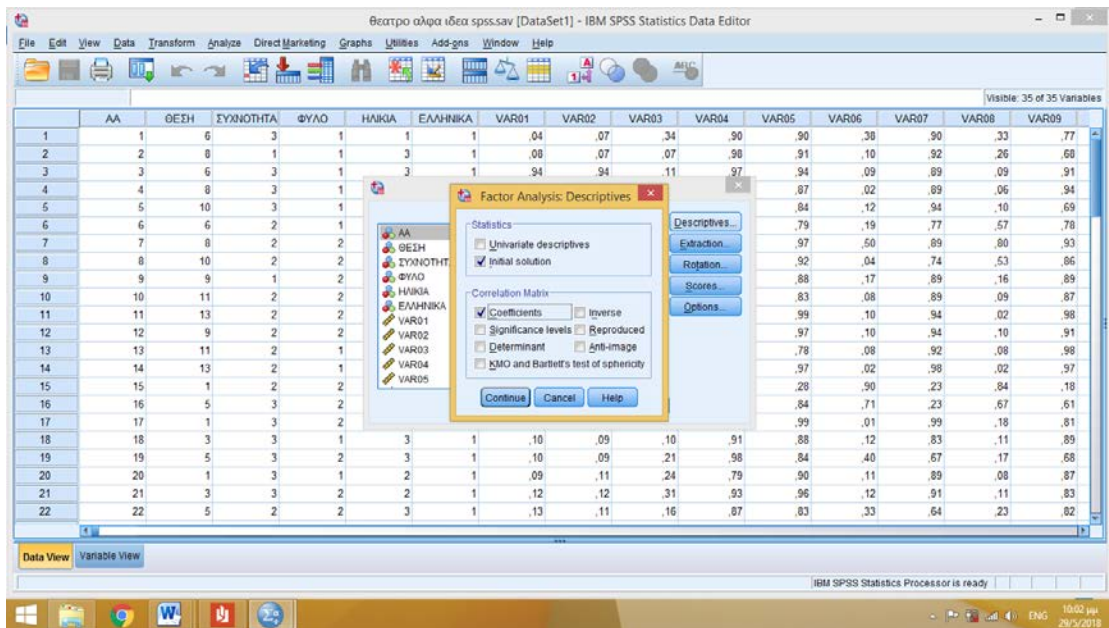


**Εικόνα Ε.4** Factor Analysis

Στο βήμα αυτό επιλέγουμε τις είκοσι έξι μεταβλητές (VAR01 έως VAR26) και πατώντας το κουμπί με το βέλος τις τοποθετούμε στην θέση Variables.

- Βήμα 4

Πατώντας Descriptives εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.

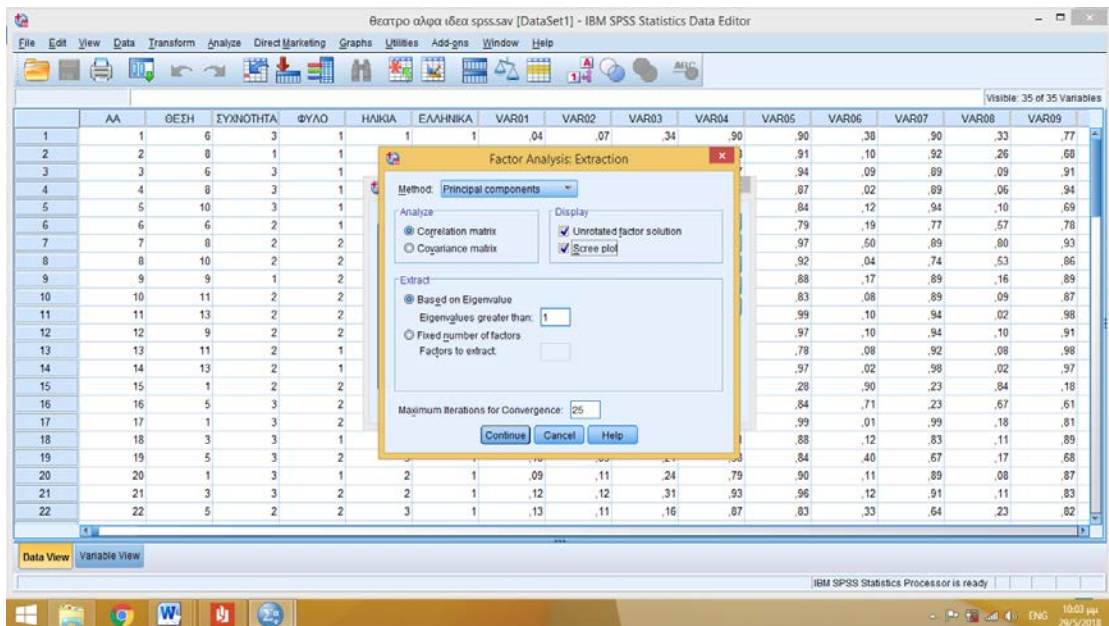


Εικόνα Ε.5 Descriptives

Επιλέγουμε το Coefficients και εν συνεχεία Continue

- Βήμα 5

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

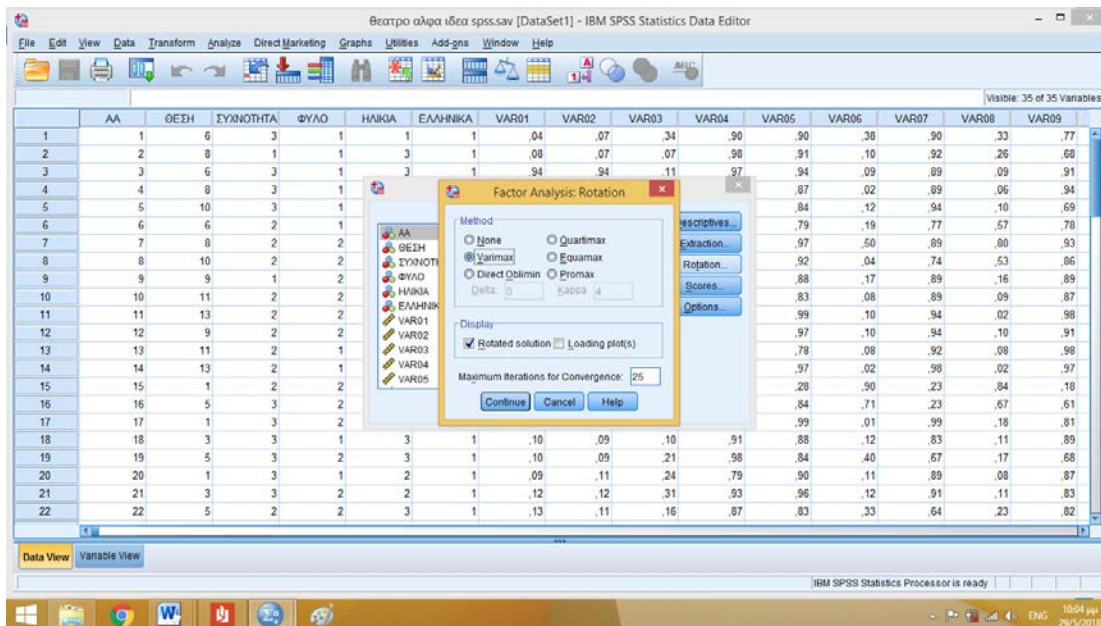


**Εικόνα Ε.6** Extraction

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

- Βήμα 6

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

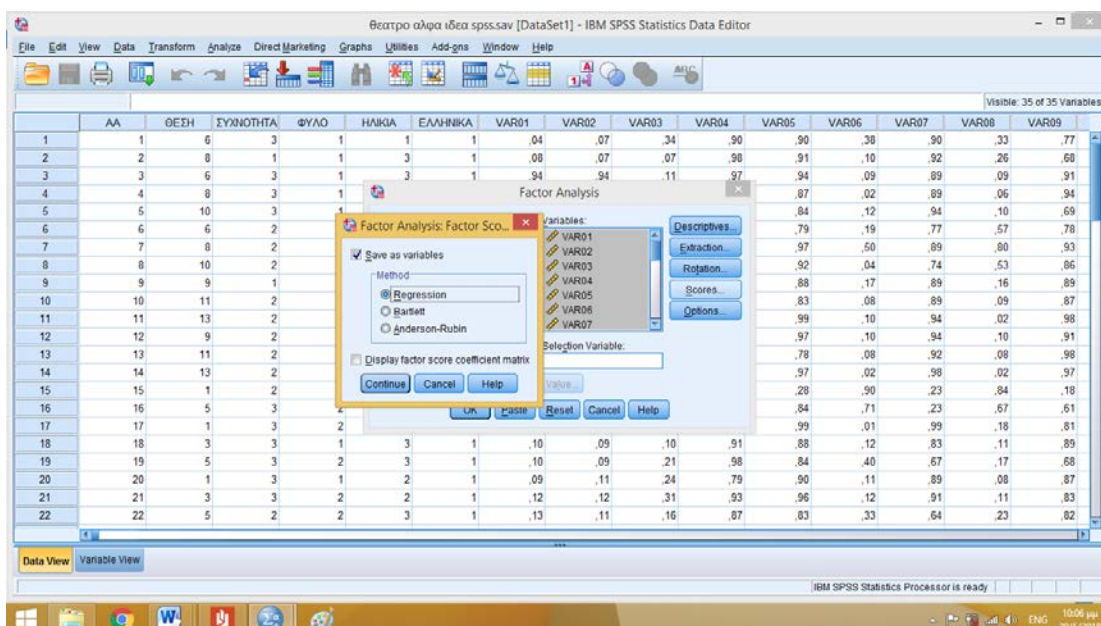


**Εικόνα E.7 Rotation**

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

- Βήμα 7

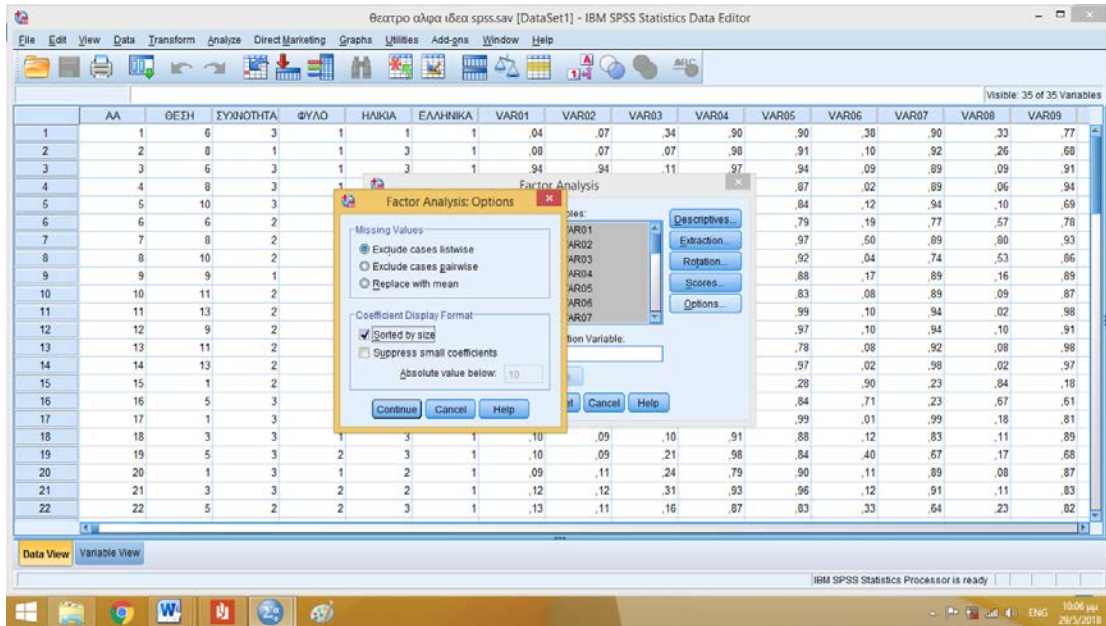
Εδώ κάνουμε την επιλογή Save as variables (Regression) έτσι ώστε τα factor scores να εμφανιστούν στο Data view μετά την ανάλυση, ακριβώς δεξιά από την τελευταία μεταβλητή, με την μορφή FACX\_1 , όπου X ο αριθμός των παραγόντων.



**Εικόνα E.8 Scores**

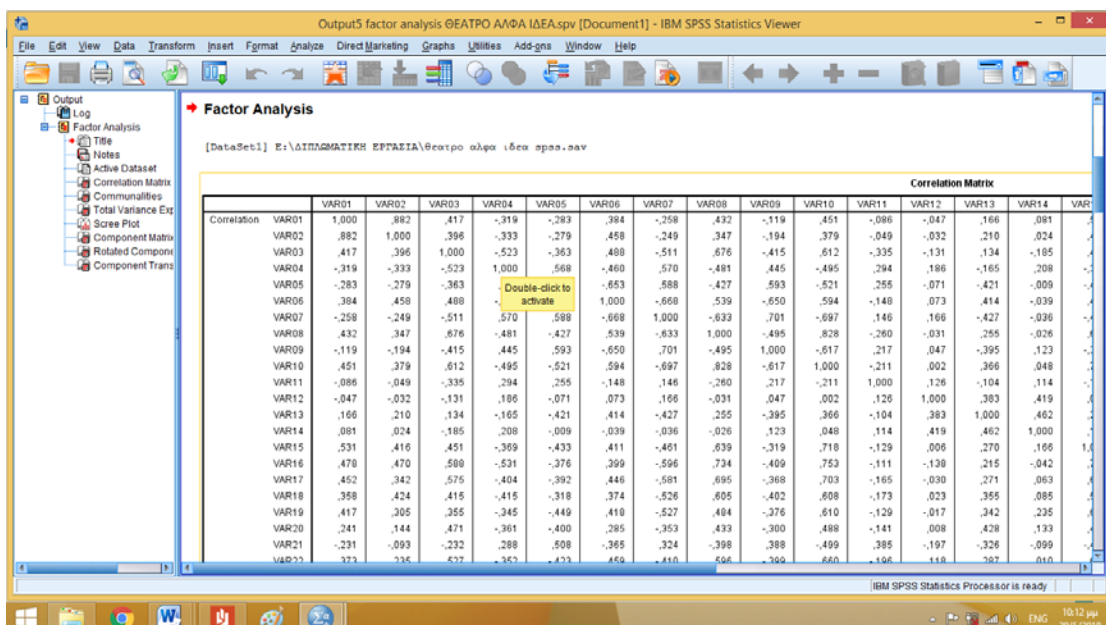
- Βήμα 8

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

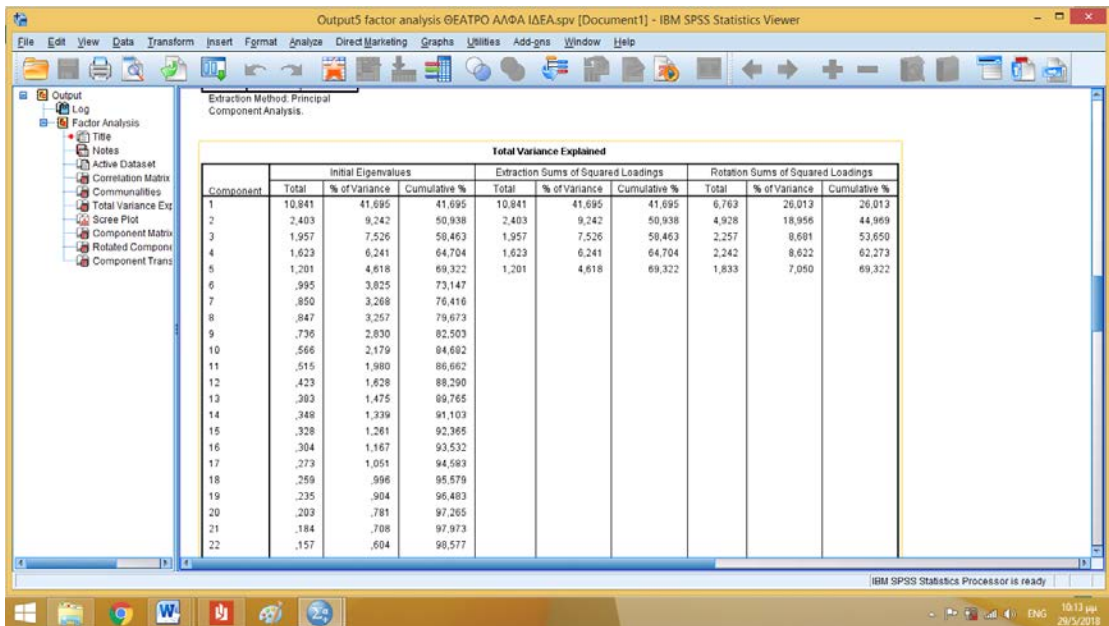


**Εικόνα Ε.9 Options**

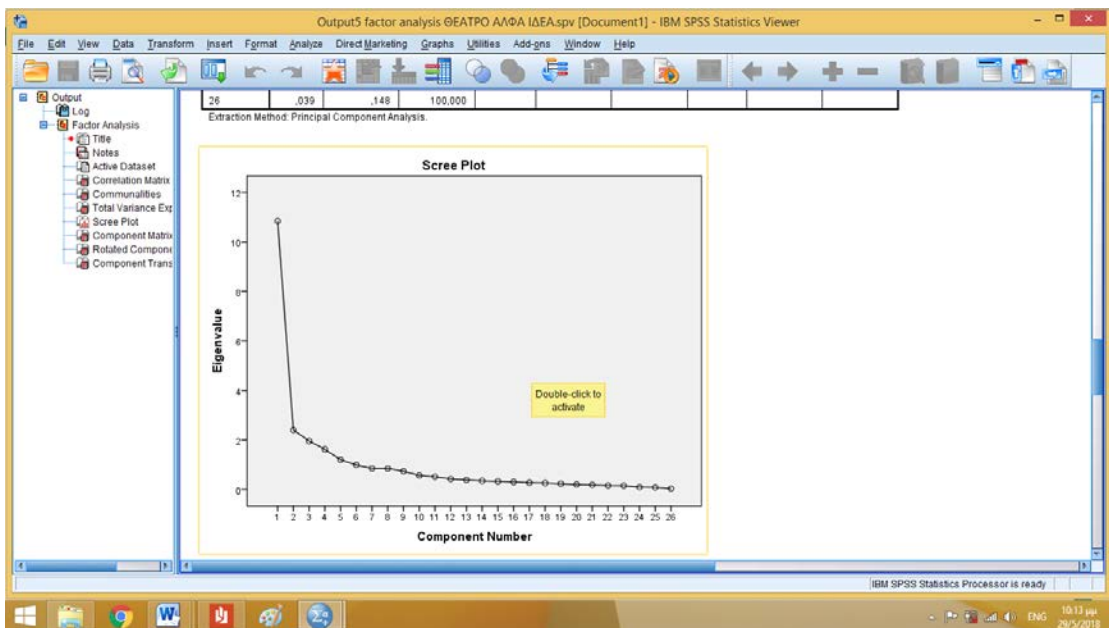
Πατώντας Continue κλείνει αυτό το παράθυρο διαλόγου και στην συνέχεια επιλέγουμε OK . Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.



**Εικόνα Ε.10** Correlation Matrix



**Εικόνα Ε.11** Total Variance Explained



**Εικόνα Ε.12** Scree Plot



Component Matrix<sup>a</sup>

	Component				
	1	2	3	4	5
VAR10	.890	.057	-.009	-.041	.101
VAR08	.835	-.064	-.061	-.006	.094
VAR16	.825	-.267	.075	.106	.215
VAR17	.811	-.150	.166	-.009	.189
VAR15	.802	-.101	.320	-.046	-.023
VAR25	.766	-.063	.071	-.307	-.152
VAR26	-.766	.381	-.112	.016	-.029
VAR07	-.749	-.213	.304	-.053	-.332
VAR22	.744	-.009	.147	-.235	-.113
VAR18	.726	-.099	.173	.049	.219
VAR19	.720	.051	-.260	-.041	.124
VAR03	.684	-.104	-.290	.102	-.015
VAR06	.674	.326	-.284	.237	-.043
VAR24	.641	-.321	.213	-.320	.013
VAR05	-.640	-.398	.292	.009	.142
VAR04	-.626	.032	.429	-.104	.045
VAR09	-.625	-.322	.445	.058	-.160
VAR01	.576	-.159	.237	.575	-.420
VAR20	.544	.216	.024	-.092	.102
VAR21	-.533	-.335	.010	.418	.462
VAR13	.421	.674	-.215	.037	.077
VAR23	-.257	.580	-.243	.293	.088
VAR12	-.039	.666	.473	-.068	-.154

Εικόνα Ε.13 Component Matrix

Extraction Method: Principal Component Analysis.  
a. 5 components extracted.

Rotated Component Matrix<sup>a</sup>

	Component				
	1	2	3	4	5
VAR24	.781	.043	-.003	.063	-.213
VAR26	-.776	-.202	-.256	.172	.081
VAR15	.770	.213	.262	.179	-.142
VAR17	.768	.350	.169	.040	.019
VAR16	.764	.383	.253	-.110	.094
VAR18	.679	.339	.170	.077	.086
VAR25	.669	.276	.069	.049	-.426
VAR10	.659	.565	.156	.098	-.147
VAR22	.651	.267	.103	.136	-.345
VAR19	.649	.319	.136	.242	-.040
VAR08	.636	.511	.181	-.041	-.116
VAR23	-.590	.340	-.002	.261	.154
VAR07	-.393	-.810	-.008	-.003	-.036
VAR09	-.193	-.607	.063	.011	.173
VAR06	.169	.735	.310	.097	-.158
VAR05	-.157	-.685	-.146	-.150	.368
VAR04	-.258	-.603	-.220	.269	.199
VAR03	.372	.542	.314	-.231	-.110
VAR20	.364	.415	.009	.211	-.106
VAR02	.208	.185	.925	.017	.030
VAR01	.340	.098	.085	.061	-.097
VAR14	.066	.074	.024	.876	-.163

Εικόνα Ε.14 Rotated Component Matrix

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

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

καθώς αποτελούνται από διακύμανση σφάλματος που είναι δύσκολο να ερμηνευθεί.

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

## E.2 Ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA – Analysis of Variance)

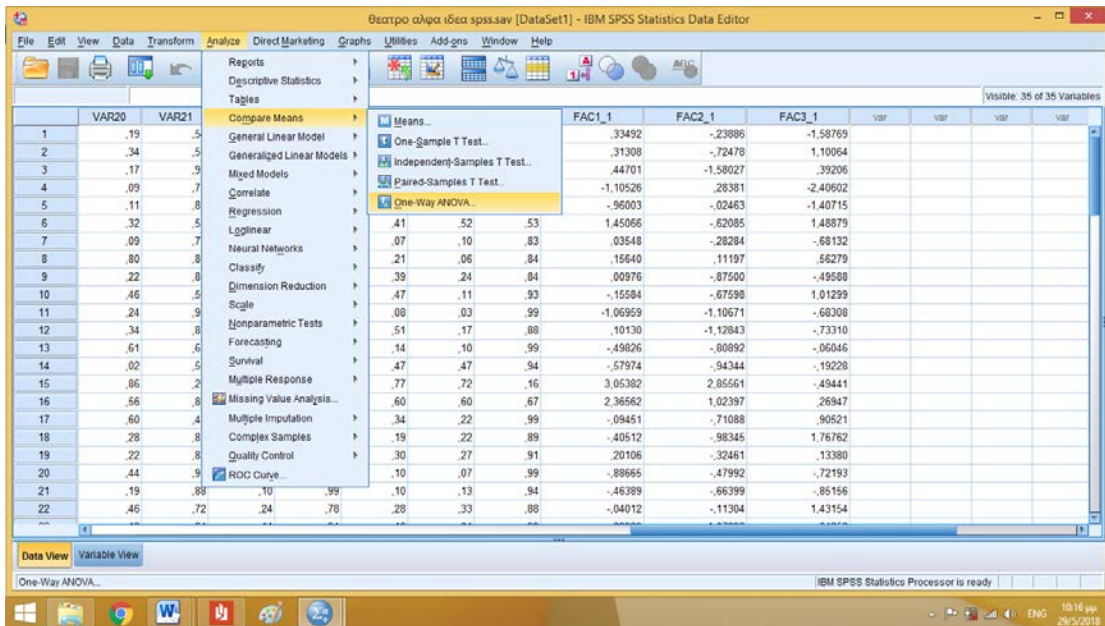
- Βήμα 1

Έχοντας τρέξει την ανάλυση, έχουν εξαχθεί τα factor scores (βρίσκονται δεξιά του τελευταίου παράγοντα, σε μορφή FACX\_1) από τα προηγούμενα βήματα. Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται η επιλογή Analyze, από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Compare means και στην συνέχεια επιλέγουμε one-way ANOVA.

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor window. The main data grid contains the following variables and their values for cases 1 through 22:

	VAR20	VAR21	VAR22	VAR23	VAR24	VAR25	VAR26	FAC1_1	FAC2_1	FAC3_1	var	var	var	var
1	.19	.54	.61	.44	.52	.58	.54	.33492	-.23886	-1.58769				
2	.34	.50	.33	.49	.46	.33	.94	.31308	-.72478	1.10064				
3	.17	.91	.12	.92	.13	.17	.98	.44701	-1.58027	.39206				
4	.09	.73	.10	.82	.08	.12	.97	-1.10526	.28381	-2.40602				
5	.11	.89	.13	.96	.14	.16	.97	-.96003	-.02463	-1.40715				
6	.32	.51	.21	.59	.41	.52	.53	1.45066	-.62085	1.48879				
7	.09	.77	.07	.93	.07	.10	.83	.03548	-.26284	-.68132				
8	.80	.86	.12	.90	.21	.06	.84	1.5640	.11197	.56279				
9	.22	.88	.22	.38	.39	.24	.84	.00976	-.87500	-.49588				
10	.46	.50	.13	.71	.47	.11	.93	-.15584	-.87598	1.01299				
11	.24	.98	.02	.99	.08	.03	.99	-1.06959	-1.10671	-.68308				
12	.34	.81	.11	.64	.51	.17	.88	-.10130	-1.12843	-.73310				
13	.61	.61	.08	.28	.14	.10	.99	-.49826	-.80892	-.06046				
14	.02	.50	.04	.94	.47	.47	.94	-.57974	-.94344	-.19228				
15	.86	.26	.76	.31	.77	.72	.16	3.05382	2.85561	-.49441				
16	.56	.80	.40	.72	.60	.60	.67	2.36562	1.02397	.26947				
17	.60	.48	.40	.79	.34	.22	.99	-.09451	-.71088	.90521				
18	.28	.81	.13	.88	.19	.22	.89	-.40512	-.98345	1.76762				
19	.22	.83	.28	.41	.30	.27	.91	.20106	-.32461	-.13380				
20	.44	.91	.10	.97	.10	.07	.99	-.88665	-.47992	-.72193				
21	.19	.88	.10	.99	.10	.13	.94	-.46389	-.66399	-.85156				
22	.46	.72	.24	.78	.28	.33	.88	-.04012	-.11304	1.43154				

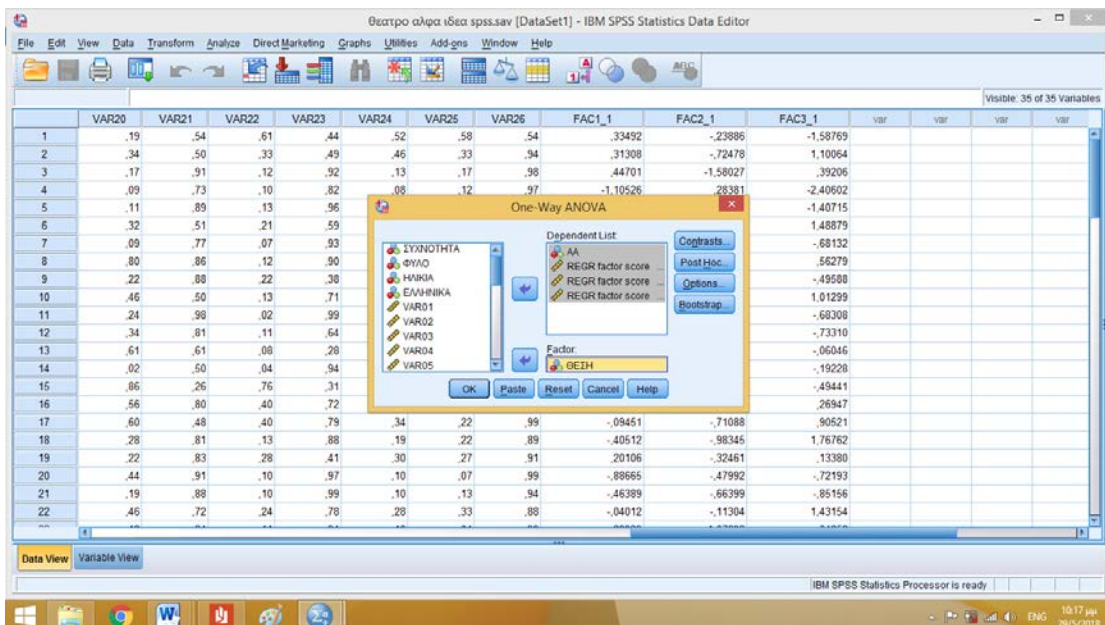
Εικόνα E.15 Factor Scores



Εικόνα E.16 One-Way ANOVA

- Βήμα 2

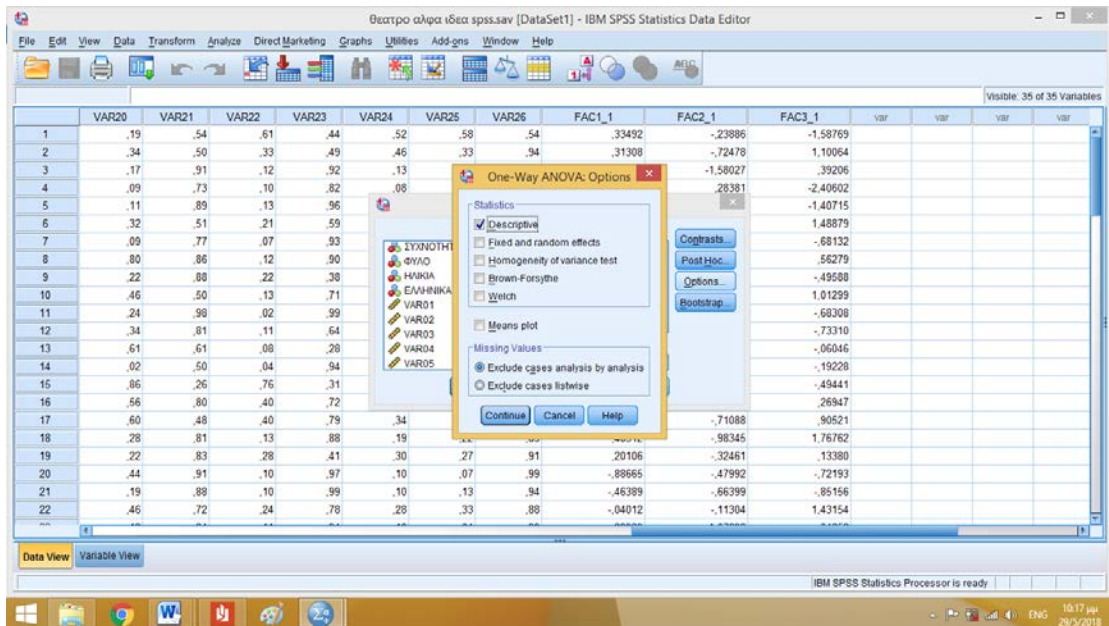
Τώρα έχει ανοίξει το πλαίσιο διαλόγου του One-Way ANOVA. Στην στήλη Dependent list τοποθετούμε όλα τα factor scores (REGR factor score 1 of X), και στην στήλη factor τοποθετούμε την στήλη θέση (δεύτερη στήλη με τον κωδικό θέση που μοιράστηκαν τα ερωτηματολόγια).



## Εικόνα E.17 Dependent list και Factor

- Βήμα 3

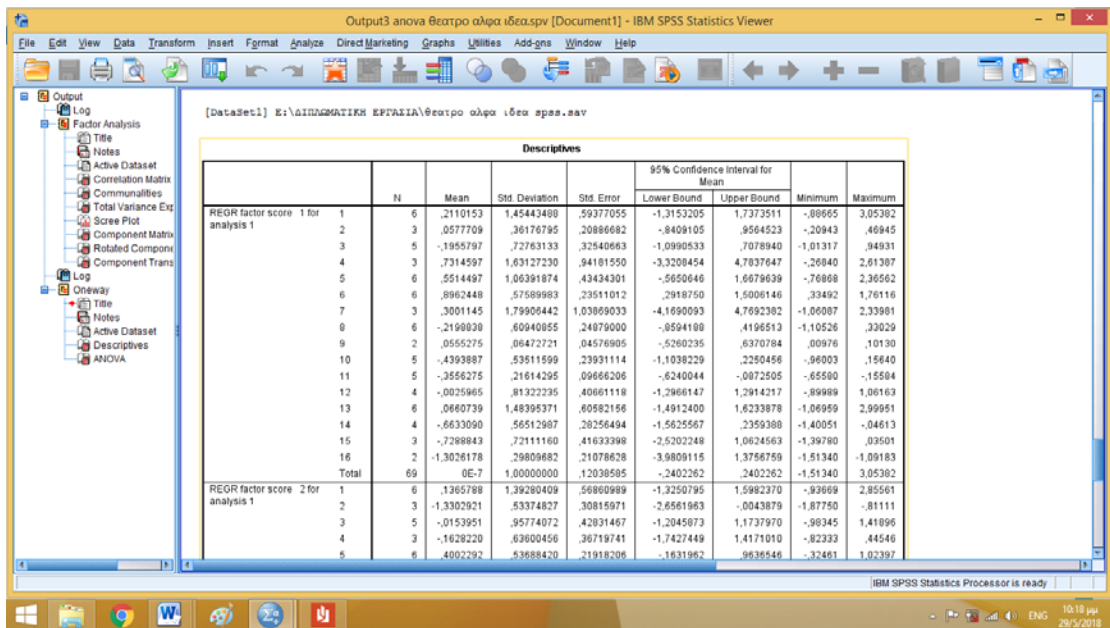
Επιλέγουμε μόνο τα options και στο νέο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε Descriptive.



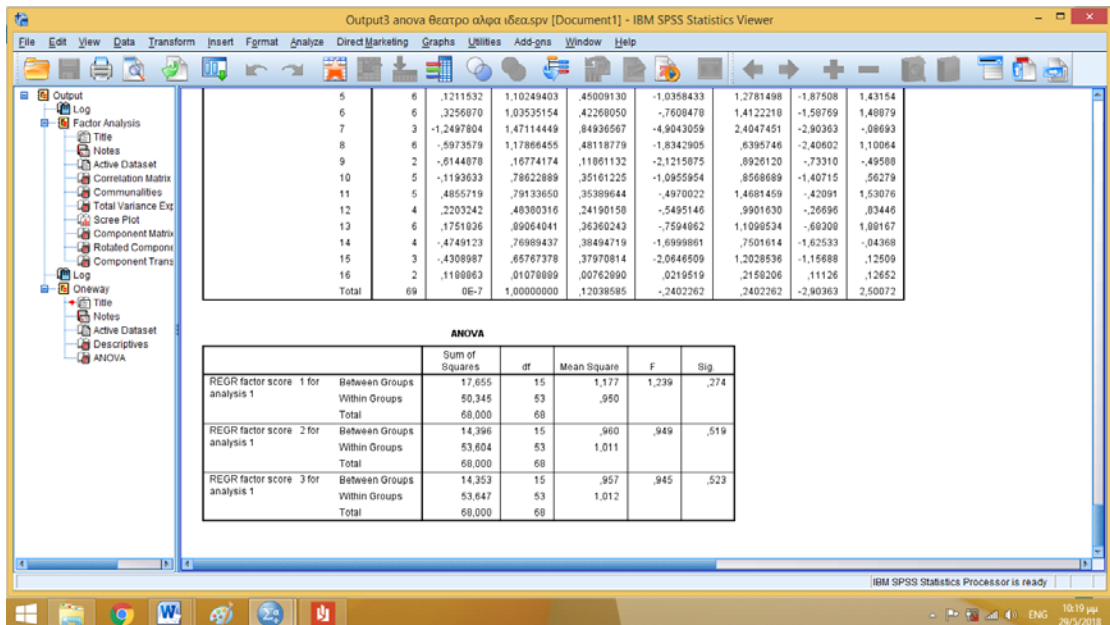
## Εικόνα E.18 Options

- Βήμα 4

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



Εικόνα E.19 Descriptives



Εικόνα E.20 ANOVA

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

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

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SPSS 17.0

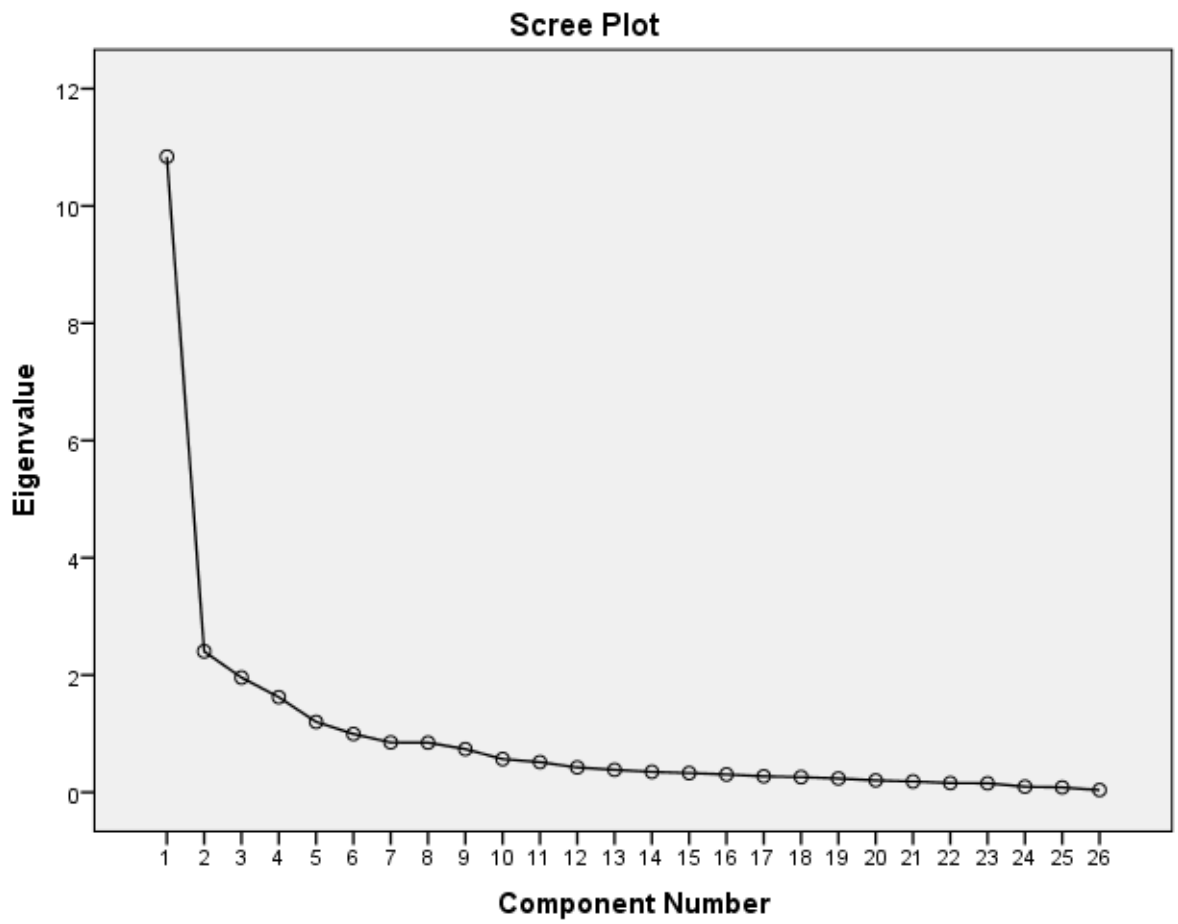
### ΣΤ.1 Θέατρο < Άλφα Ιδέα >

#### 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	10,841	41,695	41,695	10,841	41,695	41,695	7,432	28,586
2	2,403	9,242	50,938	2,403	9,242	50,938	5,502	21,163	49,749
3	1,957	7,526	58,463	1,957	7,526	58,463	2,266	8,715	58,463
4	1,623	6,241	64,704						
5	1,201	4,618	69,322						
6	,995	3,825	73,147						
7	,850	3,268	76,416						
8	,847	3,257	79,673						
9	,736	2,830	82,503						
10	,566	2,179	84,682						
11	,515	1,980	86,662						
12	,423	1,628	88,290						
13	,383	1,475	89,765						
14	,348	1,339	91,103						
15	,328	1,261	92,365						
16	,304	1,167	93,532						
17	,273	1,051	94,583						
18	,259	,996	95,579						
19	,235	,904	96,483						
20	,203	,781	97,265						
21	,184	,708	97,973						
22	,157	,604	98,577						
23	,153	,588	99,164						
24	,095	,367	99,531						
25	,083	,320	99,852						
26	,039	,148	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.





Rotated Component Matrix<sup>a</sup>

	Component		
	1	2	3
Με κακή γενική εντύπωση-Με καλή γενική εντύπωση	-,814	-,231	,170
Γεμάτος-Κενός	,812	,252	,181
Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	,794	,344	-,101
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,771	,331	,046
Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	,736	,117	-,068
Λαμπρός-Σκοτεινός	,687	,298	,084
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,664	,587	,100
Με αμεσότητα-Απόμακρος	,656	,403	,050
Διαυγής-Μπερδεμένος	,651	,529	-,029
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,651	,315	,248
Πλούσιος-Πτωχός	,649	,367	,138
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,624	,136	,067
Με παρουσία θορύβου-Απουσία θορύβου	-,563	,261	,276
Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,510	,181	,028
Εξασθενημένος-Δυνατός	-,146	-,819	-,010
Άψυχος-Ζωντανός	-,193	-,767	-,167
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,354	-,757	-,025
Δυνατός-Αδύναμος	,255	,750	,119
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,309	-,647	,252
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,448	,562	-,216
Απόμακρος-Εγγύς	-,263	-,493	-,289
Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	,340	,424	,220
Τραχύς-Μαλακός	-,093	-,385	,184
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,070	-,140	,824
Οξύς-Μη οξύς	-,067	-,062	,733
Υψηλός χαμηλός	,129	,438	,685

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

# 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	,2110153	1,45443488	,59377055	- 1,3153205	1,7373511	-,88665	3,05382
	2	,0577709	,36176795	,20886682	-,8409105	,9564523	-,20943	,46945
	3	-,1955797	,72763133	,32540663	- 1,0990533	,7078940	-1,01317	,94931
	4	,7314597	1,63127230	,94181550	- 3,3208454	4,7837647	-,26840	2,61387
	5	,5514497	1,06391874	,43434301	-,5650646	1,6679639	-,76868	2,36562
	6	,8962448	,57589983	,23511012	,2918750	1,5006146	,33492	1,76116
	7	,3001145	1,79906442	1,03869033	- 4,1690093	4,7692382	-1,06087	2,33981
	8	-,2198838	,60940855	,24879000	-,8594188	,4196513	-1,10526	,33029
	9	,0555275	,06472721	,04576905	-,5260235	,6370784	,00976	,10130
	10	-,4393887	,53511599	,23931114	- 1,1038229	,2250456	-,96003	,15640
	11	-,3556275	,21614295	,09666206	-,6240044	-,0872505	-,65580	-,15584
	12	-,0025965	,81322235	,40661118	- 1,2966147	1,2914217	-,89989	1,06163
	13	,0660739	1,48395371	,60582156	- 1,4912400	1,6233878	-1,06959	2,99951
	14	-,6633090	,56512987	,28256494	- 1,5625567	,2359388	-1,40051	-,04613
	15	-,7288843	,72111160	,41633398	- 2,5202248	1,0624563	-1,39780	,03501
	16	- 1,3026178	,29809682	,21078628	- 3,9809115	1,3756759	-1,51340	-1,09183
Total	69	0E-7	1,00000000	,12038585	-,2402262	,2402262	-1,51340	3,05382
REGR factor score 2 for analysis 1	1	,1365788	1,39280409	,56860989	- 1,3250795	1,5982370	-,93669	2,85561
	2	- 1,3302921	,53374827	,30815971	- 2,6561963	-,0043879	-1,87750	-,81111
	3	-,0153951	,95774072	,42831467	- 1,2045873	1,1737970	-,98345	1,41896

	4	3	-,1628220	,63600456	,36719741	-	1,4171010	-,82333	,44546
						1,7427449			
	5	6	,4002292	,53688420	,21918206	-,1631962	,9636546	-,32461	1,02397
	6	6	,1160167	1,15584306	,47187095	-	1,3289996	-1,58027	1,49980
						1,0969662			
	7	3	,1921594	,38021328	,21951624	-,7523427	1,1366616	-,17025	,58797
	8	6	,1282043	1,06493885	,43475947	-,9893805	1,2457891	-,72478	2,17803
	9	2	-	,17920261	,12671538	-	,6083533	-1,12843	-,87500
			1,0017183			2,6117899			
	10	5	-,0841443	1,17340432	,52476237	-	1,3728296	-1,15814	1,73522
						1,5411182			
	11	5	-,1728058	,96188327	,43016728	-	1,0215300	-,96748	1,31448
						1,3671416			
	12	4	,5096149	1,12268120	,56134060	-	2,2960512	-1,07693	1,35718
						1,2768214			
	13	6	-,5589558	1,34654298	,54972387	-	,8541544	-2,13009	1,10168
						1,9720660			
	14	4	,6940783	,58745828	,29372914	-,2406989	1,6288555	-,10837	1,17313
	15	3	,0049765	,90727826	,52381735	-	2,2587806	-,97874	,80889
						2,2488277			
	16	2	,5529426	,07880665	,05572472	-,1551071	1,2609922	,49722	,60867
Total	69		0E-7	1,00000000	,12038585	-,2402262	,2402262	-2,13009	2,85561
1	6		-,0207680	,81131569	,33121824	-,8721916	,8306556	-,97536	,90521
2	3		,3840838	2,12109496	1,22461474	-	5,6531758	-1,74144	2,50072
						4,8850081			
3	5		,6873551	1,22679543	,54863959	-,8359126	2,2106229	-,85156	1,89143
4	3		,2027116	,39245459	,22658376	-,7721997	1,1776228	-,21274	,56719
5	6		,1211532	1,10249403	,45009130	-	1,2781498	-1,87508	1,43154
						1,0358433			
6	6		,3256870	1,03535154	,42268050	-,7608478	1,4122218	-1,58769	1,48879
REGR	7	3	-	1,47114449	,84936567	-	2,4047451	-2,90363	-,08693
factor score			1,2497804			4,9043059			
3 for	8	6	-,5973579	1,17866455	,48118779	-	,6395746	-2,40602	1,10064
analysis 1						1,8342905			
9	2		-,6144878	,16774174	,11861132	-	,8926120	-,73310	-,49588
						2,1215875			
10	5		-,1193633	,78622889	,35161225	-	,8568689	-1,40715	,56279
						1,0955954			
11	5		,4855719	,79133650	,35389644	-,4970022	1,4681459	-,42091	1,53076
12	4		,2203242	,48380316	,24190158	-,5495146	,9901630	-,26696	,83446
13	6		,1751836	,89064041	,36360243	-,7594862	1,1098534	-,68308	1,88167
14	4		-,4749123	,76989437	,38494719	-	,7501614	-1,62533	-,04368
						1,6999861			

15	3	-,4308987	,65767378	,37970814	-	1,2028536	-1,15688	,12509
					2,0646509			
16	2	,1188863	,01078889	,00762890	,0219519	,2158206	,11126	,12652
Total	69	0E-7	1,00000000	,12038585	-,2402262	,2402262	-2,90363	2,50072

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	17,655	15	1,177	1,239	,274
	Within Groups	50,345	53	,950		
	Total	68,000	68			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	14,396	15	,960	,949	,519
	Within Groups	53,604	53	1,011		
	Total	68,000	68			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	14,353	15	,957	,945	,523
	Within Groups	53,647	53	1,012		
	Total	68,000	68			

## ΣΤ.2 Θέατρο <Στοά>

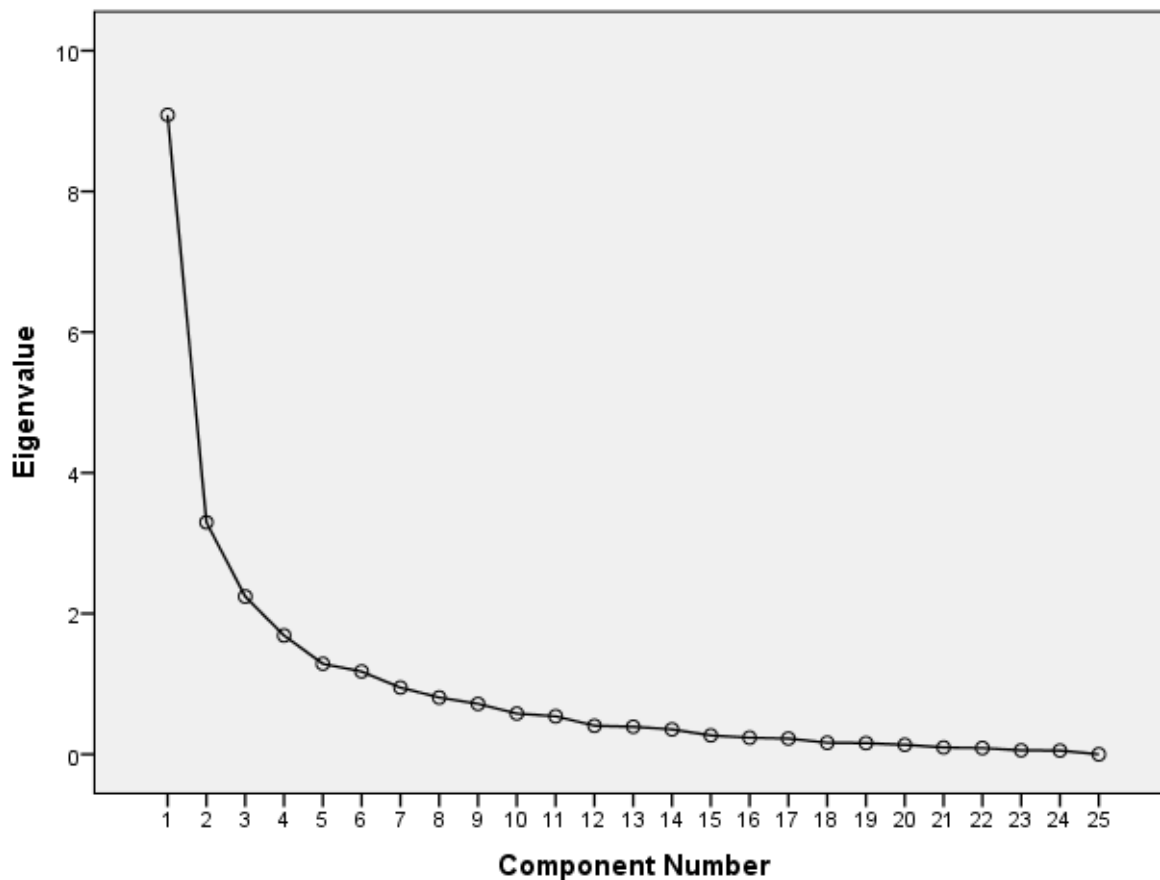
### Factor Analysis

#### 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	9,087	36,347	36,347	9,087	36,347	36,347	6,398	25,592	25,592
2	3,298	13,192	49,539	3,298	13,192	49,539	4,861	19,445	45,038
3	2,242	8,968	58,507	2,242	8,968	58,507	3,367	13,470	58,507
4	1,689	6,756	65,263						
5	1,286	5,145	70,408						
6	1,177	4,707	75,114						
7	,948	3,790	78,904						
8	,806	3,225	82,129						
9	,717	2,868	84,997						
10	,578	2,313	87,310						
11	,540	2,160	89,470						
12	,406	1,625	91,095						
13	,392	1,569	92,664						
14	,354	1,416	94,080						
15	,268	1,073	95,153						
16	,236	,944	96,096						
17	,223	,893	96,989						
18	,164	,655	97,644						
19	,159	,636	98,280						
20	,134	,537	98,817						
21	,096	,386	99,203						
22	,089	,357	99,560						
23	,057	,227	99,787						
24	,053	,213	100,000						
25	4,386E-017	1,755E-016	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

**Scree Plot**



**Rotated Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component		
	1	2	3
Άψυχος-Ζωντανός	-,819	-,133	,034
Πλούσιος-Πτωχός	,784	,385	,105
Εξασθενημένος-Δυνατός	-,782	-,043	,144
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,780	-,089	,238
Απόμακρος-Εγγύς	-,753	-,131	,129
Δυνατός-Αδύναμος	,715	,370	,082
Προτιμητέος=Μη προτιμητέος	,685	,516	,144
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,669	,388	,058
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,574	,309	,114
Με αμεσότητα-Απόμακρος	,552	,216	,195
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,545	-,361	,457
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,187	,899	-,062
Λμπρός-Σκοτεινός	,187	,899	-,062

Γεμάτος-Κενός	,393	,711	-,166
Διαυγής-Μπερδεμένος	,216	,703	-,054
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,148	,679	-,046
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,265	,651	-,082
Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	,270	,276	,244
Οξύς-Μη οξύς	,033	-,001	,819
Τραχύς-Μαλακός	-,026	,012	,739
Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	-,252	-,068	,730
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,170	-,116	,634
Με κακή γενική εντύπωση-Με καλή γενική εντύπωση	-,531	-,210	,554
Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	,024	,440	-,481
Υψηλός-Χαμηλός	,390	,102	,417

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

## ONE WAY ANOVA

### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	4	,1375136	,80686433	,40343216	-	1,4214148	-,50916	1,28566
2	9	-,1422081	,46827063	,15609021	-,5021528	,2177365	-,79028	,39596
3	8	-,0304793	,77935484	,27554355	-,6820363	,6210776	-1,29920	1,31584
4	6	,3264835	1,21969916	,49794010	-,9535123	1,6064793	-1,01824	2,32334
5	2	-,1551486	,81020331	,57290025	-	7,1242393	-,72805	,41775
6	1	-,0646710	.	.	.	.	-,06467	-,06467
7	3	1,8243323	2,27093622	1,31112564	-	7,4656506	,22932	4,42436

	8	6	-,5056297	,64579848	,26364613	-	,1720942	-1,23078	,66904
						1,1833537			
	9	6	-,2888614	,70430934	,28753308	-	,4502659	-1,15912	,76248
						1,0279887			
	10	3	,2829458	1,58283935	,91385273	-	4,2149367	-,64579	2,11057
						3,6490451			
	11	3	-,0986128	,57698451	,33312216	-	1,3346962	-,69403	,45798
						1,5319217			
	12	3	-,0678014	1,36464585	,78787865	-	3,3221668	-,97382	1,50172
						3,4577696			
	13	2	-,8329625	,13531154	,09567971	-	,3827635	-,92864	-,73728
						2,0486884			
	Total	56	0E-7	1,00000000	,13363062	-,2678017	,2678017	-1,29920	4,42436
	1	4	,6204948	,81000325	,40500163	-,6684011	1,9093908	-,21818	1,61667
	2	9	,0519086	,85013504	,28337835	-,6015631	,7053802	-1,06089	1,50749
	3	8	,0899632	,95699360	,33834833	-,7101035	,8900299	-1,12327	1,59853
	4	6	,2621761	1,46916778	,59978524	-	1,8039732	-1,91195	2,00340
						1,2796209			
	5	2	-,8690056	,05530322	,03910528	-	-,3721259	-,90811	-,82990
						1,3658853			
	6	1	-	.	.	.	.	-1,14068	-1,14068
			1,1406823						
REGR factor	7	3	-,6387852	1,52122593	,87828020	-	3,1401495	-2,11544	,92340
score 2 for									
analysis 1	8	6	-,1426527	,76956985	,31417557	-,9502667	,6649613	-1,06779	1,01490
	9	6	,2815755	,82295840	,33597136	-,5820664	1,1452174	-,39422	1,76117
	10	3	,7905912	1,81053136	1,04531077	-	5,2882004	-,68144	2,81225
						3,7070180			
	11	3	-,5230794	,93807080	,54159543	-	1,8072176	-1,23348	,54027
						2,8533764			
	12	3	-,3182804	,26174709	,15111975	-,9684962	,3319355	-,59145	-,06969
	13	2	-,5640505	,55120015	,38975736	-	4,3882863	-,95381	-,17429
						5,5163873			
	Total	56	0E-7	1,00000000	,13363062	-,2678017	,2678017	-2,11544	2,81225
	1	4	-,1510500	,44381559	,22190780	-,8572596	,5551596	-,81131	,11107
	2	9	,2280458	,86667473	,28889158	-,4381394	,8942310	-1,15040	1,55185
	3	8	-,2928140	,79175106	,27992627	-,9547345	,3691064	-1,96916	,52081
REGR factor	4	6	-,4564793	1,71090045	,69847219	-	1,3390007	-3,79210	,83171
score 3 for									
analysis 1	5	2	-,4288610	,30243573	,21385436	-	2,2884162	-,64272	-,21501
						3,1461382			
	6	1	1,4176279	.	.	.	.	1,41763	1,41763
	7	3	,8628846	1,76105987	1,01674839	-	5,2375999	-,97410	2,53666
						3,5118306			



8	6	-,3737849	,92351825	,37702475	-	,5953881	-1,59414	1,19110
9	6	-,1073177	,72869296	,29748765	1,3429578	,6573987	-1,47173	,62403
10	3	,0208474	,13724808	,07924021	-,8720340	,3617905	-,12205	,15164
11	3	-,4945311	,83447225	,48178278	-,3200957	1,5784129	-1,45514	,05115
12	3	,8820580	,44705137	,25810523	2,5674751	1,9925952	,37159	1,20379
13	2	1,0730540	,97285809	,68791455	-,2284791	9,8138372	,38514	1,76097
Total	56	0E-7	1,00000000	,13363062	7,6677291	,2678017	-3,79210	2,53666

#### ANOVA

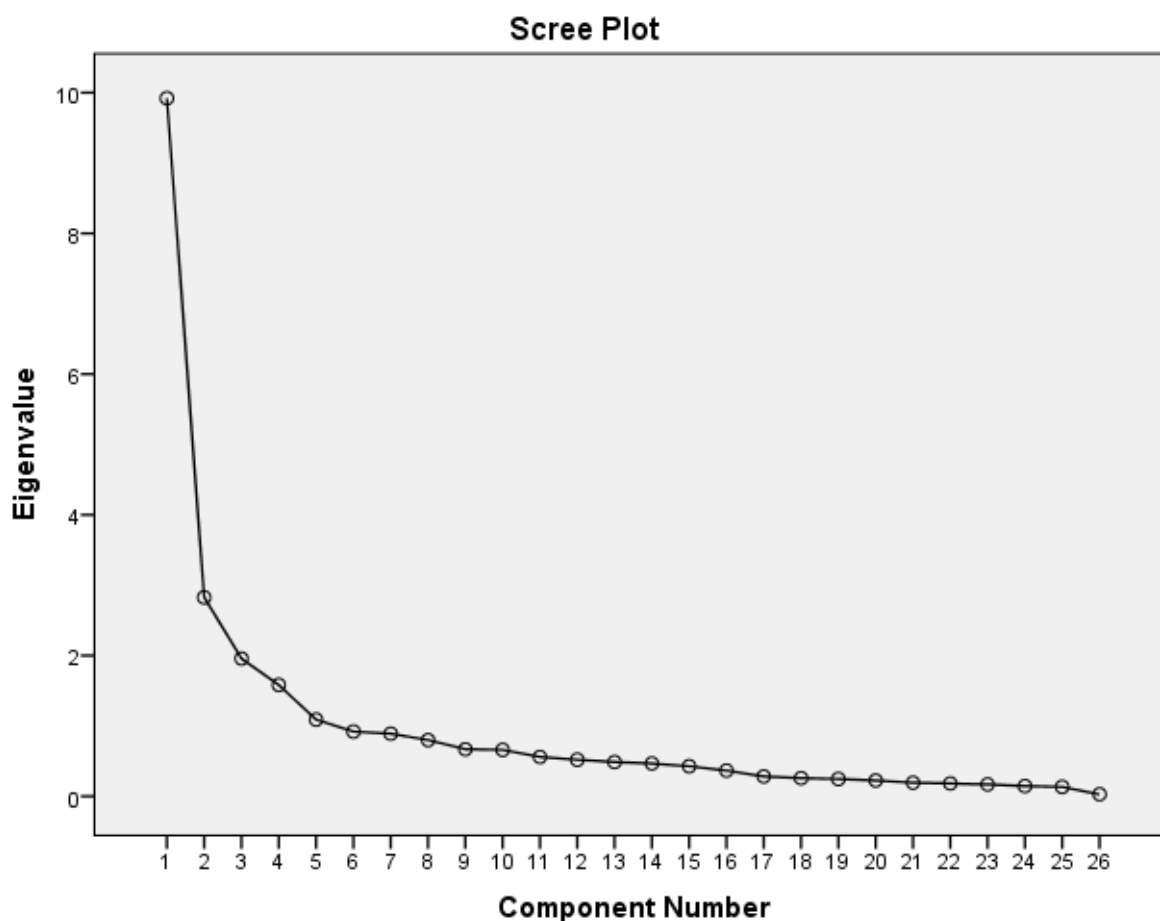
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	14,647	12	1,221	1,301	,253
	Within Groups	40,353	43	,938		
	Total	55,000	55			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	10,311	12	,859	,827	,623
	Within Groups	44,689	43	1,039		
	Total	55,000	55			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	13,386	12	1,116	1,153	,346
	Within Groups	41,614	43	,968		
	Total	55,000	55			

### ΣΤ3 Θέατρο Άλφα Ιδέα και θέατρο Στοά ταυτόχρονα 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	9,921	38,159	38,159	9,921	38,159	38,159	6,118	23,531
2	2,827	10,872	49,031	2,827	10,872	49,031	5,773	22,202	45,733
3	1,957	7,528	56,559	1,957	7,528	56,559	2,815	10,825	56,559
4	1,583	6,087	62,646						
5	1,090	4,192	66,838						
6	,920	3,538	70,375						
7	,890	3,422	73,797						
8	,799	3,074	76,871						
9	,669	2,574	79,445						
10	,660	2,539	81,984						
11	,560	2,152	84,136						
12	,519	1,998	86,134						
13	,487	1,873	88,007						
14	,466	1,792	89,799						
15	,427	1,643	91,443						
16	,365	1,405	92,848						
17	,282	1,085	93,932						
18	,258	,991	94,923						
19	,246	,945	95,868						
20	,224	,862	96,730						
21	,193	,743	97,473						
22	,182	,701	98,174						
23	,169	,650	98,824						
24	,145	,557	99,381						
25	,133	,511	99,892						
26	,028	,108	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



**Rotated Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component		
	1	2	3
Εξασθενημένος-Δυνατός	-,820	-,044	,033
Αψυχος-Ζωντανός	-,799	-,151	-,027
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,780	-,201	,101
Δυνατός-Αδύναμος	,717	,315	,186
Απόμακρος-Εγγύς	-,690	-,133	,093
Πλούσιος-Πτωχός	,673	,435	,015
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,585	,446	,000

Με αμεσότητα-Απόμακρος	,540	,354	-,135
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,502	-,375	,336
Υψηλής αντίληψης-Ξηρός	,371	,281	,143
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,030	,836	,076
Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,016	,810	,100
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,310	,751	-,158
Λαμπρός-Σκοτεινός	,275	,730	-,126
Γεμάτος-Κενός	,411	,691	-,131
Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	,554	,619	-,033
Διαυγής-Μπερδεμένος	,402	,618	-,123
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,472	,603	-,058
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,432	,512	,108
Με κακή γενική εντύπωση-Με καλή γενική εντύπωση	-,429	-,493	,399
Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	,178	,472	-,434
Οξύς-Μη οξύς	,055	,036	,795
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,143	,011	,730
Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	-,057	-,236	,607
Τραχύς-Μαλακός	-,214	,038	,579
Υψηλός-Χαμηλός	,473	,123	,537

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

## 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			69
analysis 1	2	56	,1728720	1,13564694	,15175721	-,1312562	,4770002	-2,14392	4,86764

	Total	125	0E-7	1,00000000	,08944272	-	,1770322	-2,23957	4,86764
REGR factor score 2 for analysis 1	1	69	-,0171319	,94451679	,11370646	-,2440296	,2097658	-1,53032	2,99118
	2	56	,0211089	1,07272958	,14334952	-,2661700	,3083878	-2,00181	2,95194
	Total	125	0E-7	1,00000000	,08944272	-	,1770322	-2,00181	2,99118
REGR factor score 3 for analysis 1	1	69	-,3298757	,80034560	,09635029	-,5221397	,1376117	-2,48169	1,38769
	2	56	,4064540	1,07604051	,14379196	,1182885	,6946196	-3,02094	2,68471
	Total	125	0E-7	1,00000000	,08944272	-	,1770322	-3,02094	2,68471

#### ANOVA

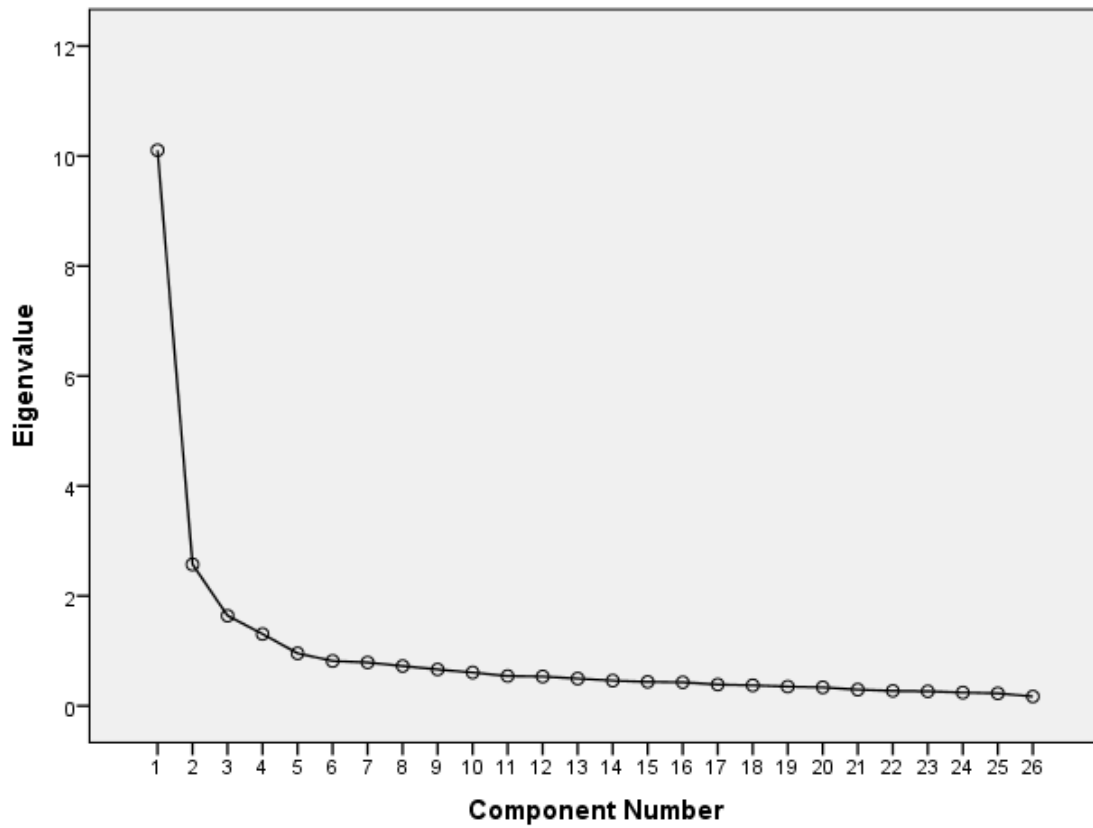
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	3,032	1	3,032	3,083	,082
	Within Groups	120,968	123	,983		
	Total	124,000	124			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	,045	1	,045	,045	,833
	Within Groups	123,955	123	1,008		
	Total	124,000	124			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	16,760	1	16,760	19,223	,000
	Within Groups	107,240	123	,872		
	Total	124,000	124			

## ΣΤ4 Επτά θέατρα μαζί

### Factor Analysis

Component	Total Variance Explained								
	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	10,106	38,868	38,868	10,106	38,868	38,868	7,709	29,649	29,649
2	2,572	9,891	48,759	2,572	9,891	48,759	4,04	15,54	45,188
3	1,64	6,307	55,066	1,64	6,307	55,066	2,568	9,878	55,066
4	1,306	5,022	60,088						
5	0,955	3,674	63,763						
6	0,817	3,141	66,904						
7	0,791	3,041	69,945						
8	0,725	2,787	72,732						
9	0,662	2,546	75,277						
10	0,607	2,334	77,611						
11	0,543	2,088	79,699						
12	0,534	2,053	81,752						
13	0,497	1,911	83,663						
14	0,459	1,765	85,429						
15	0,437	1,68	87,109						
16	0,43	1,653	88,762						
17	0,388	1,491	90,253						
18	0,374	1,438	91,691						
19	0,35	1,346	93,037						
20	0,337	1,295	94,332						
21	0,295	1,134	95,466						
22	0,274	1,054	96,519						
23	0,264	1,014	97,533						
24	0,242	0,931	98,464						
25	0,228	0,878	99,343						
26	0,171	0,657	100						

**Scree Plot**



**Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component		
	1	2	3
VAR22	0,802	0,025	-0,241
VAR15	0,78	-0,033	-0,079
VAR10	0,769	-0,035	0,158
VAR16	0,759	-0,157	-0,035
VAR17	0,759	-0,102	-0,168
VAR19	0,737	0,046	-0,299
VAR26	-0,713	0,267	-0,023
VAR03	0,706	0,149	0,389
VAR05	-0,702	-0,107	0,016
VAR08	0,694	-0,119	0,163
VAR06	0,688	0,294	0,139
VAR07	-0,683	0,068	0,1
VAR18	0,656	-0,164	-0,148
VAR09	-0,656	-0,132	0,117
VAR04	-0,653	0,069	-0,214
VAR21	-0,627	-0,024	0,192
VAR25	0,627	-0,059	-0,25
VAR20	0,576	0,202	-0,326
VAR13	0,542	0,537	-0,133
VAR12	0,104	0,727	-0,021
VAR14	0,296	0,65	-0,047
VAR11	-0,11	0,62	0,141
VAR23	-0,234	0,577	0,01
VAR24	0,344	-0,514	-0,185
VAR02	0,575	-0,066	0,66
VAR01	0,577	-0,067	0,653

**Rotated Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component		
	1	2	3
VAR22	0,808	0,222	0,003
VAR19	0,785	0,138	0,022
VAR17	0,728	0,267	-0,118
VAR15	0,701	0,35	-0,044
VAR20	0,669	0,021	0,176
VAR25	0,661	0,125	-0,079
VAR16	0,655	0,383	-0,164
VAR21	-0,634	-0,17	-0,006
VAR07	-0,628	-0,282	0,08
VAR18	0,628	0,232	-0,178
VAR09	-0,623	-0,243	-0,119
VAR05	-0,607	-0,355	-0,101
VAR26	-0,581	-0,413	0,27
VAR10	0,566	0,544	-0,03
VAR13	0,552	0,149	0,523
VAR06	0,521	0,469	0,297
VAR02	0,134	0,867	-0,028
VAR01	0,139	0,863	-0,029
VAR03	0,397	0,697	0,169
VAR04	-0,436	-0,531	0,06
VAR08	0,496	0,512	-0,113
VAR12	0,129	0,001	0,723
VAR14	0,302	0,085	0,643
VAR11	-0,143	0,029	0,629
VAR23	-0,18	-0,145	0,578
VAR24	0,368	0,053	-0,527

### Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	0,847	0,532	-0,008
2	0,041	-0,05	0,998
3	-0,531	0,845	0,064

### Oneway ANOVA

		Descriptives				95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 1	1	69	-0,2464	0,93411	0,112454	-0,47079	-0,022	-2,34855	2,5473
	2	56	-0,10559	0,973072	0,130032	-0,36618	0,155002	-2,75525	3,03808
	3	41	-0,03779	0,955638	0,149246	-0,33943	0,263842	-2,02439	1,56664
	4	61	-0,27851	0,810315	0,10375	-0,48604	-0,07098	-2,34695	1,64574
	5	52	-0,21322	0,966886	0,134083	-0,4824	0,055961	-2,19643	2,24526
	6	66	0,353447	1,182904	0,145605	0,062653	0,644241	-1,99197	4,00228
	7	91	0,321024	0,939505	0,098487	0,125363	0,516685	-1,84904	2,89973
	Total	436	0	1	0,047891	-0,09413	0,094127	-2,75525	4,00228
REGR factor score 2 for analysis 1	1	69	-0,23502	0,817851	0,098458	-0,43149	-0,03855	-1,70037	2,42432
	2	56	-0,04108	1,186887	0,158604	-0,35893	0,276767	-1,59299	3,06472
	3	41	0,313225	1,010388	0,157796	-0,00569	0,632143	-1,33525	2,59993
	4	61	-0,03872	0,968821	0,124045	-0,28685	0,209403	-1,30228	3,3028
	5	52	0,076556	1,236426	0,171461	-0,26767	0,420779	-1,81803	2,93858
	6	66	0,173745	0,932717	0,11481	-0,05555	0,403035	-1,62827	2,84905
	7	91	-0,08144	0,878455	0,092087	-0,26439	0,101504	-1,53714	2,6241
	Total	436	0	1	0,047891	-0,09413	0,094127	-1,81803	3,3028
REGR factor score 3 for analysis 1	1	69	0,085274	0,852243	0,102598	-0,11946	0,290005	-2,45157	1,71387
	2	56	0,854107	1,08335	0,144769	0,563984	1,14423	-1,64209	3,68645
	3	41	-0,01113	0,809363	0,126401	-0,26659	0,24434	-3,08048	2,05802
	4	61	-0,63265	0,887638	0,11365	-0,85999	-0,40532	-3,10921	1,13732
	5	52	-0,126	1,043702	0,144735	-0,41656	0,164572	-1,94982	2,64232
	6	66	-0,36216	0,85563	0,105321	-0,5725	-0,15182	-2,67672	1,25294
	7	91	0,173497	0,859239	0,090073	-0,00545	0,352442	-1,44994	2,88728
	Total	436	0	1	0,047891	-0,09413	0,094127	-3,10921	3,68645

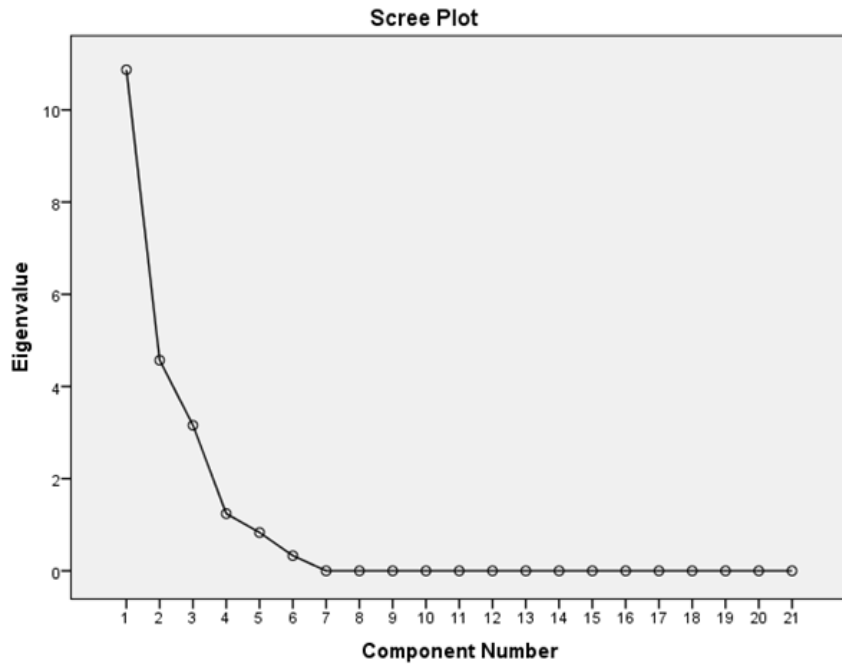


**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	29,591	6	4,932	5,219	0
	Within Groups	405,409	429	0,945		
	Total	435	435			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	10,92	6	1,82	1,841	0,09
	Within Groups	424,08	429	0,989		
	Total	435	435			
REGR factor score 3 for analysis 1	Between Groups	77,995	6	12,999	15,621	0
	Within Groups	357,005	429	0,832		
	Total	435	435			

**Principal Component Analysis –Omnidirectional Source**

Component	Total Variance Explained								
	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		Extraction Sums of Cumulative %	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance		Total	% of Variance	Cumulative %
1	10,873	51,776	51,776	10,873	51,776	51,776	8,986	42,791	42,791
2	4,569	21,756	73,533	4,569	21,756	73,533	4,825	22,974	65,765
3	3,157	15,032	88,565	3,157	15,032	88,565	4,788	22,8	88,565
4	1,241	5,907	94,472						
5	0,831	3,958	98,43						
6	0,33	1,57	100						
7	1,24E-15	5,89E-15	100						
8	6,70E-16	3,19E-15	100						
9	6,27E-16	2,99E-15	100						
10	4,80E-16	2,29E-15	100						
11	3,09E-16	1,47E-15	100						
12	1,61E-16	7,67E-16	100						
13	1,34E-16	6,37E-16	100						
14	1,14E-16	5,41E-16	100						
15	9,29E-18	4,42E-17	100						
16	-1,52E-17	-7,24E-17	100						
17	-2,06E-16	-9,82E-16	100						
18	-2,59E-16	-1,23E-15	100						
19	-4,17E-16	-1,99E-15	100						
20	-4,46E-16	-2,12E-15	100						
21	-7,56E-16	-3,60E-15	100						



**Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component		
	1	2	3
C80mid	0,978	0,139	-0,001
D50mid	0,961	0,198	-0,071
C80high	0,949	0,094	-0,253
D50high	0,93	0,144	-0,296
RThighTOmid	0,912	-0,244	-0,181
EDTmid	-0,867	0,27	-0,035
RTmid	-0,845	0,32	-0,408
Glow	-0,831	-0,387	0,308
Ghigh	-0,806	-0,464	0,286
D50low	0,783	0,164	0,22
Gmid	-0,741	-0,466	0,355
C80low	0,734	0,067	0,508
S	0,692	0,262	0,563
Vthesis	-0,658	0,598	0,427
Laeq	-0,057	-0,822	0,015
RTlowTOmid	0,282	0,802	0,427
RTlow	-0,585	0,778	-0,054
V	-0,261	0,776	0,552
EDThigh	-0,53	0,532	-0,019
RThigh	-0,43	0,175	-0,813
EDTlow	-0,142	0,605	-0,734

**Rotated Component Matrix<sup>a</sup>**

	Component		
	1	2	3
Glow	-0,966	-0,036	-0,033
Ghigh	-0,965	-0,12	-0,027
D50high	0,955	-0,206	0,135
C80high	0,937	-0,242	0,191
Gmid	-0,935	-0,116	0,063
D50mid	0,92	-0,09	0,335
C80mid	0,888	-0,124	0,415
RThighTOmid	0,754	-0,515	0,302
D50low	0,651	0,022	0,515
EDTmid	-0,627	0,455	-0,475
V	-0,133	0,955	0,214
Vthesis	-0,494	0,853	-0,04
RTlow	-0,19	0,837	-0,461
RTlowTOmid	0,386	0,798	0,345
Laeq	-0,362	-0,727	0,145
EDThigh	-0,248	0,612	-0,358
RThigh	-0,008	-0,002	-0,936
EDTlow	0,37	0,341	-0,819
RTmid	-0,455	0,371	-0,799
C80low	0,468	0,042	0,762
S	0,485	0,249	0,753

### Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	0,854	-0,256	0,452
2	0,373	0,908	-0,192
3	-0,362	0,333	0,871

## Regression

Model		Model Summary			
		R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1		,036 <sup>a</sup>	0,001	-0,198	0,2890121

Model		ANOVA <sup>a</sup>				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,001	1	0,001	0,006	,939 <sup>b</sup>
	Residual	0,418	5	0,084		
	Total	0,418	6			

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	-0,03	0,109		-0,271	0,797
	REGR factor score 1 for analysis 4	-0,009	0,118	-0,036	-0,08	0,939

**F1-PC2**

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,803 <sup>a</sup>	0,645	0,574	0,1724048

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,27	1	0,27	9,069	<b>,030<sup>b</sup></b>
	Residual	0,149	5	0,03		
	Total	0,418	6			

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	-0,03	0,065		-0,454	0,669
	REGR factor score 2 for analysis 4	0,212	0,07	0,803	3,011	0,03

**F1-PC3**

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,479 <sup>a</sup>	0,23	0,075	0,2538462

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,096	1	0,096	1,49	,277 <sup>b</sup>
	Residual	0,322	5	0,064		
	Total	0,418	6			

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
	(Constant)	-0,03	0,096		-0,308	0,77
1	REGR factor score 3 for analysis 4	0,126	0,104	0,479	1,221	0,277

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,595 <sup>a</sup>	0,355	0,225	0,4119049

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
	(Constant)	-0,003	0,156		-0,017	0,987
1	REGR factor score 1 for analysis 4	0,279	0,168	0,595	1,657	0,158

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Regression	0,466	1	0,466	2,746	,158 <sup>b</sup>
1	Residual	0,848	5	0,17		
	Total	1,314	6			

### F3-PC2

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,191 <sup>a</sup>	0,036	-0,156	0,5032938

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Regression	0,048	1	0,048	0,188	,682 <sup>b</sup>
1	Residual	1,267	5	0,253		
	Total	1,314	6			

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
		B	Std. Error			
	(Constant)	-0,003	0,19		-0,014	0,989
1	REGR factor score 2 for analysis 4	0,089	0,205	0,191	0,434	0,682

### Model Summary

**F3-PC3**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,542 <sup>a</sup>	0,294	0,152	0,4309241

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Regression	0,386	1	0,386	2,077	,209 <sup>b</sup>
1	Residual	0,928	5	0,186		
	Total	1,314	6			

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
		B	Std. Error			
	(Constant)	-0,003	0,163		-0,017	0,987
1	REGR factor score 3 for analysis 4	-0,254	0,176	-0,542	-1,441	0,209

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

Στο Παράρτημα αυτό παρουσιάζονται για κάθε αίθουσα τα αναλυτικά αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων στον πραγματικό χώρο σε πινακοποιημένη μορφή με χρήση πολυκατευθυντικής και κατευθυντικής πηγής. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν ο χρόνος αντήχησης για πτώση 10 dB T10, ο χρόνος αντήχησης για πτώση 20 dB T20, ο χρόνος αντήχησης RT ή T30 (πτώση 30 dB), ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT, το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων EEF50 ή D50, ο λόγος των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων C80, η απόσβεση της στάθμης έντασης ήχου G και ο θόρυβος βάθους Laeq.

### **Z.1 Θέατρο <Άλφα Ιδέα>**

#### **Z.1.1 Μετρήσεις με πολυκατευθυντική πηγή**

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T10) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,190	0,674	0,643	0,702	0,708	0,629
2		1,021	0,739	0,726	0,785	0,720	0,650
3		0,835	0,667	0,632	0,819	0,703	0,637
4		1,308	0,856	0,692	0,798	0,725	0,598
5		0,648	0,722	0,950	0,760	0,689	0,612
6		0,671	0,673	0,736	0,740	0,680	0,696
7		0,919	0,619	0,741	0,744	0,743	0,763
8		1,041	0,844	0,823	0,771	0,802	0,720
9		1,166	0,832	0,844	0,768	0,793	0,808
10		0,674	0,618	0,713	0,647	0,792	0,732
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,947</b>	<b>0,724</b>	<b>0,750</b>	<b>0,753</b>	<b>0,736</b>	<b>0,685</b>

**Πίνακας Z.1** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T10 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.



<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,081	0,739	0,688	0,751	0,727	0,615
2		0,897	0,699	0,701	0,803	0,721	0,655
3		0,865	0,680	0,671	0,748	0,695	0,662
4		0,834	0,738	0,645	0,810	0,741	0,709
5		0,857	0,919	0,731	0,716	0,732	0,752
6		1,039	0,809	0,728	0,778	0,756	0,746
7		0,686	0,758	0,745	0,777	0,756	0,767
8		0,798	0,697	0,712	0,755	0,828	0,754
9		0,852	0,732	0,715	0,749	0,763	0,854
10		0,740	0,612	0,674	0,713	0,811	0,730
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,865</b>	<b>0,738</b>	<b>0,701</b>	<b>0,760</b>	<b>0,753</b>	<b>0,724</b>

**Πίνακας Z.2** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,925	0,712	0,730	0,726	0,733	0,613
2		0,867	0,690	0,722	0,768	0,752	0,675
3		0,813	0,653	0,723	0,750	0,716	0,655
4		0,843	0,692	0,637	0,816	0,747	0,752
5		0,896	0,819	0,724	0,742	0,696	0,802
6		0,932	0,834	0,722	0,805	0,795	0,762
7		0,715	0,745	0,740	0,790	0,752	0,799
8		0,886	0,658	0,716	0,770	0,821	0,754
9		0,826	0,717	0,718	0,761	0,748	0,886
10		0,812	0,644	0,746	0,775	0,804	0,747
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,852</b>	<b>0,716</b>	<b>0,718</b>	<b>0,770</b>	<b>0,756</b>	<b>0,745</b>
<b>RTmid</b>				<b>0.744</b>			

**Πίνακας Z.3** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>EDT [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,528	0,546	0,523	0,620	0,616	0,595
2		0,773	0,726	0,621	0,703	0,668	0,613
3		0,690	0,838	0,743	0,754	0,726	0,645
4		0,671	0,734	0,787	0,603	0,645	0,615
5		0,921	0,703	0,524	0,917	0,689	0,649
6		0,690	0,498	0,814	0,779	0,813	0,701
7		1,097	0,801	0,838	0,835	0,825	0,643
8		0,807	0,803	0,859	0,835	0,775	0,762
9		1,023	0,718	0,791	0,707	0,824	0,720
10		0,663	0,712	0,714	0,744	0,791	0,668
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,786</b>	<b>0,708</b>	<b>0,721</b>	<b>0,750</b>	<b>0,737</b>	<b>0,661</b>

**Πίνακας Z.4** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50EEF							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,75	0,79	0,77	0,74	0,77	0,73
2		0,74	0,75	0,75	0,73	0,71	0,69
3		0,68	0,67	0,69	0,64	0,66	0,69
4		0,40	0,57	0,57	0,68	0,62	0,62
5		0,38	0,72	0,82	0,53	0,50	0,59
6		0,47	0,68	0,62	0,56	0,48	0,55
7		0,40	0,47	0,52	0,50	0,62	0,64
8		0,40	0,41	0,56	0,55	0,57	0,58
9		0,49	0,37	0,49	0,54	0,58	0,59
10		0,51	0,45	0,57	0,57	0,61	0,60
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,52</b>	<b>0,59</b>	<b>0,64</b>	<b>0,60</b>	<b>0,61</b>	<b>0,63</b>

**Πίνακας Z.5** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>80 (E-to-L) [dB]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		9,01	9,05	9,21	8,64	7,94	7,83
2		7,31	7,91	8,46	7,25	6,93	7,39
3		6,06	5,96	6,49	6,27	5,86	6,66
4		5,66	5,29	4,65	7,63	5,80	6,03
5		0,30	5,48	8,47	3,56	4,35	5,30
6		4,95	7,11	5,45	4,96	3,49	5,22
7		0,35	3,83	4,32	4,07	5,07	6,67
8		3,63	4,14	4,27	4,15	5,11	5,21
9		1,85	3,17	4,70	5,45	4,87	5,75
10		3,86	2,61	4,94	5,36	5,17	6,11
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>4,30</b>	<b>5,46</b>	<b>6,10</b>	<b>5,73</b>	<b>5,46</b>	<b>6,22</b>

**Πίνακας Z.6** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-9,93	-7,84	-6,95	-7,37	-8,11	-7,44
2		-10,44	-8,60	-8,23	-8,05	-9,02	-8,57
3		-8,71	-11,17	-9,49	-9,65	-10,29	-9,14
4		-13,46	-14,01	-13,10	-12,48	-13,04	-11,81
5		-16,33	-15,87	-12,65	-16,98	-16,95	-14,66
6		-13,06	-12,18	-11,96	-11,49	-12,61	-11,45
7		-14,83	-14,59	-13,53	-12,94	-12,61	-11,47
8		-12,80	-13,93	-14,14	-12,31	-12,88	-11,86
9		-13,19	-15,89	-13,70	-13,70	-14,59	-13,21
10		-16,42	-16,66	-14,03	-11,70	-12,86	-12,12

**Πίνακας Z.7** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

	L <sub>Aeq</sub> [dBA]
ΧΩΡΙΣ A/C	25.3
ΜΕ A/C	Δεν έγινε μέτρηση

**Πίνακας Z.8** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων του θορύβου βάθους

### Z.1.2 Μετρήσεις με κατευθυντική πηγή

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T10) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,786	0,797	0,840	0,708	0,690	0,722
2		0,708	0,762	0,831	0,903	0,722	0,774
3		0,745	0,818	0,761	0,711	0,773	0,837
4		1,148	0,705	0,661	0,815	0,806	0,782
5		0,858	0,759	0,708	0,777	0,724	0,742
6		0,817	0,758	0,650	0,729	0,767	0,867
7		0,939	0,740	0,773	0,877	0,780	0,905
8		1,189	0,782	0,868	0,789	0,824	0,972
9		0,748	0,640	0,753	0,832	0,820	0,823
10		0,780	0,459	0,796	0,772	0,876	0,934
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,872</b>	<b>0,722</b>	<b>0,764</b>	<b>0,791</b>	<b>0,778</b>	<b>0,836</b>

**Πίνακας Z.9** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T10 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,919	0,778	0,759	0,757	0,751	0,710
2		0,628	0,727	0,718	0,830	0,775	0,839
3		0,716	0,735	0,748	0,741	0,804	0,801
4		0,863	0,697	0,732	0,769	0,783	0,831
5		0,776	0,664	0,751	0,781	0,833	0,880
6		0,818	0,714	0,715	0,764	0,811	0,864
7		0,905	0,692	0,767	0,809	0,807	0,853
8		0,762	0,746	0,792	0,795	0,849	0,875
9		0,651	0,652	0,774	0,789	0,844	0,828
10		0,856	0,356	0,720	0,798	0,906	0,918
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,789</b>	<b>0,676</b>	<b>0,748</b>	<b>0,783</b>	<b>0,816</b>	<b>0,840</b>

**Πίνακας Z.10** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.



<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,075	0,776	0,746	0,775	0,742	0,806
2		0,670	0,738	0,726	0,784	0,797	0,867
3		0,829	0,734	0,759	0,752	0,807	0,840
4		0,796	0,699	0,755	0,759	0,813	0,833
5		0,739	0,691	0,719	0,798	0,854	0,884
6		0,871	0,770	0,735	0,762	0,781	0,843
7		0,876	0,699	0,774	0,780	0,859	0,859
8		0,801	0,722	0,758	0,783	0,816	0,821
9		0,553	0,682	0,740	0,790	0,834	0,847
10		0,862	0,606	0,708	0,824	0,916	0,910
<b>Μέση Τιμή</b>		0,807	0,712	0,742	0,781	0,822	0,851
<b>RTmid</b>				<b>0,762</b>			

**Πίνακας Z.11** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,846	0,834	0,832	0,789	0,722	0,797
2		0,828	0,680	0,574	0,788	0,758	0,578
3		0,995	0,692	0,581	0,749	0,782	0,619
4		1,113	0,796	0,990	0,706	0,720	0,565
5		0,979	0,895	0,687	0,839	0,940	0,834
6		0,724	0,665	0,899	0,757	0,905	0,751
7		1,083	0,844	0,891	0,806	0,872	0,679
8		1,002	0,664	0,790	0,902	0,821	0,716
9		0,876	0,958	0,897	0,824	0,815	0,833
10		0,942	0,935	0,839	0,682	0,778	0,839
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,939</b>	<b>0,796</b>	<b>0,798</b>	<b>0,784</b>	<b>0,811</b>	<b>0,721</b>

**Πίνακας Z.12** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων

<b>50EEF</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,61	0,76	0,65	0,52	0,49	0,48
2		0,53	0,70	0,56	0,42	0,41	0,56
3		0,55	0,52	0,73	0,49	0,46	0,58
4		0,22	0,44	0,45	0,38	0,40	0,53
5		0,34	0,44	0,56	0,46	0,41	0,51
6		0,60	0,40	0,46	0,41	0,34	0,50
7		0,48	0,34	0,38	0,44	0,38	0,40
8		0,40	0,62	0,49	0,46	0,34	0,38
9		0,18	0,46	0,34	0,39	0,39	0,36
10		0,21	0,40	0,32	0,27	0,30	0,28
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,41</b>	<b>0,51</b>	<b>0,49</b>	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>	<b>0,46</b>

**Πίνακας Z.13** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>80(E-to-L) [dB]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		4,41	7,56	5,27	4,40	3,64	3,44
2		2,74	6,82	7,43	4,89	3,36	5,89
3		3,15	4,88	7,21	3,27	3,55	6,25
4		4,29	2,75	2,36	3,16	3,99	6,09
5		3,90	3,40	3,81	2,39	1,58	3,55
6		4,78	4,31	1,70	2,47	2,03	4,94
7		3,86	3,05	2,86	3,99	2,56	4,77
8		3,18	6,33	4,24	2,53	3,27	4,97
9		1,56	2,00	2,57	2,87	3,07	2,97
10		2,03	1,62	3,43	2,63	2,75	3,33
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>3,39</b>	<b>4,27</b>	<b>4,09</b>	<b>3,26</b>	<b>2,98</b>	<b>4,62</b>

**Πίνακας Z.14** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προσκαθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>G [dB]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-11,79	-15,82	-15,53	-18,86	-20,31	-21,08
2		-14,60	-19,61	-16,68	-21,84	-23,12	-21,44
3		-12,39	-17,15	-15,58	-19,71	-21,68	-20,03
4		-13,78	-19,05	-19,07	-19,87	-21,30	-20,18
5		-18,94	-22,94	-19,85	-24,26	-25,54	-24,62
6		-16,08	-23,01	-21,44	-23,42	-25,36	-24,00
7		-15,65	-21,28	-20,26	-22,40	-23,04	-21,40
8		-16,87	-19,65	-19,64	-23,24	-24,03	-23,86
9		-14,80	-21,80	-20,16	-22,59	-21,72	-21,37
10		-19,39	-23,86	-22,05	-23,87	-25,69	-25,73

**Πίνακας Z.15** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

## Z.2 Θέατρο <Στοά>

### Z.2.1 Μετρήσεις με πολυκατευθυντική πηγή

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T10) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,288	0,884	0,945	0,926	0,803	0,751
2		1,298	1,204	0,943	1,051	0,933	0,727
3		1,225	0,781	1,032	1,007	0,909	0,759
4		1,255	1,061	0,904	1,025	0,810	0,753
5		1,235	0,965	0,924	0,952	0,824	0,803
6		0,840	0,883	0,983	0,969	0,911	0,814
7		1,555	1,172	0,831	0,992	0,955	0,861
8		0,753	0,974	0,922	0,860	1,001	0,864
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,181</b>	<b>0,991</b>	<b>0,936</b>	<b>0,973</b>	<b>0,893</b>	<b>0,792</b>

**Πίνακας Z.16** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T10 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,445	1,068	0,950	0,916	0,867	0,750
2		1,325	1,076	0,993	0,937	0,840	0,704
3		1,131	0,964	0,975	1,005	0,833	0,775
4		1,285	1,022	1,042	0,970	0,850	0,799
5		1,208	1,030	0,983	1,000	0,891	0,820
6		0,920	1,073	0,975	0,978	0,889	0,809
7		1,331	1,133	0,897	0,933	0,924	0,836
8		1,114	0,941	0,939	0,919	0,879	0,805
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,220</b>	<b>1,038</b>	<b>0,969</b>	<b>0,957</b>	<b>0,872</b>	<b>0,787</b>

**Πίνακας Z.17** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,199	1,040	0,994	0,916	0,845	0,749
2		1,263	1,124	0,982	0,961	0,841	0,772
3		1,149	1,002	0,972	0,983	0,810	0,785
4		1,204	1,063	1,056	0,989	0,889	0,804
5		1,192	1,025	0,978	0,982	0,891	0,839
6		1,033	1,045	0,935	0,948	0,895	0,815
7		1,203	1,108	0,936	0,963	0,919	0,835
8		1,281	0,921	0,950	0,896	0,883	0,822
<b>Μέση Τιμή</b>		1,191	1,041	0,975	0,955	0,872	0,803
<b>RTmid</b>				<b>0,965</b>			

**Πίνακας Z.18** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.



EDT [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,764	0,808	0,900	1,032	0,744	0,628
2		1,280	1,179	0,768	1,011	0,810	0,647
3		0,995	1,112	0,924	0,923	0,821	0,613
4		1,579	1,415	0,821	0,792	0,816	0,659
5		1,064	0,986	1,036	0,836	0,755	0,721
6		0,705	0,764	0,708	0,950	0,709	0,671
7		0,912	1,144	0,932	0,945	0,729	0,686
8		0,945	0,959	0,966	0,832	0,760	0,628
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,031</b>	<b>1,046</b>	<b>0,882</b>	<b>0,915</b>	<b>0,768</b>	<b>0,657</b>

**Πίνακας Z.19** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50EEF							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,54	0,62	0,67	0,66	0,72	0,77
2		0,33	0,43	0,51	0,58	0,61	0,62
3		0,47	0,55	0,60	0,51	0,55	0,65
4		0,42	0,38	0,58	0,59	0,59	0,58
5		0,33	0,55	0,48	0,53	0,61	0,62
6		0,39	0,49	0,49	0,58	0,68	0,69
7		0,38	0,33	0,63	0,59	0,60	0,61
8		0,38	0,48	0,42	0,54	0,66	0,66
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,41</b>	<b>0,48</b>	<b>0,55</b>	<b>0,57</b>	<b>0,63</b>	<b>0,65</b>

**Πίνακας Z.20** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>80(E-to-L) [dB]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		3,64	5,30	5,93	4,70	6,81	8,62
2		-1,98	0,93	6,51	4,38	5,31	6,22
3		3,48	1,93	4,66	4,30	4,61	6,78
4		0,78	0,48	4,46	5,15	4,45	5,61
5		2,53	4,84	2,89	4,65	5,01	5,79
6		2,35	3,58	4,22	4,58	6,60	6,96
7		0,70	1,38	4,44	4,68	5,83	5,73
8		1,86	2,12	3,23	4,59	6,35	7,18
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,67</b>	<b>2,57</b>	<b>4,54</b>	<b>4,63</b>	<b>5,62</b>	<b>6,61</b>

**Πίνακας Z.21** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προσκαθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-10,34	-8,64	-8,12	-7,88	-7,56	-6,73
2		-15,12	-15,33	-11,27	-13,97	-14,64	-12,64
3		-11,02	-11,35	-9,98	-9,92	-9,85	-8,75
4		-16,79	-15,74	-12,83	-12,35	-13,35	-13,18
5		-13,60	-12,92	-11,77	-10,73	-10,92	-11,31
6		-7,53	-11,81	-9,98	-10,79	-10,12	-10,46
7		-15,04	-16,45	-11,53	-11,27	-11,71	-11,75
8		-13,38	-14,63	-14,06	-11,40	-11,93	-11,91

**Πίνακας Z.22** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων

	L <sub>Aeq</sub> [dBA]
ΧΩΡΙΣ A/C	21.0
ΜΕ A/C	Δεν έγινε μέτρηση

**Πίνακας Z.23** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων του θορύβου βάθους

## Z.2.2 Μετρήσεις με κατευθυντική πηγή

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T10) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,215	1,196	1,021	0,811	0,814	0,978
2		1,113	1,152	1,000	0,904	0,787	0,825
3		0,953	1,078	0,923	0,990	0,941	0,921
4		0,120	1,078	0,967	0,972	0,999	0,187
5		1,225	1,006	1,023	0,896	0,925	0,973
6		0,912	1,225	0,932	0,942	0,889	1,027
7		1,326	0,953	0,944	1,043	0,905	0,961
8		1,191	0,898	0,986	1,010	0,917	0,879
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,007</b>	<b>1,073</b>	<b>0,975</b>	<b>0,946</b>	<b>0,897</b>	<b>0,844</b>

**Πίνακας Z.24** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T10 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,133	1,046	0,998	0,877	0,838	0,845
2		1,069	1,071	0,949	0,943	0,848	0,817
3		0,809	0,918	0,958	0,899	0,887	0,883
4		1,335	0,875	0,947	0,917	0,913	0,858
5		1,321	1,070	0,905	0,903	0,923	0,931
6		1,130	1,088	0,862	0,966	0,902	0,979
7		1,118	1,038	1,004	0,946	0,916	0,888
8		1,187	0,940	0,916	0,955	0,920	0,889
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,138</b>	<b>1,006</b>	<b>0,942</b>	<b>0,926</b>	<b>0,893</b>	<b>0,886</b>

**Πίνακας Z.25** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,182	1,116	0,964	0,895	0,820	0,802
2		1,104	0,975	0,936	0,929	0,850	0,834
3		1,153	0,889	0,952	0,921	0,865	0,896
4		1,275	1,013	0,918	0,932	0,926	0,878
5		1,363	1,045	0,960	0,912	0,938	0,928
6		1,123	1,112	0,857	0,923	0,936	0,977
7		1,097	1,072	0,970	0,953	0,876	0,847
8		1,136	1,024	0,933	0,966	0,880	0,862
<b>Μέση Τιμή</b>		1,179	1,031	0,936	0,929	0,886	0,878
<b>RTmid</b>				<b>0,933</b>			

**Πίνακας Z.26** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		1,423	1,123	0,910	1,068	0,797	0,389
2		1,063	0,661	0,906	0,902	0,821	0,719
3		1,174	1,179	1,035	1,000	0,959	0,788
4		0,788	0,916	0,937	0,813	0,290	0,338
5		0,946	0,890	0,552	0,752	0,738	0,485
6		0,931	1,062	0,905	0,847	0,916	0,727
7		1,041	0,805	0,825	0,849	0,663	0,497
8		1,129	0,830	0,913	0,980	0,755	0,708
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>1,062</b>	<b>0,933</b>	<b>0,873</b>	<b>0,901</b>	<b>0,742</b>	<b>0,581</b>

**Πίνακας Z.27** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.



<b>50EEF</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,56	0,59	0,65	0,51	0,63	0,84
2		0,52	0,21	0,37	0,49	0,37	0,57
3		0,53	0,48	0,48	0,46	0,54	0,66
4		0,57	0,54	0,63	0,68	0,86	0,92
5		0,69	0,60	0,58	0,47	0,67	0,80
6		0,52	0,39	0,44	0,54	0,42	0,40
7		0,42	0,59	0,40	0,49	0,68	0,73
8		0,56	0,41	0,41	0,51	0,47	0,44
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>0,55</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	<b>0,52</b>	<b>0,58</b>	<b>0,67</b>

**Πίνακας Z.28** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

<b>80(E-to-L) [dB]</b>							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		3,82	4,10	4,91	3,17	5,35	9,16
2		5,10	0,97	2,84	3,13	2,69	4,63
3		2,09	2,90	2,76	1,76	3,79	4,94
4		6,82	2,84	4,29	5,53	9,49	11,70
5		6,77	5,52	6,63	4,15	5,44	8,41
6		4,35	0,98	2,20	4,27	3,18	4,55
7		2,88	2,87	3,41	3,69	6,34	8,07
8		5,49	2,46	1,93	3,42	4,89	5,44
<b>Μέση Τιμή</b>		<b>4,67</b>	<b>2,83</b>	<b>3,62</b>	<b>3,64</b>	<b>5,15</b>	<b>7,11</b>

**Πίνακας Z.29** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προσκαθυστερημένων ανακλάσεων 80(E-to-L) για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-9,51	-14,20	-13,06	-11,78	-12,96	-6,89
2		-8,70	-13,56	-14,40	-12,38	-14,28	-10,42
3		-9,79	-14,94	-14,61	-12,80	-14,85	-10,82
4		-8,05	-15,20	-14,54	-11,38	-10,76	-6,02
5		-8,72	-15,60	-12,80	-12,45	-13,40	-8,65
6		-9,62	-18,49	-16,50	-16,08	-18,52	-14,80
7		-9,62	-15,03	-14,32	-12,89	-12,75	-9,01
8		-9,47	-16,48	-15,82	-13,97	-14,84	-12,07

**Πίνακας Z.30** Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ  
ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ**

# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

### ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ ΜΟΝΤΕΡΝΑ ΘΕΑΤΡΑ

#### 1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ημερομηνία .....

Θέατρο .....

Θέση.....

Έργο.....

Παρακαλώ βάλτε σταυρό σε ένα κουτάκι για κάθε ερώτηση

#### 1 Με τι συχνότητα παρακολουθείτε θεατρικές παραστάσεις?

Μεγάλη

Μέτρια

Μικρή

#### 2 Φύλο

Άρρεν

Θήλυ

**3 Ηλικία**

έως 18

18-28

Άνω των 29

**4 Μιλάτε και καταλαβαίνετε καλά Ελληνικά?**

Ναι

Όχι

**2)ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ:**

Αφού παρακολουθήσετε την παράσταση ή μέρος της, καλείστε να συμπληρώσετε πάνω στις ακόλουθες γραμμές (κλίμακες), μεταξύ των άκρων τους, την άποψή σας για την αντίληψη στην ακουστική του χώρου, έτσι όπως εσείς την αφουγκράζεστε. Π.χ αν θεωρείτε πως ο ήχος είναι σχετικά ενοχλητικός μπορείτε να απαντήσετε όπως παρακάτω. Διευκρινίζεται ότι με την άποψή σας καλείστε να κρίνετε την ποιότητα του **ΗΧΟΥ** στο χώρο και όχι τις ικανότητες του ηθοποιού.

Ενοχλητικός

|

| Ευχάριστος

Μην διστάσετε να χρησιμοποιήσετε όλο το μήκος της κάθε γραμμής (κλίμακας)

Με ευχαριστίες

Με ευκρίνεια

|

| Χωρίς ευκρίνεια

στην ακρόαση

στην ακρόαση

ανδρικών ρόλων

ανδρικών ρόλων

Με ευκρίνεια

|

| Χωρίς ευκρίνεια

στην ακρόαση

στην ακρόαση

γυναικείων ρόλων

γυναικείων ρόλων

Με υψηλή

|

| Με χαμηλή

ακουστότητα

ακουστότητα

Δυσχερής

|

| Ευχερής

στην ακρόαση

στην ακρόαση

Άψυχος

|

| Ζωντανός

Δυνατός | \_\_\_\_\_ | Αδύναμος

Πτωχός σε \_\_\_\_\_ Πλούσιος σε  
τονική ποιότητα \_\_\_\_\_ τονική ποιότητα

Διαυγής | \_\_\_\_\_ | Μπερδεμένος

Εξασθενημένος | \_\_\_\_\_ | Δυνατός

Ευδιάκριτος | \_\_\_\_\_ | Δυσδιάκριτος

Τραχύς | \_\_\_\_\_ | Μαλακός

Οξύς | \_\_\_\_\_ | Μη οξύς

Υψηλός | \_\_\_\_\_ | Χαμηλός

Διαπεραστικός | \_\_\_\_\_ | Μη  
διαπεραστικός



Γεμάτος | \_\_\_\_\_ | Κενός

Προτιμητέος | \_\_\_\_\_ | Μη  
Προτιμητέος

Με υπόσταση | \_\_\_\_\_ | Χωρίς  
υπόσταση

Με όγκο | \_\_\_\_\_ | Χωρίς όγκο

Υψηλής | \_\_\_\_\_ | Ξηρός  
αντήχησης

Απόμακρος | \_\_\_\_\_ | Εγγύς

Πλούσιος | \_\_\_\_\_ | Πτωχός

Με παρουσία | \_\_\_\_\_ | Απουσία  
θορύβου θορύβου

Στρογγυλεμένος | \_\_\_\_\_ | Αιχμηρός



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΘΕΑΤΡΩΝ

Για την καλύτερη κατανόηση των δύο αιθουσών παραθέτουμε κάποιες χαρακτηριστικές φωτογραφίες.

### Θ.1 Θέατρο <Άλφα Ιδέα>



**Εικόνα Θ.1:** Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Άλφα Ιδέα»



**Εικόνα Θ.2:** Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Άλφα Ιδέα» (σκηνή)

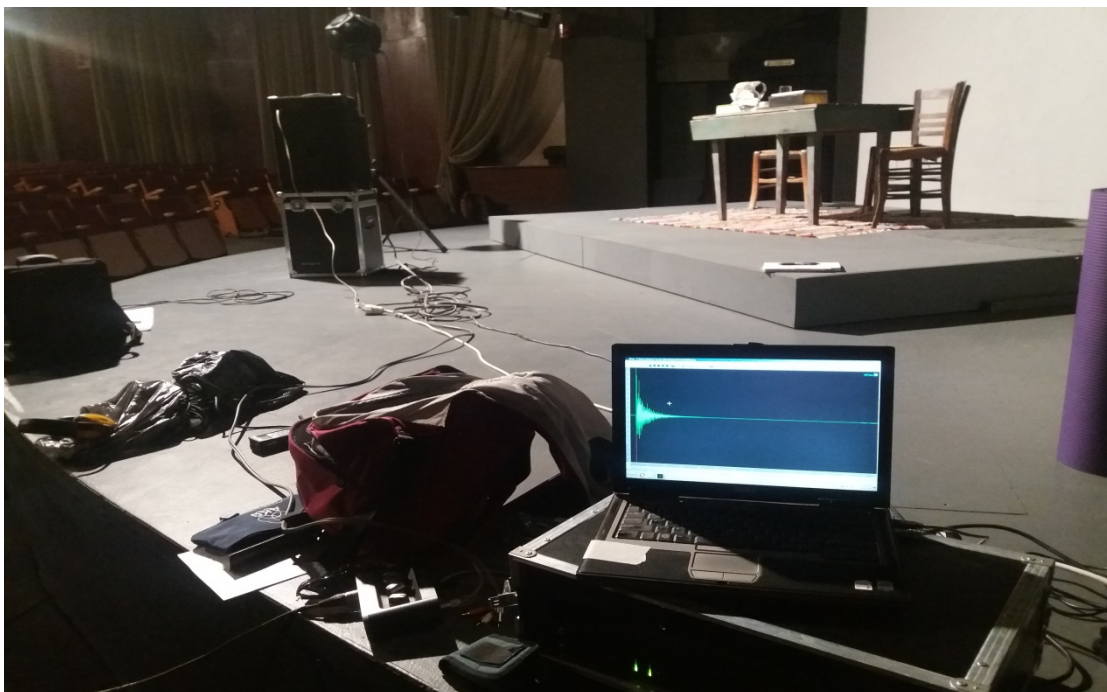


**Εικόνα Θ.3:** Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Άλφα Ιδέα» (πλατεία)

## Θ.2 Θέατρο <Στοά>



Εικόνα Θ.4: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Στοά»



Εικόνα Θ.5: Άποψη της σκηνής με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε του θεάτρου «Στοά»



**Εικόνα Θ.6:** Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Στοά» (πλατεία)

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

## Ι.1 Θέατρο <Άλφα Ιδέα>

### Θεατρική παράσταση: Υπηρέτης δύο αφεντάδων

#### Περίληψη:

Ο "Υπηρέτης δύο Αφεντάδων", του Κάρλο Γκολντόνι, είναι ένα έργο διαχρονικό, απλό, κατανοητό, που αναδεικνύει το πρόβλημα της ανεργίας και της αγωνίας για επιβίωση των ανώτερων κοινωνικών τάξεων, στο βάθος των αιώνων. Είναι γραμμένο στα μέσα του 18ου αιώνα και σήμερα είναι ακόμη πιο επίκαιρο από ποτέ.

Ένας παμπόνηρος και δαιμόνιος υπηρέτης, στην ανάγκη του για επιβίωση, αναλαμβάνει να υπηρετήσει ταυτόχρονα δύο αφεντάδες. Και ενώ όλα δείχνουν άισια, οι δύο κύριοί του βρίσκονται την ίδια ώρα, στο ίδιο σημείο. Με ζωντανή φαντασία και γρήγορο μυαλό, ο υπηρέτης μας προσπαθεί να σώσει την κατάσταση, περιπλέκοντας τις συγκυρίες με το σκέρτσο και την εξυπνάδα του.

Ο Υπηρέτης του Γκολντόνι, μας διδάσκει πόσο πολύτιμη είναι η αφοσίωση για τον άνθρωπο, αφού του δίνει ένα μεγάλο εφόδιο να καλυτερέψει τη ζωή του. Μέσα σε ένα κλίμα παιχνιδιού, με ευφυή ευρήματα και ξεκαρδιστικές καταστάσεις ο δικός μας υπηρέτης, μας διασκεδάζει με τις γκάφες του.

Σκηνοθεσία: Κώστας Γάκης

Πρωταγωνιστούν: Δρακόπουλος Γιάννης, Ευθυμίου Χρήστος, Κοψιδάς Γιώργος, Λιλικάκης Σταύρος, Μανιατάκου Λήδα, Μουστάκα Αθηνά, Μπιμπής Κωνσταντίνος, Παπουτσάκη Κατερίνα, Φιλιάς Άκης

## **1.2 Θέατρο <Στοά>**

### **Θεατρική παράσταση: Εγώ, ο Μάρκος Βαμβακάρης**

#### **Περίληψη:**

Η ζωή του βασανισμένου ποιητή, συνθέτη, μπουζουξή και τραγουδιστή, του μεγάλου ρεμπέτη, που με το έργο του καθόρισε την πορεία του αστικού λαϊκού τραγουδιού Ο Μάρκος Βαμβακάρης, τρία χρόνια πριν πεθάνει, αφηγήθηκε τη ζωή του, θέλοντας να “ξεθυμάνει η φούντωση της καρδιάς του από τόσα πολλά, τέτοια που ο καθένας δεν θα ήθελε να έχει στη δικιά του την ιστορία”.

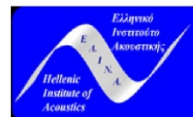
Με συγκλονιστικό τρόπο αφηγείται τις ιστορίες του με τις γυναίκες, το χασίσι και κυρίως με το μπουζούκι, για το οποίο έδωσε το παν αλλά και κέρδισε το παν. Χωρίς να κρύψει τίποτα, με μια ειλικρίνεια που η σκληρότητά της σε συγκλονίζει, ζητάει να καταλάβουμε, πως, αν ζούσαμε την ίδια ζωή μ’ εκείνον, τα ίδια θα παθαίναμε και τα ίδια θα κάναμε.

**Σκηνοθεσία:** Θανάσης Παπαγεωργίου

**Πρωταγωνιστεί:** Θανάσης Παπαγεωργίου



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ: 9<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ «ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2018»



## 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο «ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2018»

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής ΕΛ.ΙΝ.Α (<http://www.helina.gr>), μέλος της European Acoustics Association Ε.Α.Α., διοργανώνει το 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2018, τη Δευτέρα 8 και Τρίτη 9 Οκτωβρίου 2018, στο Συνεδριακό Κέντρο και Πολιτιστικό Κέντρο του Πανεπιστημίου Πατρών.

### Καταληκτικές ημερομηνίες

Υποβολή περιλήψεων: Παρασκευή 15 Ιουνίου 2018  
Αποδοχή εργασίας: Παρασκευή 13 Ιουλίου 2018  
Υποβολή πλήρους κειμένου: Παρασκευή 14 Σεπτεμβρίου 2018

### Ενδεικτικές θεματικές ενότητες

Γενική, Θεωρητική & Εφαρμοσμένη ακουστική, Ψηφιακή επεξεργασία ήχου, Επεξεργασία ομιλίας & λόγου, Έλεγχος θορύβων & δονήσεων, Περιβαλλοντική ακουστική - Ηχορύπανση, Ηλεκτροακουστική, Κτιριακή ακουστική, Αρχαιολογική Ακουστική, Μουσική ακουστική, Υποβρύχια ακουστική, Ατμοσφαιρική ακουστική, Ψυχοακουστική, Υτέρηχοι και εφαρμογές, Ακουστικές μετρήσεις και όργανα, Ακουστική εκπομπή, Ακουστική και Εκπαίδευση, Ακουσλογία, Νευροωτολογία, Ασύρματα δίκτυα ακουστικών αισθητήρων

### Υποβολή εργασιών

Οι ενδιαφερόμενοι συγγραφείς θα υποβάλουν, αρχικά, εκτεταμένη περίληψη της εργασίας τους (έως 750 λέξεις), η οποία θα περιλαμβάνει συνοπτικά το σκοπό, τη μεθοδολογία, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της εργασίας. Η αποδοχή των εργασιών που θα παρουσιαστούν στο συνέδριο, θα γίνει με κρίση επί της εκτεταμένης περίληψης.

### Εγγραφή - Κόστος Συμμετοχής

Στην κάθε εργασία που θα παρουσιαστεί στο Συνέδριο και θα συμπεριληφθεί στα Πρακτικά, θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας συγγραφέας ο οποίος να έχει κάνει εγγραφή στο Συνέδριο. Η κάθε εγγραφή συμμετέχοντος συνδέεται αποκλειστικά με μόνο μία από τις εργασίες που θα παρουσιαστούν. Το κόστος συμμετοχής στο συνέδριο για τις διαφορετικές κατηγορίες συμμετεχόντων είναι το εξής:

		πριν την 14η Σεπτεμβρίου 2018	μετά την 14η Σεπτεμβρίου 2018
Μέλη ΕΛ.ΙΝ.Α	κανονική εγγραφή	50 €	80 €
	φοιτητές/σπουδαστές	30 €	40 €
Μη-μέλη ΕΛ.ΙΝ.Α	κανονική εγγραφή	100 €	120 €
	φοιτητές/σπουδαστές	40 €	50 €

### Πληροφορίες

Για περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να ενημερωθείτε από την ιστοσελίδα του Συνεδρίου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2018: <https://conferences.helina.gr/2018/> ή να απευθύνεστε στην Οργανωτική Επιτροπή του Συνεδρίου με email : [acoustics2018@helina.gr](mailto:acoustics2018@helina.gr) ή τηλεφωνικά στο 2610 996474.

Για την εγγραφή σας στο Συνέδριο ακολουθείστε τις οδηγίες και συμπληρώστε την φόρμα εγγραφής που βρίσκονται στην ιστοσελίδα: <https://conferences.helina.gr/2018/gr/registration/>

## **Ενημέρωση αποδοχής της εργασίας**

**From:** acoustics2018@easychair.org <acoustics2018@easychair.org> on behalf of ACOUSTICS2018 <acoustics2018@easychair.org> **Sent:** Friday, July 13, 2018 12:27:27 PM

**Subject:** ACOUSTICS2018 ενημέρωση αποδοχής της εργασίας με αριθμό υποβολής 62

Αγαπητοί συγγραφείς

Σας ενημερώνουμε ότι η εργασία σας με τίτλο:

Θεατρικές σκηνές στην μεταπολεμική Ελλάδα του μοντερνισμού · Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

έγινε ΑΠΟΔΕΚΤΗ για προφορική παρουσίαση στο 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο "ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2018", που θα διεξαχθεί 8-9 Οκτωβρίου 2018 στην Πάτρα.

Στο τέλος του μηνύματος μπορείτε να δείτε τα σχόλια των κριτών επί της περίληψης που υποβάλλατε. Παρακαλούμε να τα λάβετε υπ' όψιν σας στη συγγραφή του τελικού κειμένου της εργασίας σας.

Το τελικό κείμενο της εργασίας σας θα πρέπει να υποβληθεί στο σύστημα easychair έως και τις 14 Σεπτεμβρίου 2018.

Οδηγίες για την υποβολή του τελικού κειμένου της εργασίας σας καθώς και το πρότυπο κειμένου (template) θα λάβετε σύντομα με νέο μήνυμα.

Με εκτίμηση,

Εκ μέρους της Οργανωτικής Επιτροπής  
Παναγιώτης Χατζηαντωνίου (phatziantoniou@upatras.gr)

**Θεατρικές σκηνές στην μεταπολεμική  
Ελλάδα του μοντερνισμού ·  
Φυσικές ακουστικές μετρήσεις**

Α. Σωτηροπούλου<sup>1</sup>, Ι. Καραγιάννη<sup>2</sup>, Μ. Σκούτα<sup>3</sup>, Β. Λουίζος<sup>4</sup>, Γ. Πετρόπουλος<sup>5</sup>,  
Π. Πάνου<sup>6</sup>, Π. Σπύρου<sup>7</sup>, Σ. Βουγιούκας<sup>8</sup>, Π. Μπαλιάκας<sup>9</sup>,  
Γ. Βλάχος<sup>10</sup>, Δ. Χριστοφορίδης<sup>11</sup>

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ελλάδα

email: <sup>1</sup>:alexiasotirop@gmail.com, <sup>2</sup>:mediumswing@hotmail.com,

<sup>3</sup>:maria\_skout@hotmail.gr, <sup>4</sup>:louizosbill@gmail.com, <sup>5</sup>:ggpetrop7@gmail.com ,

<sup>6</sup>:penny14panou@gmail.com, <sup>7</sup>:evhspyrou@yahoo.gr, <sup>8</sup>:vousta13@hotmail.com

<sup>9</sup>:mpaliaka@hotmail.com, <sup>10</sup>:vlachosemp@gmail.com, <sup>11</sup>:d.christoforidis@yahoo.com

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Το παρόν άρθρο αποσκοπεί να εξετάσει ελληνικές θεατρικές σκηνές του μεταπολεμικού μοντερνισμού στην Ελλάδα, σε σχέση με την ακουστική τους απόδοση και τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό τους. Ακουστικές μετρήσεις διενεργήθηκαν σε επτά θεατρικές σκηνές. Δύο τύποι θεάτρων παρατηρούνται στην υπό εξέταση εποχή τα θέατρα τύπου "less is more" και τα «αυτοτελή». Βρέθηκε ότι η ανθρώπινη κλίμακα που υιοθετούν θέατρα του πρώτου τύπου ευνοεί τον ακουστικό σχεδιασμό των, σε αντίθεση με την άλλη κατηγορία που χρειάζεται επιπρόσθετα σχεδιαστικά στοιχεία για να ελεγχθεί η ακουστική των. Αναλύονται επί μέρους χαρακτηριστικά. Τα παρόντα αποτελέσματα διαφορρίζουν ως προς τις επιπτώσεις του αρχιτεκτονικού ύφους στην ακουστική απόδοση του θεάτρου και αναδεικνύουν εν γένει χαρίσματα των υπό εξέταση θεάτρων.*

***Drama theatres of modernity  
in postwar Hellas ;  
Physical acoustic measurements***

**ABSTRACT**

This paper aims to examine the acoustical performance of drama theatres of modernity in postwar Hellas, in relation to their architecture. Acoustic measurements were carried out in seven theatres. Two theatre types are observed in this period, namely the type "less is more" and "detached" theatres. The first theatre type is usually hosted in the basement of multistory modern buildings; the other theatre type occupies an entire building in itself. It is demonstrated that the human scale which is adopted by the theatre type "less is more" works synergistically with good acoustics; by contrast the other theatre type needs additional building elements to achieve satisfactory sound performance. The present results illustrate the implications of architectural design on the acoustical performance of the theatres and demonstrate, by and large, the acoustical merits of the test auditoria.

## Εισαγωγή

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα κυρίως λόγω αστυφιλίας, σε συνδυασμό με την εξέλιξη και την αγάπη του Έλληνα για την τέχνη του θεάτρου, είχαν ως αποτέλεσμα την δημιουργία πληθώρας νέων θεατρικών σκηνών στην μεταπολεμική Ελλάδα του μοντερνισμού. Δυο τάσεις παρατηρούνται. Η πρώτη ενσαρκώνει το δόγμα του μοντερνισμού που συνοψίζεται στο μότο "less is more" («ουκ εν τω πολλώ το ευ»), και χρησιμοποιεί το περιορισμένων διαστάσεων ισόγειο ή υπόγειο νεόδμητων αστικών πολυκατοικιών για να χωρέσει τα νέα θέατρα της εποχής. Η άλλη τάση επιλέγει την ευρυχωρία του αυτοτελούς κτιρίου με χρήση αποκλειστικά το θέατρο, με παράδειγμα τα θέατρα που ανεγέρθησαν τότε υπό την αιγίδα του Υπ. Πολιτισμού σε διάφορες ελληνικές πόλεις.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης μελέτης στο Ε.Μ.Πολυτεχνείο· αυτή έχει στόχο να καταγράψει θέατρα της μεταπολεμικής Ελλάδας του μοντερνισμού και να διερευνήσει την ακουστική των απόδοση σε σχέση με το αρχιτεκτονικό ύφος και τα χαρακτηριστικά των. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται αποτελέσματα ακουστικών μετρήσεων από θέατρα της ως άνω περιόδου.

## 1. Βιβλιογραφική αναδρομή

Από τις πρώτες προσπάθειες που έγιναν για να συσχετίσουν την ακουστική απόδοση με την αρχιτεκτονική των θεάτρων, είναι η εργασία των Talaske και Boner [1] και περιλαμβάνει απλή καταγραφή σχετικών δεδομένων σε πολλά θέατρα ανά τον κόσμο. Εμπειριστωμένη έρευνα στο θέμα είναι η εργασία του Barron [2]. Η εργασία, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει επιτόπιες μετρήσεις σε δώδεκα θέατρα της Μεγάλης Βρετανίας και μεταξύ άλλων συμπερασμάτων καταλήγει στα εξής: ο επιθυμητός χρόνος αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες είναι από 1.0s έως περίπου 0.75s σε θέατρο χωρίς ακροατήριο, οι μικρές αποστάσεις ακροατών-δρώμενων ευνοούν την ακουστική, οι βαθείς εξώστες είναι δεκτοί, ο προσκηνιακός τύπος θεάτρου είναι πλεονεκτικός, κλπ. Μελέτη, εν εξελίξει, στο ανωτέρω θέμα γίνεται στο ΕΜΠ και συνοψίζεται στο [3].

## 2. Μεθοδολογία και πειραματική διαδικασία

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι, που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη και θεωρούνται αντιπροσωπευτικές [2], είναι οι: **α) Κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων "50EEF"** (Μέτρο καταληπτότητας της ομιλίας. Ανεκτό όριο  $\geq 0.50$ ), **β) Χρόνος αντήχησης της αίθουσας "RT (s)"**, **γ) Απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου "G (dB)" από την πηγή**, και **δ) Θορύβος βάθους " $L_{Aeq}$  (dBA)"**.

Εδώ παρουσιάζονται μετρήσεις στη μεσαία περιοχή του φάσματος (μ.ο. 500, 1.000 Hz). Επιθυμητές τιμές για τον Χρόνο αντήχησης, βλέπε ανωτέρω. Μέγιστη ανεκτή στάθμη θορύβου βάθους επιλέγεται "31.0 dBA". Μέγιστη επιθυμητή απόσβεση της έντασης του ήχου "23.5 dB" [3].

### 3. Ακουστικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις έγιναν σε επτά θεατρικές σκηνές χωρίς ακροατήριο και χωρίς κλιματισμό (Πίνακας 3.1). Απεικονίσεις των θεάτρων «Πόρτα», «Κάλπω» και «Τζένη Καρέζη» δίδονται στο άρθρο [3]. Όλα είναι προσκηνιακής διάταξης πλην του «Τζένη Καρέζη» που είναι αμφιθεατρικής. Παρότι τα περισσότερα έχουν υποστεί ανακαινίσεις, δεν έχει αλλάξει η γεωμετρία και το μέγεθός τους.

Μετρήσεις ελήφθησαν διαδοχικά: 1) Με ισότροπη πηγή (δωδεκάεδρη, Brüel & Kjær), η οποία τοποθετήθηκε στο κέντρο της σκηνής, 1.5 μ. από την εμπρός άκρη της, και 2) με κατευθυντική πηγή, που προσομοιάζει την κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής, και χρησιμοποιείται στο πλάι της σκηνής, 2 μ. από τον άξονα συμμετρίας, με φορά προς το κέντρο της σκηνής. Οι θέσεις μέτρησης σε κάθε θέατρο ποικίλλουν από 8 μέχρι 16 (Σχήματα 4.5-4.8). Οι μετρήσεις έγιναν σύμφωνα με το σχετικό ISO [4]. Περατέρω λεπτομέρειες βλέπε στο άρθρο [3].

**Πίνακας 3.1** Βασικές πληροφορίες για τις θεατρικές σκηνές. Το  $RT_{mid}$  αφορά στον χρόνο αντίληψης για τις μεσαίες συχν. (μ.ο. 500, 1000Hz), χωρίς ακροατήριο

Θέατρο	«Άλφα Ιδέα»	«Στοίβο»	«Κίππα»	«Τζένη Καρέζη»	«Πόρτα»	«Άνεσις»	«ΗΘΕ.ΑΑ»
Χρονολογία	Κατασκευή 1956, Ανακαίνιση 1977 & 2005	Κατασκευή 1971	Κατασκευή 1976, Ανακαίνιση 1997	Κατασκευή 1978, Ανακαίνιση 1989	Κατασκευή 1984, Ανακαίνιση 2014	Κατασκευή 1950, Ανακαίνιση 2004	Κατασκευή 1961
Αρχιτέκτονας	ΑΦΟΙ Μπίτσου	Α. Κυρίση Κολιάρου	Ρ. Ε. Αρβανίτης	Α. Γ. Γιωτοβός	Μ. Φωτιάδης	Κρθαράς, Χαργαλιάνης	Κ. Θ. Λαοκρατίδης
Χωρητικότητα (άτομα)	276	300	340	300	320	260	450
Όγκος (m <sup>3</sup> )	1480	2100	1360	1350	1840	2680	2965
Όγκος ανά θέσι (m <sup>3</sup> )	5,4	7	4	4,5	4,8	13,1	6,6
Μήκος (m)	22,80	23,50	18,60	20,30	18,90	26,00	26,10
Πλάτος (m)	14,70	16,00	18,00	21,50	20,20	15,90	18,30
Υψος (m) [min - max]	3,05 - 4,70	2,60 - 6,55	2,60 - 5,70	2,10 - 5,00	4,00 - 5,90	4,10 - 8,80	3,13 - 10,15
Εμβαδό (m <sup>2</sup> )	369	376	324	370	383	Πλ.στέια: 418 Εξώστης: 176	Πλ.στέια: 446 Εξώστης: 176
$RT_{mid}$ (s)	0,74	0,96	0,60	0,75	0,77	0,93	0,58

### 4. Αποτελέσματα και ερμηνεία

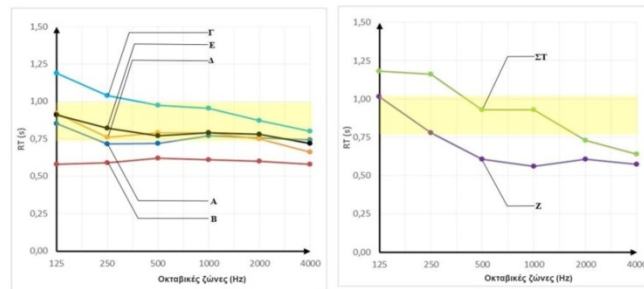
Τα αποτελέσματα φαίνονται στα Σχήματα 4.1-4.4. Όλα τα θέατρα χαρακτηρίζονται από τη λιτότητα του μοντερνισμού. Η πρώτη κατηγορία εξ αυτών, δηλαδή τα αυτοτελή θέατρα, χαρακτηρίζονται από αυξημένο ύψος αίθουσας, κατά μέσο όρο γύρω στα 10 μ. και είναι τα πρώτα δύο θέατρα που ακολουθούν. Τα υπόλοιπα πέντε είναι από την κατηγορία θεάτρων του τύπου “less is more”, και διαθέτουν μέσο ύψος γύρω στα 4.5 μ. Σε όλα τα θέατρα τα καθίσματα είναι επενδεδυμένα με παχιά ηχοαπορροφητική στόφα.

**Θέατρο Άνεσις** (Σχήμα 4.5). Αυτό το θέατρο των αρχών της μεταπολεμικής περιόδου διατηρεί τις μνημειώδεις διαστάσεις των θεάτρων του μεσοπολέμου. Αρχικά λειτούργησε ως σινεμά και μεταγενέστερα μετετράπη σε θεατρική σκηνή. Το υπερβολικό ύψος έχει ως αποτέλεσμα τον αυξημένο χρόνο αντίληψης, ο οποίος, παρ’ όλες τις ηχοαπορροφητικές επενδύσεις που τοποθετήθηκαν κατά την ανακαίνιση, παραμένει αυξημένος στις χαμηλές συχνότητες. Η υπερβολικά υψηλή

οροφή έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη πρώιμων ανακλάσεων στον εξώστη ενώ στην πλατεία τα πίσω καθίσματα δέχονται πρώιμες ανακλάσεις από την οροφή του προβόλου του εξώστου. Οι πρώτες θέσεις της πλατείας προφανώς έχουν έντονο απευθείας ήχο. Η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) είναι ουσιαστικά μηδενική κυρίως λόγω των εξαιρετικά ανακλαστικών σκηνικών που ήταν εγκατεστημένα κατά τη διάρκεια της παρούσας μέτρησης. Ζώνη ανάσχεσης (φουαγιέ) μεταξύ της αίθουσας και της Λ. Κηφισίας προστατεύει τον χώρο από την ηχορρύπανση.

**Δημοτικό Θέατρο Λαμίας** (Σχήμα 4.7). Ο χρόνος αντήχησης στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες είναι κάτω των επιθυμητών ορίων χάρις στα πορώδη ηχοαπορροφητικά που φέρει η αίθουσα στις πλαϊνές παρειές και τον πίσω τοίχο. Χάρη στους ανακλαστήρες που φέρει η αίθουσα στην οροφή της υπάρχει άπλετη πρώιμη ηχητική ενέργεια, η οποία φαίνεται και στις τιμές του μετρηθέντος 50EEF (Σχήμα 4.2). Η σχετικά αυξημένη ηχοαπορρόφηση στην αίθουσα έχει σαν αποτέλεσμα τη σχετικά έντονη πτώση της στάθμης έντασης του ήχου (G), ωστόσο παραμένει εντός ορίων. Η αίθουσα είναι εξαιρετικά προστατευμένη από εξωτερικούς θορύβους χάρη στη ζώνη ανάσχεσης που την περιβάλλει, δηλαδή διάδρομοι και φουαγιέ στις τρεις πλευρές της και βοηθητικοί χώροι στην πλευρά της σκηνής.

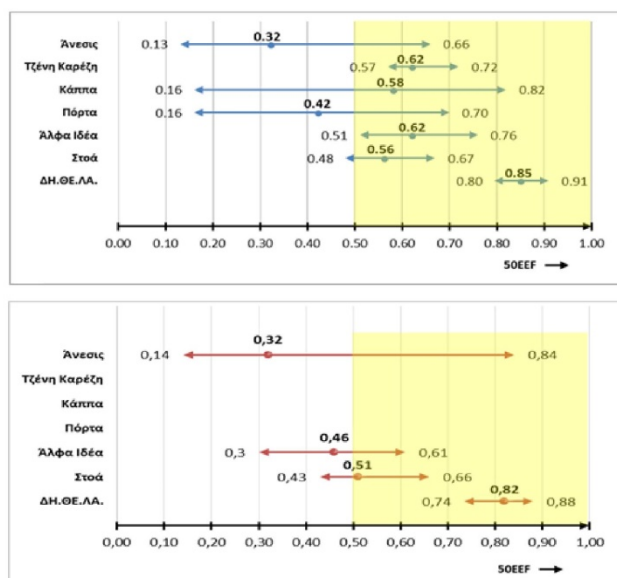
**Άλφα Ιδέα** (Σχήμα 4.6). Καταλαμβάνει το υπόγειο πολυκατοικίας της εποχής του. Ο χρόνος αντήχησης είναι εντός των δεκτών ορίων σε όλο το φάσμα με σχετική μείωση στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες ως προς τις χαμηλές λόγω της εκτενούς ηχοαπορροφητικής υφής του δαπέδου (μοκέτα). Το θέατρο διαθέτει ανακλαστική οροφή, καθώς και πλευρικές παρειές και αυτό φαίνεται στις τιμές του 50EEF που είναι εντός επιθυμητών ορίων σε όλη την αίθουσα. Ο πίσω τοίχος φέρει στοιχεία διάχυσης. Η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) είναι μέσα στα επιθυμητά όρια χάρις στις ανακλαστικές επιφάνειες του χώρου και τις μικρές αποστάσεις ακροατηρίου από τη σκηνή.



**Σχήμα 4.1** Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης (RT) σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. **A.** Άλφα Ιδέα, **B.** Κάππα, **F.** Στοά, **A.** Πόρτα, **E.** Τζένη Καρέζη, **ΣΤ.** Άνεσις, **Z.** Δημοτικό Θέατρο Λαμίας. **Yellow shaded area:** Επιθυμητά όρια.

Η είσοδος του θεάτρου βρίσκεται εντός «στοάς», η δε αίθουσα προστατεύεται με την ύπαρξη φουαγιέ (χώρος ανάσχεσης) από την κύρια είσοδο του θεάτρου. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την ικανοποιητική ηχοπροστασία της αίθουσας.

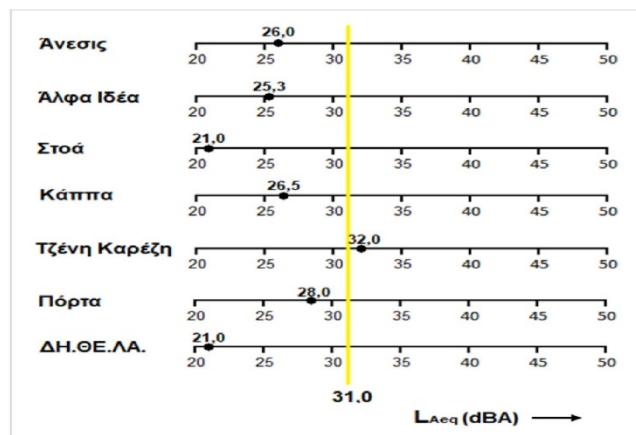
**Στοά** (Σχήμα 4.8). Το θέατρο αυτό καταλαμβάνει το ισόγειο και τον πρώτο όροφο πολυκατοικίας και έχει σχετικά αυξημένο ύψος (6,5 μ.). Ο χρόνος αντήχησης στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες είναι εντός των ανεκτών ορίων ενώ στις χαμηλές είναι σχετικά αυξημένος. Αυτό οφείλεται στο ύψος του χώρου σε συνδυασμό με τις κουρτίνες που καταλαμβάνουν εκτενή επιφάνεια των πλευρικών παρειών και προφανώς απορροφούν από τη μεσαία περιοχή του φάσματος και πάνω. Το θέατρο διαθέτει ανακλαστική οροφή η οποία έχει ως αποτέλεσμα την επάρκεια όλων των θέσεων του ακροατηρίου σε πρώιμες ανακλάσεις. Η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) είναι μέσα στα επιθυμητά όρια, όπως μετρήθηκε με την ισότροπη πηγή, χάρη στην ανακλαστική οροφή του χώρου και στις μικρές αποστάσεις ακροατηρίου από τη σκηνή. Ωστόσο, όταν η μέτρηση έγινε με την κατευθυντική πηγή, η απόσβεση της στάθμης της έντασης του ήχου γίνεται οριακά δεκτή, λόγω της απορρόφησης που υφίσταται στην ηχοαπορροφητική κουρτίνα των παρειών του χώρου.



**Σχήμα 4.2** Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (SOEEF)  
— : ισότροπη πηγή — : κατευθυντική πηγή

Τα υπόλοιπα τρία θέατρα, δηλαδή το **Θέατρο «Κάππα»**, το **Θέατρο «Πόρτα»** και το **Θέατρο «Τζένη Καρέζη»** περιγράφονται στο άρθρο [3].

Τα θέατρα που εξετάστηκαν διακρίνονται για τις μικρές αποστάσεις των δρώμενων από τη σκηνή, χάρη στις οποίες επικρατεί σχετικά αυξημένη πρόωμη ηχητική ενέργεια στον χώρο. Παρόλα αυτά, η κατηγορία των «αυτοτελών» θεάτρων διακρίνεται για το σχετικά αυξημένο ύψος της αίθουσας, το οποίο οδηγεί σε αυξημένο χρόνο αντίληψης. Αυτός ελέγχεται μεν στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες με τη χρήση πορώδους ηχοσποροφητικού στον χώρο ενώ στη χαμηλή περιοχή του φάσματος οι τιμές παραμένουν σχετικά αυξημένες. Η κατηγορία των θεάτρων “less is more”, όμως, διαθέτει μέτρια ύψη που είναι συμβατά με την ανθρώπινη κλίμακα που υιοθετείται σε αυτό τον τύπο θεάτρου. Χάρη σε αυτά τα ύψη επιτυγχάνονται επιθυμητές τιμές του χρόνου αντίληψης. Η κατηγορία των «αυτοτελών» θεάτρων με τα σχετικά μεγάλα ύψη στερείται εγγύς ανακλαστικών επιφανειών. Ωστόσο, αυτή η κατηγορία θεάτρων διαθέτει εξώστες των οποίων ο πρόβολος λειτουργεί ως χρήσιμη ανακλαστική επιφάνεια που υποκαθιστά την απομακρυσμένη οροφή για μια μερίδα του ακροατηρίου. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση πρόσθετων ανακλαστικών. Αντίθετα, η κατηγορία θεάτρων “less is more” διαθέτει εγγύς ανακλαστικές επιφάνειες χάρη στις μικρές διαστάσεις του χώρου που υπονοούνται από την τάση «οὐκ ἐν τῷ πολλῷ τὸ εἶν». Όλα τα θέατρα, εν γένει, βρέθηκαν ότι είναι προστατευμένα από την αστική ηχορρύπανση, χάρη κυρίως στις ζώνες ανάσχεσης (προθάλαμοι κλπ) που περιβάλλουν τις αίθουσες. Τα παραπάνω ευρήματα που προέκυψαν με ισότροπη πηγή είναι παρεμφερή με εκείνα που προέκυψαν με τη χρήση κατευθυντικής πηγής. Αυτό επιβεβαιώνει τα πλεονεκτήματα των θεάτρων προσκηνιακού τύπου.



Σχήμα 4.3 Μετρήσεις του θορύβου βάθους ( $L_{Aeq}$ )



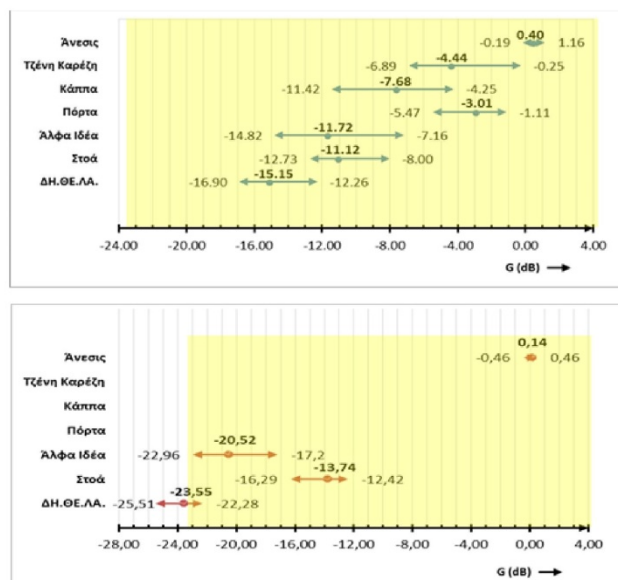
**5. Συμπεράσματα**

Η ανθρώπινη κλίμακα που υιοθετείται στις διαστάσεις του τύπου θεάτρου “less is more” ευνοεί τον ακουστικό σχεδιασμό των, σε αντίθεση με την κατηγορία των «αυτοτελών» θεάτρων της ίδιας εποχής, τα οποία διαθέτουν μεγαλύτερα ύψη και χρειάζονται επιπρόσθετα στοιχεία, όπως, ειδικούς ανακλαστήρες και σκόπιμη εισαγωγή ηχοαπορρόφησης για να ελέγξουν την ακουστική του χώρου.

Κοινό πλεονέκτημα όλων των θεάτρων αυτής της εποχής είναι οι μικρές αποστάσεις του ακροατηρίου από τα δρώμενα και το γεγονός ότι στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι προσκηνιακού τύπου.

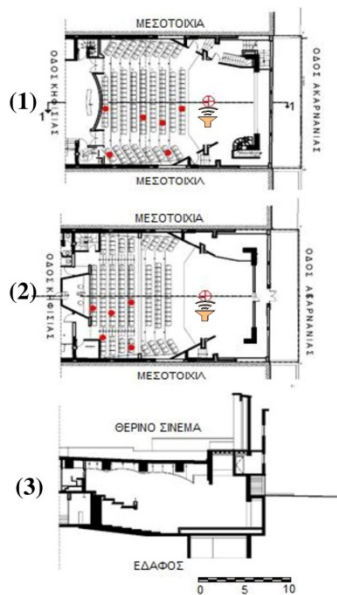
Τέλος, όλα βρέθηκαν να διαθέτουν επαρκή σχεδιασμό ηχοπροστασίας.

Τα παρόντα αποτελέσματα διαφωτίζουν ως προς τις επιπτώσεις του αρχιτεκτονικού ύφους και σχεδιασμού στην ακουστική απόδοση του θεάτρου και αναδεικνύουν εν γένει χαρίσματα των υπό εξέταση θεάτρων.

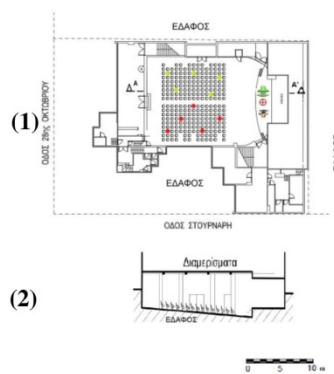


**Σχήμα 4.4:** Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου (G) ως προς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (0 dB)

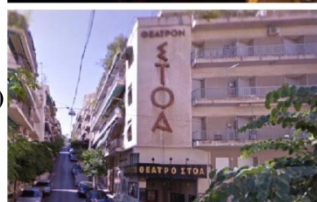
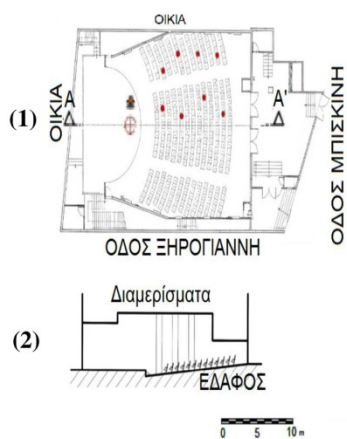
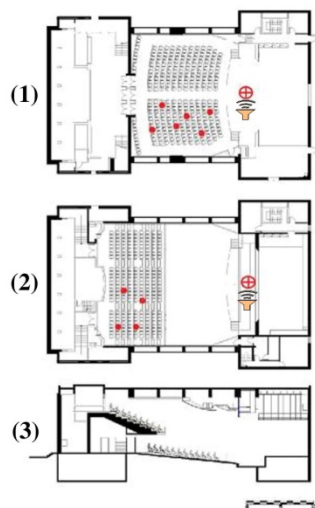
■: ισότροπη πηγή    ■: κατευθυντική πηγή



**Σχήμα 4.5** Θέατρο Άνεσις.  
 (1) Κάτοψη πλατείας, (2) Κάτοψη εξώση, (3) Τομή 1-1,  
 (4) Άποψη πλατείας από τη σκηνή,  
 (5) Εξωτερική άποψη,  
 ⊕: ισότροπη πηγή, ●: θέσεις μέτρησης  
 ☛: κατευθυντική πηγή



**Σχήμα 4.6** Θέατρο Άλφα Ιδέα.  
 (1) Κάτοψη πλατείας, (2) Τομή ΑΑ',  
 (3) Άποψη σκηνής από την πλατεία,  
 (4) Εξωτερική άποψη, ⊕: ισότροπη πηγή,  
 ☛: κατευθυντική πηγή ●: θέσεις μέτρησης,  
 ☛: κατευθυντική πηγή ●: θέσεις μέτρησης



**Σχήμα 4.7** Δημ. Θέατρο Λαμίας.  
 (1) Κάτοψη πλατείας, (2) Κάτοψη εξώστη, (3) Τομή 1-1,  
 (4) Άποψη πλατείας από τη σκηνή,  
 (5) Εξωτερική άποψη  
 ⊕: ισότροπη πηγή, ●: θέσεις μέτρησης  
 ☛: κατευθυντική πηγή

**Σχήμα 4.8** Θέατρο Στοά.  
 (1) Κάτοψη πλατείας, (2) Τομή ΑΑ',  
 (3) Άποψη σκηνής από την πλατεία,  
 (4) Εξωτερική άποψη  
 ⊕: ισότροπη πηγή, ●: θέσεις μέτρησης  
 ☛: κατευθυντική πηγή

## 6. Ευχαριστίες

Ευχαριστίες εκφράζονται στον κοσμήτορα της σχολής Πολ. Μηχ. ΕΜΠ καθ. κ. Δ. Κουτσογιάννη για τη στήριξη στις σπουδές μας. Επίσης, ευχαριστούμε την ηθοποιό κ. Γιασεμί Κηλαηδόνη, καθώς και τα στελέχη των θεάτρων που συνέβαλαν στην πραγματοποίηση της μελέτης.

Μέρος της παρούσας εργασίας εκπονήθηκε στο πλαίσιο επί διπλώματι εργασιών στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ από τους σπουδαστές Μ. Σκούτα, Β. Λοΐζο, Γ. Πετρόπουλο, Π. Πάνου, Π. Σπύρου, Σ. Βουγιούκα και Π. Μπαλιάκα.

## 7. Αναφορές

[1] Talaske, R. H., Boner, R. E. (eds). "Theatres for drama performance" Recent experiences in acoustical design, ASA, New York (1986).

[2] Barron M., *Auditorium acoustics and architectural design*, F & FN SPON, London (1993).

[3] Sotiropoulou A., et al., *Intergrated acoustic design in the architecture of Hellenic drama theatres of the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> century*, ICSV 24, London (2017).

[4] ISO 3382:2009, *Acoustics-Measurement of room acoustic parameters*, (2009).