



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΕ ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ
ΣΚΗΝΕΣ ΤΟΥ 20ου ΑΙΩΝΑ**
(θέατρα: Ρεξ , Βέμπο, Ριάλτο)

Διπλωματική εργασία
των σπουδαστών:

Ιωάννη Νάκου
Εμμανουήλ Τρουλλινού

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Ε. Βουγιούκας, επ.καθηγητής ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

Α. Σωτηροπούλου, τ. αν. καθηγ. ΕΜΠ
Ι. Καραγιάννης, Υ.Δ. ΕΜΠ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ : Ε.ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ ,ΕΠ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π

Ε.ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ,ΕΠ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π

Α.ΜΠΑΛΛΗΣ,Αν Καθηγητης Ε.Μ.Π

Αθήνα Μάρτιος 2020

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΚΙΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΘΕΑΤΡΟ	11
2.1 Το κίνημα του νεοκλασικισμού	11
2.2 Το κίνημα του μοντερνισμού.....	15
2.3 Το κίνημα μετά το «μοντέρνο»	15
2.4 Το κίνημα του 21ου αιώνα.....	18
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	21
4. ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ	31
4.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης	31
4.2 Φυσικές παράμετροι της ακουστικής	34
4.3 Αρχές σχεδιασμού θεατρικών σκηνών	36
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ	41
5.1 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	42
5.2 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων	43
5.3 Μεθοδολογία πειραμάτων αντίληψης	47
5.3.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.....	47
5.3.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.....	48
5.3.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis).....	48
5.3.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων	49
5.3.5 Ανάλυση της διακύμανσης.....	51
5.3.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis)	51
5.4 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης	53
6. Μελέτη θέατρο «ΡΙΑΛΤΟ»	57
6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	61
6.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	69
6.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης.....	75
6.3.1 Φυσικές μετρήσεις	75
6.3 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης	76
6.4 Συμπεράσματα	77
7. Μελέτη θεάτρου «ΡΕΞ»	79
7.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	93
7.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης.....	97
7.3.1 Φυσικές μετρήσεις	97
7.3.2 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης	98
7.4 Συμπεράσματα	99
8. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ «ΒΕΜΠΟ»	101
8.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	106
8.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	113
8.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης... ..	117
8.3.1 Φυσικές μετρήσεις	117
8.3.2 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης	118
8.4 Συμπεράσματα	119
9.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΘΕΑΤΡΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ.....	121

9.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις.....	121
9.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής.....	125
9.3.Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης ...	129
9.3.1 Φυσικές μετρήσεις	129
9.3.2 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης	130
10. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Θεωρητικά στοιχεία τις ακουστικής	138
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:Θεωρητικά στοιχεία σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης	172
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: SPSS INPUT	188
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : SPSS OUTPUT	212
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ:.....	244
Αναλυτικά αποτελέσματα φυσικών ακουστικών μετρήσεων	244
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε:Ερωτηματολόγιο	262
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Προγράμματα Θεατρικών Παραστάσεων και φωτογραφικό υλικό	270
Θέατρο ΡΙΑΛΤΟ	272
Θέατρο ΡΕΞ	275
Θέατρο ΒΕΜΠΟ	277
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: 8 Πανελλήνιο Συνέδριο ακουστικής 2016.....	280
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: Απεικόνιση των φυσικών μετρήσεων συνοπτικά μαζί με θέατρα προγενέστερης μελέτης [29]	292

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες εκφράζονται στους διδάσκοντες τον οποίον τα ονόματα αναγράφονται στο παρόν πρωτοσέλιδο για την πολύτιμη στήριξη τους στην Διπλωματική μας.

Ιδιαίτερα ευχαριστούμε των Υ/Διδάκτορα Ιωάννη Καραγιάννη για την υποδειγματική διδασκαλία και την καθοριστική συμβολή του στις επιτόπιες ακουστικές μετρήσεις.

Ευχαριστίες επίσης ανήκουν στον πρώην και νυν κοσμήτορα τις σχολής Πολιτικών Μηχανικών καθηγητή Κ. Δημήτρη Κουτσογιαννη και Νίκο Λαγαρό αντίστοιχα για την στήριξη τους καθόλη την διάρκεια των σπουδών μας.

Καθοριστική στην γένεση και την ολοκλήρωση τις εργασίας υπήρξε η παρουσία τις ηθοποιού Γιασεμί Κηλαηδώνη ,προς την οποία εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες.

Επίσης ευχαριστούμε τα στελέχη των Θεάτρων και το ακροατήριο που έλαβε μέρος στα πειράματα όποιοι διευκόλυναν την υλοποίηση τις παρούσας ερευνητικής εργασίας.

Τέλος είμεθα ευγνώμονες στις οικογένειες μας για την πολύτιμη παρουσία τους κοντά μας όλα αυτά τα χρονιά τον σπουδών μας και τους κοντινούς μας φίλους που μας συμπαραστάθηκαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ελλάδα είναι η χώρα όπου γεννήθηκε το θέατρο τόσο ως δραματουργική τέχνη όσο και ως αρχιτεκτονική 'ποιητική'. Αποκορύφωμα και μαρτυρία αποτελεί το εν λειτουργία στις μέρες μας περιώνυμο ανά τον κόσμο αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου. του 3ου π.Χ. αιώνα. Η μακραίωνη παύση έκτοτε στο αντικείμενο, τελειώνει με την ανασύσταση του Ελληνικού κράτους στο **19ο αιώνα**, οπότε ο Ευρωπαϊκός νεοκλασικισμός εισβάλλει στην αρχιτεκτονική του τόπου μας: μεταξύ των κτιρίων εκείνης της εποχής συγκαταλέγεται και η κομψή παρουσία του Εθνικού Θεάτρου στην Αθήνα.

Σύντομα, με την έλευση του **20ου αιώνα και του μοντερνισμού** στον τόπο μας, η νεοελληνική αρχιτεκτονική εμπλουτίζεται με εμβληματικά κτίρια που στεγάζουν την θεατρική τέχνη, όπως το θέατρο 'Ρέξ', το 'Παλλάς' κλπ. στην Αθήνα, το κτίριο της Εταιρείας Μακεδονικών Σπουδών στη Θεσσαλονίκη, και αλλού. Αυτή η κατηγορία κτιρίων ενώ χαρακτηρίζονται από την λιτότητα του κινήματος του μοντερνισμού, διατηρούν τις μνημειώδεις διαστάσεις της εποχής που είχε προηγηθεί, και εμφανίζονται καθ' όλη την **περίοδο του μεσοπολέμου**. Όμως τα διακεκριμένα θέατρα της περιόδου εκείνης δεν είναι δυνατόν να καλύψουν τις αυξημένες ανάγκες της εποχής που θα ακολουθήσει μετά τον πόλεμο.

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα κυρίως λόγω αστυφιλίας, σε συνδυασμό με την εξέλιξη και την αγάπη του Έλληνα για το θέατρο, έχουν ως αποτέλεσμα τη 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' το 'θέατρο Άλφα' 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.

Τις παραπάνω 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. Παράλληλα η ανάπτυξη και της εγχώριας βιομηχανίας δομικών υλικών για ακουστικές εφαρμογές στον τόπο μας, διαμορφώνουν και τροφοδοτούν την αρχιτεκτονική ποιητική του σύγχρονου θεάτρου ολοέν και περισσότερο.

Με την έλευση **της νέας χιλιετίας**, τα υλικά της εποχής του υπολογιστεί, τα 'έξυπνα' κτίρια και η ευελιξία που αυτά υπόσχονται, δίδουν νέα ώθηση στη αρχιτεκτονική του θεάτρου παγκοσμίως. Ήδη στον τόπο μας απαριθμούμε παραδείγματα όπως οι χώροι θεατρικών εκδηλώσεων αντίστοιχα, στη Στέγη Γραμμάτων και Τεχνών του Ιδρύματος Ωνάση, και Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος, στην Αθήνα, κ.α.

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει φυσικές ακουστικές μετρήσεις καθώς και πειράματα αντίληψης της ακουστικής με θεατρόφιλο κοινό σε τρία Αθηναϊκά θέατρα δηλαδή στο θέατρο Ρεξ από την εποχή του μεσοπολέμου και στα θέατρα Βέμπο και Ριάλτο από τον μεταπολεμικό μοντερνισμό. Οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις αναδείξανε τις αρετές του Ελληνικού Θεάτρου δηλαδή τις μικρές αποστάσεις σκηνής – ακροατού (CompactDesign), τον εύστοχο σχεδιασμό ηχοπροστασίας και τέλος την χρήση βαθέων εξωστών. Διαπιστώνεται ανεπιθύμητη αύξηση των μπάσων εν γένει σε εμβληματικά θέατρα μεγάλου όγκου και αυτό σχολιάζεται περεταίρω. Στη συνέχεια, προέκυψαν από την ανάλυση τρεις ανεξάρτητοι Παράγοντες τις αντίληψης τις ακουστικής, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Multi-Dimensional Analysis (Ανάλυση Πολλών Μεταβλητών)/ Οι Παράγοντες που πρόεκυψαν ήσαν : F1(Γεμάτος-Λαμπρός), F2(Ευκρίνεια-Ακουστότητα), F3(Οξυφωνία-Διαπεραστικότητα). Δεν κατέστη δυνατόν να ερμηνευτούν αυτοί οι παράγοντες με βάση τις φυσικές παραμέτρους που μετρήθηκαν γιά λόγους που αναλύονται στα οικεία κεφάλαια τις εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Αθήνα αποτελεί την γενέτειρα του θεάτρου και στις μέρες μας αριθμεί τις περισσότερες θεατρικές σκηνές παγκοσμίως με τον αριθμό να φτάνει τα εκατό σαράντα οχτώ θέατρα (έναντι εκατό δέκα στο Λονδίνο και ογδόντα στο Παρίσι). Ετησίως η Ελληνική πρωτεύουσα φέρεται να φιλοξενεί 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 εργασία είναι μέρος μιας ευρύτερης έρευνας του εργαστηρίου Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην οποία για πρώτη φορά γίνεται η καταγραφή της σχέσης του ακουστικού σχεδιασμού των θεάτρων με τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά και την εποχή. Ειδικότερα 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. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΚΙΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΘΕΑΤΡΟ

2.1 Το κίνημα του νεοκλασικισμού

Με τον όρο νεοκλασικισμό, χαρακτηρίζεται μια μεγάλη πολιτιστική κίνηση, που διαδόθηκε ευρύτατα στην Ευρώπη, τη δεύτερη πεντηκονταετία του 18ου αιώνα και τις πρώτες δεκαετίες του 19ου αι. Χαρακτηρίζεται από την τάση αναβίωσης του κλασικισμού σε διάφορες μορφές της τέχνης. Βάση του αποτελεί η αναζήτηση συμμετρίας και αρμονίας των μορφών καθώς επίσης και η επιδίωξη ισόρροπων και σταθερών συνθέσεων.

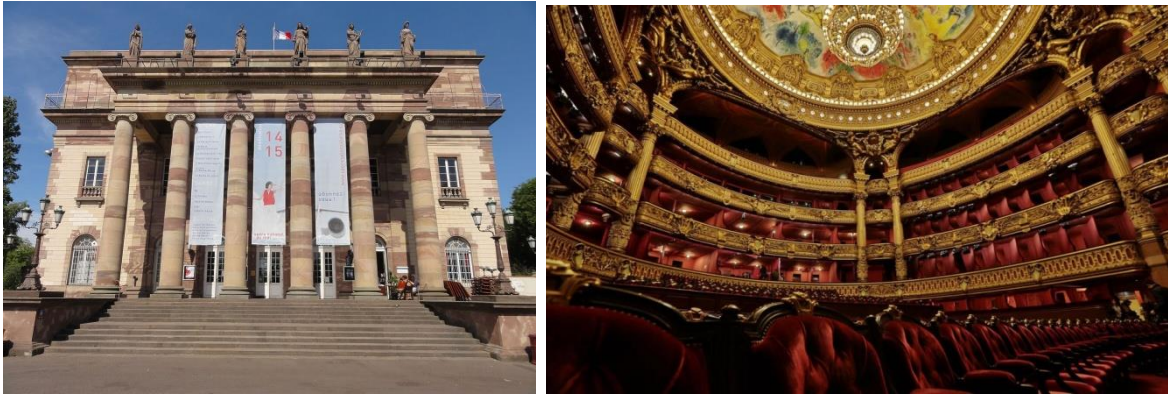
Το κίνημα του νεοκλασικισμού έχει ιδιαίτερη σημασία και θέση στην ελληνική ιστορία του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα, γιατί, καθώς η μικρή και φτωχή ξαναγεννημένη Ελλάδα προσπαθούσε να προσανατολιστεί και να συμβαδίσει, με τα κράτη της Ευρώπης, ο νεοκλασικισμός ήρθε στην κατάλληλη στιγμή να διακηρύξει και να υλοποιήσει την αναγέννηση του αρχαίου ελληνικού ιδεώδους. Ο συνδυασμός του καλλιτεχνικού κινήματος του νεοκλασικισμού με την «εκ της τέφρας» αναγέννηση της Ελλάδος, αποτέλεσε τη θεμελιώδη προϋπόθεση για την άμεση και ολοκληρωτική αποδοχή των αρχών του νεοκλασικισμού και την εγκαθίδρυσή του εδώ. Η σχέση της αρχαίας με την καινούρια Ελλάδα, γινόταν προφανής και αυταπόδεικτη. Από την άλλη πλευρά, η ευκαιρία που δινόταν στους καλλιτέχνες και κυρίως στους αρχιτέκτονες, ήταν αληθινά μοναδική. Μπορούσαν να μελετούν επί τόπου τα αρχαία μνημεία και να μεταφέρουν τα συμπεράσματά τους στα δικά τους έργα, μπορούσαν να αντιπαραβάλουν άμεσα τα δικά τους προς τα έργα της αρχαιότητας και μπορούσαν αυτό να το κάνουν σε ένα τόπο, όπου για τους περισσότερους Ευρωπαίους η αρχαιότητα ήταν ζωντανή, ή μπορούσε να ξαναζωντανέψει

Παρακάτω παρατίθενται μερικά παραδείγματα νεοκλασικών θεάτρων στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.

- **Strasbourg Opera House, France**

Μετά από μια φωτιά το 1800 που κατέστρεψε το προηγούμενο θέατρο, ετέθη σε εφαρμογή η κατασκευή ενός καινούργιου. Έτσι προέκυψε το νεοκλασικό αυτό κτήριο από τον αρχιτέκτονα Jean-Nicolas Villot (1782–1857) που άνοιξε το 1821.

Οι έξη μούσες κοσμούν την είσοδο, στην προέκταση της καθεμίας βρίσκεται και από μία κολώνα.



Εικόνα 2.1: Εξωτερική και εσωτερική άποψη του Strasbourg opera house.

- **Θέατρο Απόλλων, Πάτρα**

Το θέατρο «Απόλλων» βρίσκεται στην Πάτρα, στο κέντρο της πόλης, στη βορειοανατολική πλευρά της Πλατείας Γεωργίου Α΄ και κατασκευάστηκε το 1872 σε σχέδια του μεγάλου Γερμανού αρχιτέκτονα Ερνέστου Τσίλλερ.

Είναι μικρογραφία της Σκάλας του Μιλάνου και αποτελεί το παλαιότερο από τα σωζόμενα κλειστά θέατρα των νεότερων χρόνων και το εντυπωσιακότερο αρχιτεκτονικό στολίδι της πόλης της Πάτρας. Το θέατρο αποτελεί την κεντρική σκηνή του Δημοτικού Περιφερειακού Θεάτρου Πάτρας (ΔΗ.ΠΕ.ΘΕ) από την ίδρυση του δεύτερου κατά το 1988. Η χωρητικότητα του θεάτρου ανέρχεται σε 238 άτομα.



Εικόνα 2.2: Εξωτερική άποψη του θεάτρου Απόλλων, Πάτρας

- **Δημοτικό Θέατρο Πειραιά**

Το Δημοτικό Θέατρο του Πειραιά είναι ένα νεοκλασικό κτήριο που χτίστηκε σε σχέδια του αρχιτέκτονα Ιωάννη Λαζαρίμου κι εγκαινιάστηκε στις 9 Απριλίου του 1895. Το θέατρο έχει χωρητικότητα 600 θέσεων και βρίσκεται στο κεντρικότερο σημείο της πόλης του Πειραιά.

Μορφολογικά, το Δημοτικό Θέατρο εκπροσωπεί την αμιγή κλασικιστική παράδοση και είναι επηρεασμένο από τη γερμανική σχολή που εκπροσωπούσε ο Ερνέστος Τσίλλερ. Το κτίριο του θεάτρου είναι ορθογώνιου σχήματος, με διαστάσεις 34 X 45 μ. Η ήρεμη και σχετικά συντηρητική αισθητική[6] της όψης του τονίζεται από το πρόπυλο της κύριας εισόδου του, το οποίο αποτελείται από τέσσερις κορινθιακούς κίονες και αέτωμα. Στη στέγη του κτιρίου υπάρχει δώμα με στέγη, η οποία έχει κι αυτή αέτωμα στην πρόσοψη.

Στο εσωτερικό, η πεταλόσχημη αίθουσα κοινού, με πλατεία, θεωρεία και εξώστες σε τέσσερα επίπεδα, έχει χωρητικότητα περίπου 1.300 θέσεων. Την αίθουσα φώτιζε τεράστιος πολυέλαιος (σώζεται και σήμερα) που λειτουργούσε με γκάζι. Για τους ηθοποιούς είχαν προβλεφθεί άνετα καμαρίνια και ένα πολυτελές καθιστικό. Η σκηνή του θεάτρου διασώζεται σχεδόν αλώβητη: θεωρείται ένα από τα ελάχιστα ανάλογα σωζόμενα δείγματα της εποχής μπαρόκ στην Ευρώπη. Έχει διαστάσεις 20 X 14 μ. και διαθέτει προσκήνιο και χώρο ορχήστρας. Γύρω από το πέταλο της αίθουσας βρίσκεται το δώροφο φουαγιέ, στο οποίο αρχικά δίνονταν χοροεσπερίδες φιλανθρωπικών συλλόγων και διάφορες εκθέσεις σπουδαίων ζωγράφων. Επίσης, το θέατρο φιλοξένησε για μεγάλο χρονικό διάστημα τη Δημοτική Βιβλιοθήκη και τη Δημοτική Πινακοθήκη του Πειραιά.

Εξαιτίας της κλίμακας και της μνημειακής εμφάνισής του, το Δημοτικό Θέατρο του Πειραιά θεωρείται το κορυφαίο σωζόμενο ελληνικό θεατρικό κτίριο του 19ου αι.



Εικόνα 2.3: Εξωτερική άποψη Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά



Εικόνα 2.4: Λεπτομέρεια Νεοκλασικής πρόσοψης, Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά

2.2 Το κίνημα του μοντερνισμού

Με την έλευση του 20ου αιώνα και του μοντερνισμού στον τόπο μας, η νεοελληνική αρχιτεκτονική εμπλουτίζεται με εμβληματικά κτίρια που στεγάζουν την θεατρική τέχνη, όπως το θέατρο 'Ρέξ', το 'Παλλάς' κλπ. στην Αθήνα, το κτίριο Μακεδονικών Σπουδών στη Θεσσαλονίκη, και αλλού. Αυτή η κατηγορία κτιρίων ενώ χαρακτηρίζονται από την λιτότητα του κινήματος του μοντερνισμού διατηρούν τις μνημειώδεις διαστάσεις της εποχής που είχε προηγηθεί, και εμφανίζονται καθ' όλη την περίοδο του μεσοπολέμου. Όμως τα διακεκριμένα θέατρα της περιόδου εκείνης δεν είναι δυνατόν να καλύψουν τις αυξημένες ανάγκες της εποχής που θα ακολουθήσει μετά τον πόλεμο.

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' το 'θέατρο Άλφα' 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. 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. Παράλληλα η ανάπτυξη και της εγχώριας βιομηχανίας δομικών υλικών για ακουστικές εφαρμογές στον τόπο μας, διαμορφώνουν και τροφοδοτούν την αρχιτεκτονική ποιητική του σύγχρονου θεάτρου ολοέν και περισσότερο.

2.3 Το κίνημα μετά το «μοντέρνο»

Ο «μεταμοντερνισμός» αποτελεί ένα κίνημα που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1980. Εμφανίστηκε χρονικά μετά τον «μοντερνισμό», με αποτέλεσμα να

δημιουργεί αμφιβολίες για το αν πρόκειται για ένα κίνημα ενάντια στον μοντερνισμό ή εάν αποτελεί τη φυσική εξέλιξη του μοντέρνου.

Ο μεταμοντερνισμός άρχισε να αναπτύσσεται ως το κίνημα που θα έσωζε τις κοινωνίες από το διεθνές στυλ, τον γιγαντισμό και τα λοιπά «υπολείμματα» του καπιταλισμού. Κύριος σκοπός του μεταμοντέρνου ήταν να επαναφέρει στην κοινωνία αξίες που είχαν ξεχαστεί. Σε σύντομο χρονικό διάστημα ο όρος «μεταμοντερνισμός» είχε απήχηση και στις τέχνες, όπως τη ζωγραφική και τη λογοτεχνία, αλλά και στην κοινωνιολογία, τις πολιτικές επιστήμες και τον αστικό σχεδιασμό (urban design).

Ο όρος «μεταμοντέρνο» εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1962 ενώ μια πολύ προγενέστερη χρήση του εντοπίζεται το 1870 οπότε και χρησιμοποιήθηκε από τον βρετανό καλλιτέχνη John Watkins Chapman. Η πρόθεση «μετά» που διαφοροποιεί τον όρο από τον «μοντερνισμό» έχει διπλή έννοια, καθώς μπορεί να εκφράσει τον αρνητισμό που ακολουθεί μετά το πέρας μιας δημιουργικής περιόδου, αλλά και το θετικό αίσθημα που υπερβαίνει μια αρνητική ιδεολογία.

Ωστόσο, το μεταμοντέρνο έκανε την εμφάνισή του πριν τον «επίσημο θάνατο» του μοντέρνου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχει διχασμός όσον αφορά στην άφιξη του μεταμοντέρνου ως αντίδραση στο μοντέρνο ή ως φυσική εξέλιξη της μοντέρνας ζωής και των κοινωνικο-οικονομικών καταστάσεων. Σύμφωνα με τον Καρύδη [#] υπήρξε καταρχήν ο μεταμοντερνισμός των πρώτων μεταπολεμικών χρόνων (μετά το 1945 έως τις αρχές του 1980) που αποτελούσε την αντίδραση στον μοντερνισμό του μεσοπολέμου κι αυτός της σύγχρονης περιόδου (μετά το 1980) όπου επικρατούσε το κίνημα της περιβαλλοντικής ψυχολογίας και της μεθοδολογίας σχεδιασμού.

Η βασική διαφορά του μεταμοντέρνου από αυτήν του μοντέρνου κινήματος είναι ότι δεν υπάρχουν πλέον κανόνες ή αρχές για την οργάνωση και τον σχεδιασμό των πόλεων. Σύμφωνα με τον Καρύδη [#] «το κτίριο ή τα κτίρια δεν είναι επιβεβλημένα να «εγγράφονται» στον χώρο –μπορούν να «δημιουργούν» τα ίδια «χώρο» με την ακτινοβολία της προσωπικής τους αρχιτεκτονικής έκφρασης». Μπορεί ο «προϋπάρχων» πολεοδομικός ιστός να μη λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό, αλλά η προσωπική αντίληψη της αρχιτεκτονικής και της αισθητικής μπορεί να λειτουργήσει παράλληλα με την πολεοδομική παρέμβαση.

Οι αρχές των μοντέρνων πολεοδόμων που αναζητούν την «κυριότητα» της όλης και την αντιμετωπίζουν ως σύνολο, έχουν αντικατασταθεί με τη

μεταμοντέρνα αντίληψη της αστικής εξέλιξης ως μία ανεξέλεγκτη και «χαοτική» διαδικασία, στην οποία μπορούν να παίξουν η αναρχία και η αλλαγή.

Οι βασικές αυτές διαφορές προκύπτουν από τη διαφορετική αντίληψη που έχουν τα δύο κινήματα για τη διαχείριση του χώρου. Οι μοντέρνοι αντιλαμβάνονται τον χώρο ως κάτι το οποίο πρέπει να διαμορφωθεί για κοινωνικούς σκοπούς και κατά συνέπεια οφείλει να «υποτάσσεται» σε κάθε κοινωνικό σχέδιο ενώ οι μεταμοντέρνοι τον αντιλαμβάνονται ως κάτι ανεξάρτητο και αυτόνομο, το οποίο θα διαμορφωθεί σύμφωνα με τους αισθητικούς στόχους και με αρχές που δε σχετίζονται με οποιοδήποτε πρωταρχικό κοινωνικό στόχο, εκτός ίσως από την επίτευξη της διαχρονικής και «ανιδιοτελούς» ομορφίας.

Εν κατακλείδι, μεταμοντερνισμός είναι το αρχιτεκτονικό κίνημα επιστροφής της ανθρώπινης παρουσίας στην πόλη, με την έννοια του σχεδιασμού σε ανθρώπινη κλίμακα. Το μεταμοντέρνο ήρθε ως ένα νέο κίνημα με ανάγκη για περιβαλλοντική αειφορία, μια αυξανόμενη εκτίμηση για τις ιστορικές παραδόσεις, ένα έντονο ενδιαφέρον για το τοπικό και το συγκεκριμένο. Ενώ το μοντέρνο βασίζεται στην αναζήτηση της τυπικής τάξης, της ιεραρχίας και της πειθαρχίας, η μεταμοντέρνα προσέγγιση βασίζεται περισσότερο σε μία πιο ολιστική αντιμετώπιση της γνώσης.

2.4 Το κίνημα του 21ου αιώνα

Τέλη του 20ου αιώνα κι αρχές του 21ου εμφανίζεται ένα νέο κίνημα που διαδέχεται τον «μεταμοντερνισμό», με βασικά χαρακτηριστικά την τάση εκσυγχρονισμού, την καθαρότητα, την αφαιρετικότητα. Ενω στην αρχαιότητα το εργαλείο του Αρχιτέκτονα ήταν οι σκιές, στο Μοντέρνο είναι το φως, η διάχυσή του, η αντανάκλασή του, χωρίς τις σκιες, σύμφωνα με τον Wright [#], δάσκαλο της λιθοδομής. Δίνεται λοιπόν έμφαση στη χρήση των υλικών και του φωτός, στην αλληλουχία διαφορετικών υλικών, στην τεχνική τελειότητα, την αντιμετώπιση της λεπτομέρειας ως αυτόνομης σύνθεσης και στην πρόκληση άμεσης και βαθιάς εντύπωσης στον θεατή. Όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι γνωρίσματα της πρόσφατης αρχιτεκτονικής πρωτοπορίας και επαναπροσδιορίζουν αρχές του μοντέρνου.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής ο όρος «ευφυές» κτίριο. Το μοντέρνο μετασχηματίζεται, μετεξελλίσεται και αναδιατάσσεται στην πρόσφατη αρχιτεκτονική πρωτοπορία. Αποκτά μια αφαιρετική ελαφρότητα και υποστηρίζεται από μια όλο και πιο προωθημένη τεχνολογία.

- **Writers Theatre, Chicago, Illinois**

Το Writers Theatre, αρχικά ιδρύθηκε ως μία μη κερδοσκοπική εταιρεία για να προσφέρει ένα κατάλληλο περιβάλλον σε καλλιτέχνες της εποχής ώστε να εκφραστούν και να υλοποιήσουν τις ιδέες τους. Ξεκίνησε τη λειτουργία του σε ένα ημιυπόγειο χώρο ενός βιβλιοπωλείου στο Γκλανς το 1992. Λόγω της μεγάλης απήχησης, άνοιξε σύντομα έναν δεύτερο χώρο 108 θέσεων για να εξυπηρετήσει τις αυξημένες ανάγκες. Το 2007, η εταιρεία πραγματοποιεί την πρώτη παράσταση εθνικού επιπέδου. Σύντομα γνωρίζει τέτοια επιτυχία που το 2013 πετυχαίνει χρηματοδότηση ύψους 37 εκατομμυρίων ευρώ για να εξασφαλίσει μόνιμο χώρο, σύγχρονων προδιαγραφών στο Σικάγο. Η κατασκευή του νέου θεάτρου ολοκληρώνεται τον Φεβρουάριο του 2016 από τις βραβευμένες εταιρείες “Studio Gang Architects” και “Jeanne Gang, FAIA”, σε συνεργασία με τον Σύμβουλο Θεάτρου Auerbach Pollock Friedlander. Ανοίγει στο κοινό τον Μάρτιο του 2016, παρουσιάζοντας το έργο “Arcadia” του Tom Stoppard.

Το κτίριο είναι σύγχρονης αρχιτεκτονικής, επιβλητικό και θυμίζει σε πάρα πολλά την κατασκευή του Κέντρου Πολιτισμού του Ιδρύματος Νιάρχου. Φιλοξενεί μία αμφιθεατρική σκηνή, χωρητικότητας 250 θέσεων, καθώς και μία δεύτερη σκηνή, μικρότερη, 99 θέσεων.



Εικόνα 2.28: Εξωτερική και εσωτερική άποψη του Writers Theatre

3. 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 [#] και το 1996 [#]. Η μελέτη αυτή έχει ως αντικείμενο αποκλειστικά τις αίθουσες συναυλιών και μελοδράματος της κλασσικής περιόδου ανά την υφήλιο.

Μία ακόμα σπουδαία μελέτη ακουστικής που αξίζει να σημειωθεί πραγματοποιήθηκε από την Acoustical Society of America και δημοσιεύτηκε το 1986 [#]. 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 (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 [#,#,#] σε σύγχρονα αθηναϊκά θέατρα, η οποία αφορά φυσικές ακουστικές μετρήσεις και

πειράματα υποκειμενικής αντίληψης, η μελέτη μάλιστα κάποιων είναι ακόμα εν εξελίξει. Τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων αναφέρονται στον χρόνο αντήχησης (RT), στην απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G), στο κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (D_{50}) και στον θόρυβο βάθους (L_{Aeq}) 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 Sotiropoulou et al(1995) [8], ο Γερμανός H. Wilkens(1977) [9] κ.α.

Από την διατριβή της Sotiropoulou et al (1995) [8], 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
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
4. PROXIMITY	unbalanced – balanced	0.46
	distant – near	0.81
	remote – near	0.77
	enveloping – distant	-0.63

Πίνακας 3.1 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 3.2 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
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 3.3 Concert C in QEH

Στην συνέχεια, από την διατριβή του H.Wilkins (1977) [9] 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 (matt)
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 (verschommen)	-- 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)

Πίνακας 3.4 Αποτελέσματα μελέτης του H.Wilkens [6]

Επίπροσθέτως, είναι αναγκαίο να αναφερθεί η ύπαρξη μιας άλλης μελέτης της Sotiropoulou et al (2008) [10], 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.

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

Rating scales	Factors			Communalities h_r^2
	1	2	3	
(40 subjects)				
1 klein	0,95	-0,16	0,08	0,91
3 undeutlich	-0,16	0,84	0,38	0,88
4 weich	0,21	0,90	0,01	0,88
5 brillant	-0,70	-0,34	-0,56	0,93
6 rund	0,11	-0,90	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	-0,71	0,93
12 hell	-0,08	-0,39	-0,79	0,70
13 verschommen	-0,24	0,79	0,46	0,91
14 trocken	0,83	-0,37	-0,18	0,87
15 schwach	0,91	0,07	0,34	0,95
16 höhenbetont	-0,33	-0,23	-0,83	0,85
17 tiefenbetont	-0,37	0,42	0,48	0,74
19 leise	0,90	-0,01	0,34	0,91
(15 subjects)				
2 angenehm	0,19	-0,84	0,35	0,87
8 gefällt	-0,14	-0,94	-0,02	0,91
18 schön	-0,91	-0,00	0,25	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	-0,65	-0,65	0,13	0,87

Fig. 2.7 Results of factor analysis of acoustic evaluations in concert halls
(WILKENS, 1977)

Factor	Associated scales	Factor loadings	Percentage Variance	Cumulative Percentage Variance
1. TONAL QUALITY	Smooth - Rough	0.66	21.00	21.00
	Smooth - Harsh	0.69		
	Gentle - Harsh	0.55		
	Harsh - Velvety	-0.62		
	Smooth - Sharp	0.50		
	Bron - Unbron	0.77		
	Edgy - Smooth	-0.68		
	Clear - Nasal	0.67		
	Balanced - Unbalanced	0.67		
	Preferred - Non preferred	0.66		
	Loud - Silent	0.52		
	Light - Heavy	0.48		
	Faint - Strong	0.43		
In tune - Out of tune	0.55			
2. CLARITY	Clear - Dull	0.78	19.60	36.50
	Brilliant - Dim	0.76		
	Crystal - Muddy	0.73		
	Clear - Faded	0.74		
	Correct - Dark	0.70		
	Dark - Brilliant	-0.62		
	Clear - Hazy	0.61		
	Broad - Narrow	0.57		
	Dark - Transparent	-0.42		
	Cool - Warm	-0.40		
	Dark - Bright	0.39		
	Poor - Rich	-0.80		
	Live - Dried	0.72		
Full Bodied - Thin	0.66			
Faint - Strong	-0.57			
Woody - Metallic	0.57			
Loud - Silent	0.49			
Dark - Bright	-0.54			
Broad - Narrow	0.40			
4. PROXIMITY	Near - Far	0.55	9.60	57.30
	Near - Distant	0.51		
	Close - Distant	0.79		

Πίνακας 3.5 Παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του ακροατηρίου ηχογραφημένης τζαζ μουσικής

Ακόμα μία αξιοσημείωτη έρευνα όμως είναι και η μελέτη της Β. Μιχαλοπούλου [22], 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.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΔΙΠΟΛΙΚΕΣ	ΚΛΙΜΑΚΕΣ	ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ
1.ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	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 ΚΑΛΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ	-ΜΕ ΚΑΛΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ	-0,676
	ΛΑΜΠΡΟΣ	-ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ	0,562
	ΕΞΑΣΘΕΝΗΜΕΝΟΣ	-ΔΥΝΑΤΟΣ	-0,556
2.ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	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	
3.ΕΓΓΥΤΗΤΑ	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
4.ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	ΟΞΥΣ	-ΜΗ ΟΞΥΣ	0,774
	ΤΡΑΧΥΣ	-ΜΑΛΑΚΟΣ	0,736
	ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΣ	-ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΣ	0,687
	ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΜΕΝΟΣ	-ΑΙΧΜΗΡΟΣ	-0,650

Πίνακας 3.6 Παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του ακροατηρίου θεάτρου πρόζας

Εξίσου σημαντική είναι όμως και η διατριβή των Γ. Καραβόγλου και Γ. Φωτομαρά [5] στην οποία διερευνάται η ακουστική απόδοση σύγχρονων θεατρικών σκηνών στην Αθήνα.

Η εργασία των Πάνου και Σπύρου (Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2019) [28]

Συνοψίζει αποτελέσματα από 13εις Ελληνικές Σκηνές, από τον 19^ο και 21^ο αιώνα. Αυτά αναφέρονται στην αντίληψη τις ακουστικής όπως αυτό καταγράφηκε πειραματικά με Θεατρόφιλο κοινό. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα **3.7**

XVI. Table. Results of factor analysis of data obtained from the thirteen theatres. (Percentage variance accounted for by each factor is 28.12, 16.10 and 9.44 respectively. Standard error of loading for each of the three factors respectively: F1: ± 0.163 , F2: ± 0.166 , F3: ± 0.170). (1. Apollwn, 2. Municipal theatre of Piraeus, 3. National theatre, 4. Pallas, 5. Rex, 6. Alfa Idea, 7. Stoa, 8. Kappa, 9. Porta, 10. Tzeni Karezi, 11. Anesis, 12. Municipal theatre of Lamia, 13. Upper stage - SGT). Listed loadings are above 0,50.

Factor	Associated scales	Factor loadings	
1. FULL BODIED-VOLUMINOUS	rich	-poor	0.79
	voluminous	-thin	0.75
	full	-empty	0.72
	full bodied	-thin	0.70
	intimate	-remote	0.68
	preferred	-non preferred	0.68
	bright	-dim	0.66
	reverberant	-dry	0.65
	of poor tone	-of rich tone	-0.62
	faint	-strong	-0.60
	poor overall impression	-good overall impression	-0.60
	dead	-live	-0.58
	remote	-near	-0.55
	high	-low	0.52
	strong	-weak	0.51
2. CLARITY	good listening to female voice	-poor listening to female voice	0.85
	good listening to male voice	-poor listening to male voice	0.85
	loud	-faint	0.72
	well-defined	-ill-defined	0.56
	distinct	-blurred	0.55
	poor listening	-good listening	-0.53
3. SHARP-HARSH	sharp	-flat	0.72
	of harsh tone	-of rich tone	0.70
	rough	-smooth	0.66

[293]

Πίνακας 3.7 Παράγοντες από 13^α Θέατρα μαζί

Επίσης στις ανωτέρω 13εις Θεατρικές σκηνές έγιναν φυσικές ακουστικές Μετρήσεις και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο [Παράρτημα Θ]

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια της παραπάνω έρευνας και επιχειρεί τη διερεύνηση της ακουστικής περειαίρω 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.

4. ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ

4.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης

Η επιστήμη της ακουστικής εξελίχθηκε στην στροφή του 19ου αιώνα χάρις την μεγαλοφυΐα του W.C. Sabine [12], 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.

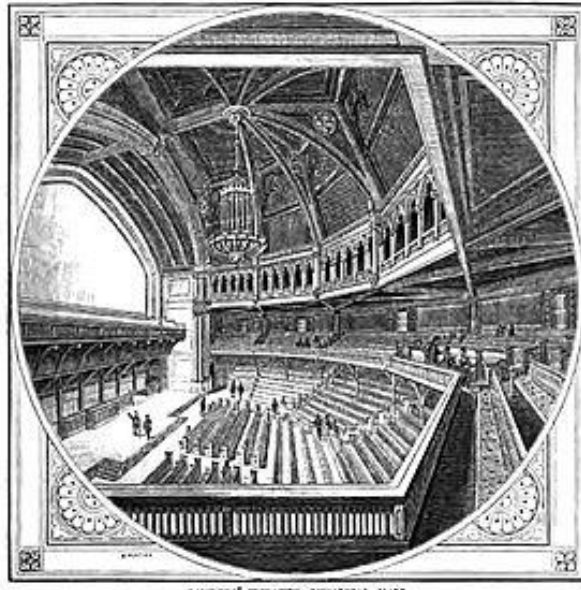


Εικόνα 4.1 Wallace Clement Sabine



Εικόνα 4.2 Εσωτερικό αμφιθεάτρου 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 θεωρούνταν 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.Α/Α.7.8.1]



SANDER'S THEATER, MEMORIAL HALL.

Εικόνα 4.3 Sander's Theater, Cambridge

4.2 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 [4].

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 [4,12].

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 [13,14].

4. Το **κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (D50)** 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 [4] 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 αντανakλαστικές επιφάνειες ή ο απευθείας ήχος. Το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων προτάθηκε στο δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα από τον Thiele [15] για να αποτιμήσει την ευκρίνεια της ομιλίας.

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

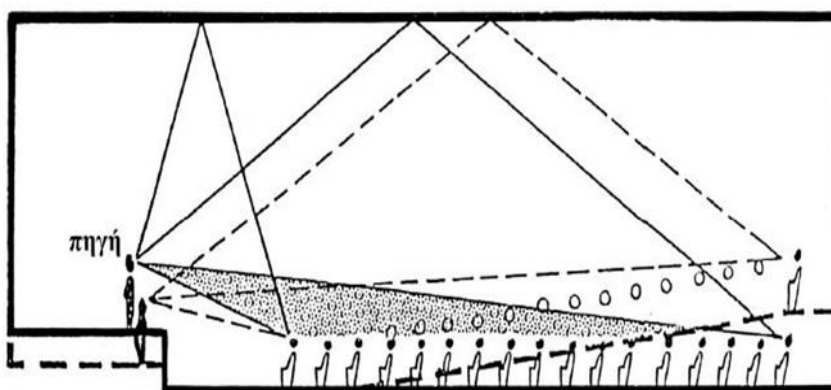
Περισσότερες πληροφορίες για τις παραπάνω παραμέτρους παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

4.3 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.

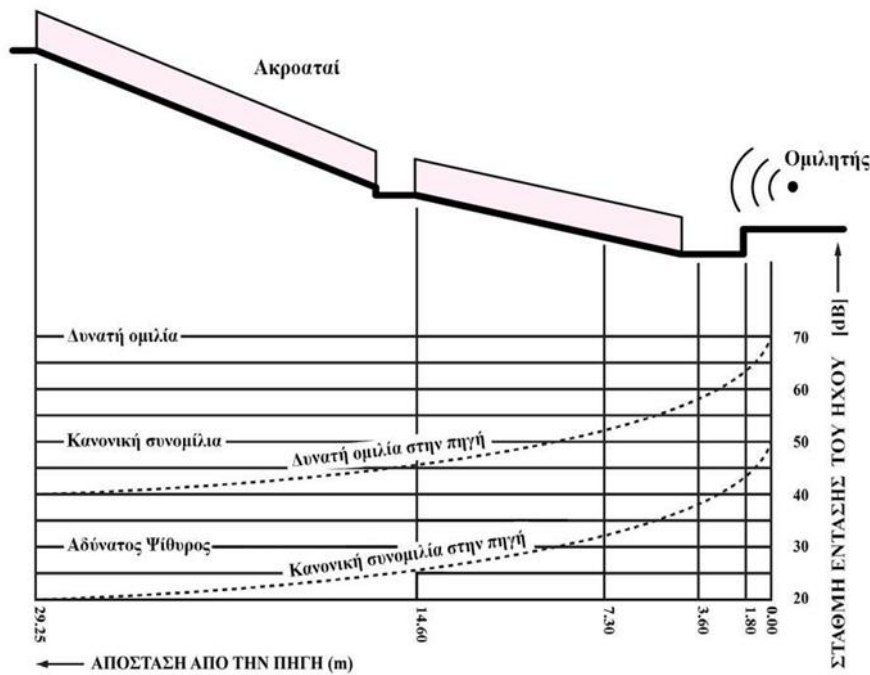
Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση εξέδρας για τον ομιλητή, την χρήση κεκλιμένου δαπέδου για το ακροατήριο ή τον συνδυασμό αυτών των δύο.



Εικόνα 4.4 Τομή κατά μήκος αίθουσας με ενδεικτική θέση εξέδρας και κλίση δαπέδου

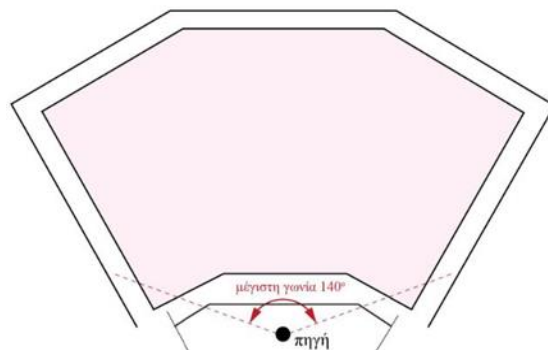
- ❖ Ελαχιστοποίηση αποστάσεων ομιλητή και ακροατηρίου

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 4.5 Πτώση της στάθμης απευθείας ήχου της φωνής του ομιλητή συναρτήσει της απόστασης από την πηγή

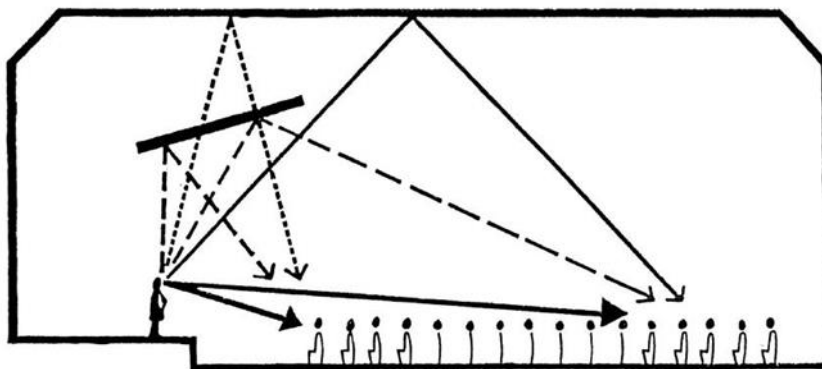
Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το ακροατήριο πρέπει να είναι διατεταγμένο εντός στερεάς γωνίας 140° ως προς τον ομιλητή. Πέραν αυτής της γωνίας η κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής είναι σημαντικά μειωμένη.



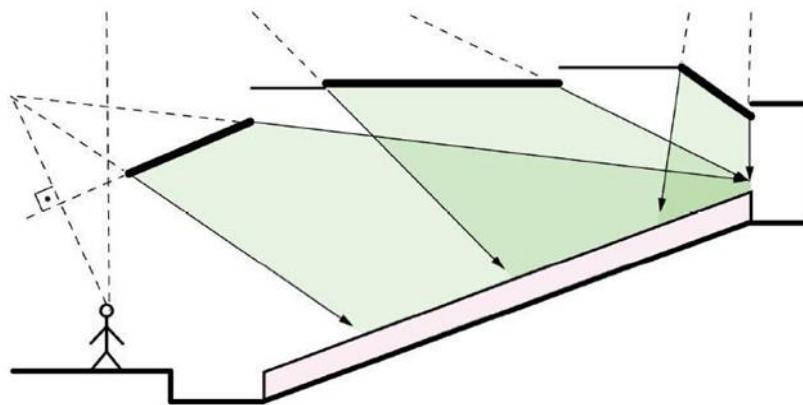
Εικόνα 4.6 Αμφιθεατρική διάταξη με διατεταγμένο ακροατήριο εντός γωνίας 140°

❖ Εξασφάλιση πρώιμων ανακλάσεων

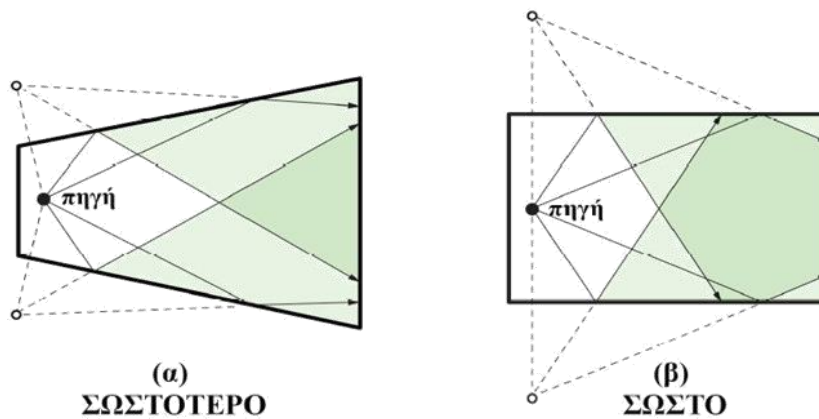
Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ανακλαστικών επιφανειών, οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από τον ομιλητή, στην οροφή ή στις πλευρικές παρειές. Η επιφάνειά τους πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη ως προς το μήκος κύματος του ήχου και πρόκειται για άκαμπτα υλικά με λείο και σκληρό τελείωμα π.χ. επίχρισμα,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



Εικόνα 4.7 Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων, με υψηλή οροφή. Ανακλαστήρας τοποθετημένος πάνω από τον ομιλητή



Εικόνα 4.8 Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων. Ανακλαστική ψευδοροφή τοποθετημένη με κατάλληλη κλίση.



Εικόνα 4.9 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 [12] είναι γνωστό ότι ο χρόνος αντήχησης αποτελεί συνάρτηση του όγκου και των ηχοαπορροφητικών υλικών της αίθουσας, οπότε απαιτείται κατάλληλος συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

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

Στο πλαίσιο της παρούσης εργασίας επιλέχθηκαν τρία αθηναϊκά θέατρα. Αναλυτικότερα, επιλέχθηκαν το Θέατρο «Ρέξ», το Θέατρο «Βέμπο» και το Θέατρο «Ριάλτο – Αλέκος Αλεξανδράκης»

Θέατρο	" Βέμπο "	" Ρέξ "	"Ριάλτο"
Χρονολογία	1950	1930	1964
Αρχιτέκτονας	-	Αδερφοί Σκιαδαρίδη	-
Χωρητικότητα (άτομα)	622	638	292
Όγκος (m ³)	2565	4130	1896
Όγκος ανά άτομο (m ³)	4,12	6,47	6,49
Μήκος (m)	22,5	16,56	17,5
Πλάτος (m)	22,9	23,0	21,0
Ύψος (m) [min - max]	6,14	11,68	5 - 6
Εμβαδόν (m ²)	614	381,00	460
RTmid (s)*	0,73	1,30	0,80

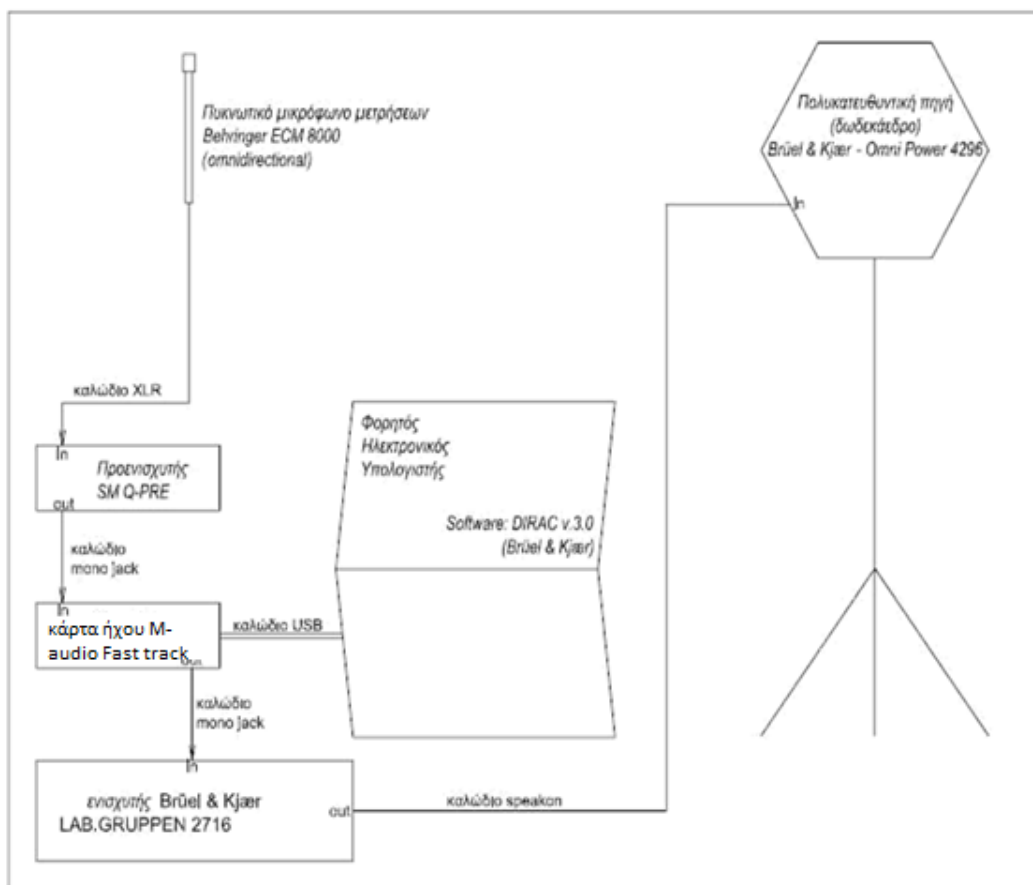
Πίνακας 5.1: Παράδειγμα φορτίσεων κλιμάκων

5.1 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

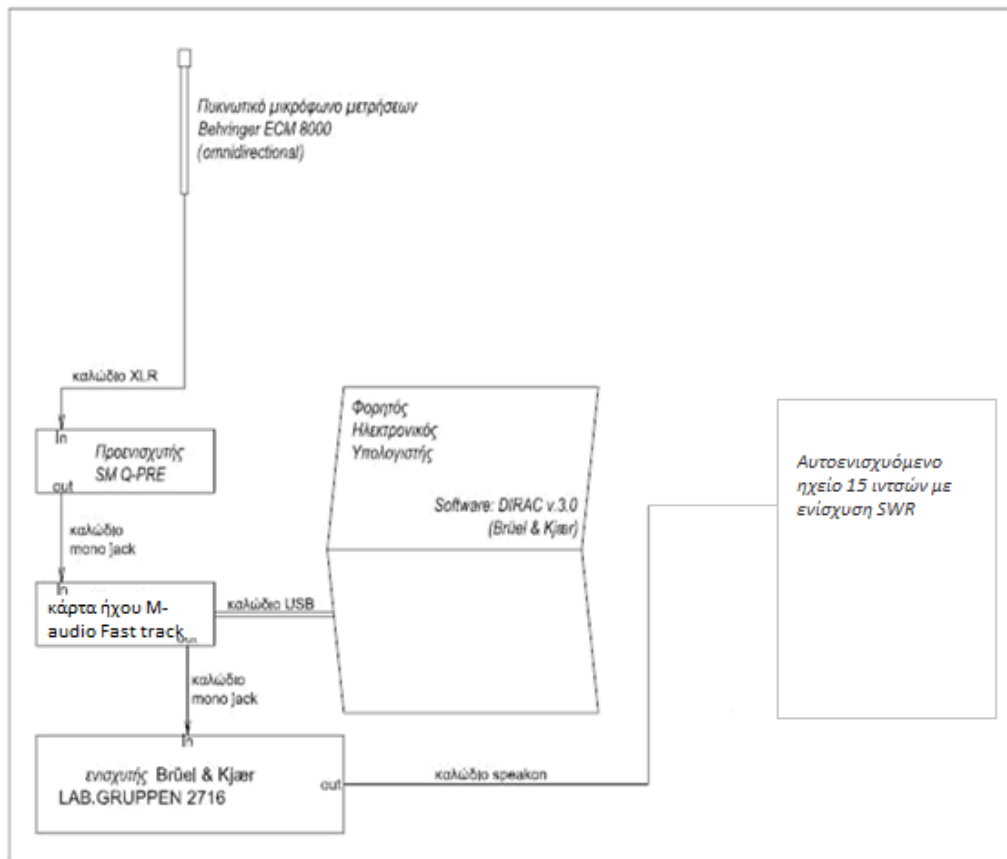
Για την αποτίμηση της ακουστικής κάθε αίθουσας, ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία, η οποία εστιάζει στην καταγραφή φυσικών ακουστικών παραμέτρων και την ερμηνεία αυτών. Οι παράμετροι αυτές είναι ο χρόνος αντήχησης (RT), ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT), το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50), ο λόγος των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων (C80), 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.

5.2 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Οι ακουστικές μετρήσεις έγιναν με σύγχρονο εξοπλισμό της Brüel & Kjær 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 [16]. 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



Εικόνα 5.1: Αναλυτική διάταξη εξοπλισμού με την ισότροπη πηγή



Εικόνα 5.2: 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.Α/Α.7.9], λαμβάνοντας υπόψιν τον θόρυβο βάθους, 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 [m³]

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 [16] 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.

Για τον χρόνο αντήχησης λήφθηκαν υπόψιν τα αποτελέσματα του T30 . Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των θέσεων μέτρησης για κάθε συχνότητα και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα. Σημειώνεται ότι το επιθυμητό εύρος τιμών από 0,75 έως 1,00 sec κατά Barron.

Για τον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων υπολογίστηκε η μέση τιμή των θέσεων μέτρησης για χαμηλές, μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Άκόμη υπολογίστηκε ο μέσος όρος των θέσεων μέτρησης για κάθε

συχνότητα και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα. Το επιθυμητό εύρος παρέμεινε το ίδιο από 0,75 έως 1,00 κατά Baron.

5.3 Μεθοδολογία πειραμάτων αντίληψης

5.3.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory) που αναπτύχθηκε από τον C.Osgood (Osgood et al 1957) [17] 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.Ε].

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. Περαιτέρω πληροφορίες για την μεθοδολογία των κλιμάκων υπάρχουν στο Παράρτημα Ε.

5.3.2 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 et al,1957) [17]. 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.

5.3.3 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 Β [ΠΑΡ.Β/Β.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 Β [ΠΑΡ.Β/Β.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 Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.3].

5.3.4 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 πίνακα 5.1 που ακολουθεί και παρουσιάζει τις φορτίσεις ανά παράγοντα που προέκυψαν στο Θέατρο «Βέμπο».

Παράγων	Κλίμακες Αξιολόγησης	Συντελεστές Φόρτισης		
F1: Ευκρινεια	Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,83	
	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	0,82	
	Με υψηλή ακουστότητα	Με χαμηλή ακουστότητα	0,8	
	Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0,78	
	Πλούσιος	Πτωχός	0,78	
	Γεμάτος	Κενός	0,77	
	Με απόσταση	Χωρίς απόσταση	0,74	
	Με αμεσότητα	Απόμακρος	0,74	
	Στρογγυλεμένος	Αιχμηρός	0,71	
	Υψηλός	Χαμηλός	0,67	
	Λαμπρός	Σκοτεινός	0,66	
	Διαυγής	Μπερδεμένος	0,65	
	Δυνατός	Αδύναμος	0,64	
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	0,62	
	Με Όγκο	Χωρίς Όγκο	0,6	
	Άψυχος	Ζωντανός	-0,86	
	F2: Εγγυης- Δυνατος	Απόμακρος	Εγγυής	0,73
		Τραχύς	Μαλακός	0,7
			Μη	
		Διαπεραστικός	Διαπεραστικός	0,7
Με κακή γενική εντύπωση		Με καλή γενική εντύπωση	0,65	
Οξύς		Μη Οξύς	0,62	
Εξασθενημένος		Δυνατός	0,5	

Πίνακας 5.1: 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 Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.4].

5.3.5 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 (1969) [18]. 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 Β [ΠΑΡ.Β/Β.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.

5.3.6 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 Β [ΠΑΡ.Β/Β.3].

Οι μεταβλητές της εργασίας είναι οι ακόλουθες: η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η αντίληψη της ακουστικής που εκφράζεται μέσω του μεγέθους Mean Factor Score, ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι φυσικές παράμετροι του ήχου. Συγκεκριμένα αυτές οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία είναι οι εξής : T30 ή RT, D50, G και LAeq σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Συνεπώς, προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε πως επηρεάζουν οι φυσικές παράμετροι του ήχου την αντίληψη της ακουστικής.

5.4 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 [24]. 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 | _____ |
στην ακρόαση
ανδρικών ρόλων

Χωρίς ευκρίνεια
στην ακρόαση
ανδρικών ρόλων

Με ευκρίνεια | _____ |
στην ακρόαση
γυναικείων ρόλων

Χωρίς ευκρίνεια
στην ακρόαση
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. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται συγκεντρωτικά ο αριθμός των ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν, ανά θέατρο:

<u>ΘΕΑΤΡΟ</u>	<u>ΔΕΙΓΜΑ</u> <u>ΑΤΟΜΩΝ</u>
Ρεξ	68
Ριάλτο	41
Βέμπο	26
Συνολικά	135

Πίνακας 5.2: Διανομή ερωτηματολογίων

Οι θεατρικές παραστάσεις επιλέχθηκαν λόγω διαθεσιμότητας και ήταν οι εξής:

- «Μπαμπά μην ξαναπεθάνεις Παρασκευή» στο Θέατρο «Ριάλτο – Αλέκος Αλεξανδράκης»
- «Δαιμονισμένοι» στο Θέατρο «Ρέξ»
- «Ζορμπάς» στο Θέατρο «Βέμπο»

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

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 μεγάφωνων, 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 στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έλαβε χώρα σε

τρία θέατρα, το «Ρέξ», το Θέατρο «Βέμπο» και το Θέατρο «Ριάλτο – Αλέκος Αλεξανδράκης» για τρεις παραστάσεις σε δύο διαφορετικές ημέρες για κάθε παράσταση. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε αναλύσεις, μία ανάλυση χωριστά για κάθε μία από τις τρεις αίθουσες, μία για τις τρεις αίθουσες μαζί και μία για τις οχτώ συνολικά αίθουσες, που περιλαμβάνουν τις τρεις παραπάνω, δύο αίθουσες του νεοκλασικισμού και τρεις αίθουσες του μοντερνισμού (αποτελέσματα των οποίων βρέθηκαν σε διπλωματικές εργασίες του ΕΜΠ [18]). Αρχικά εξήχθη η default τιμή σε παράγοντες για κάθε μία από αυτές. Λόγω πληρότητας όμως, επιτράπηκε στο παραγοντικό μοντέλο να εξάγει από δύο 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 έξι πρώτες αναλύσεις και σε σχέση με τη μεταβολή των αιθουσών στις δύο τελευταίες. 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.

6. Μελέτη θέατρο «ΡΙΑΛΤΟ»

Ο κινηματογράφος Ριάλτο, όπως λεγόταν τότε ήταν ο καλύτερος κινηματογράφος των Βαλκανίων. Των Βαλκανίων ήταν όντως, γιατί δεν υπήρχε άλλο. Όλοι οι άλλοι κινηματογράφοι ήταν με χαλίκι κάτω. Αυτό ήταν πλακόστρωτο, με μάρμαρα, με θεωρεία, με τραπεζάκια και καρέκλες. Κάθε δύο καρέκλες υπήρχε τραπεζάκι που έβαζες το ποτό σου. Ξεκίνησε ως θερινός κινηματογράφος [εικόνα ...], όπως και λειτούργησε από το 1935 έως το 1964. Στη θέση του ομώνυμου θερινού, ως θερινός και χειμερινός πλέον λειτούργησε από το 1964 έως 1990, πολύ μοντέρνος (για την εποχή του) και καλοφτιαγμένος, ξεχώριζε από το πλήθος. Διέθετε εξώστη και, αν και στο ισόγειο πολυκατοικίας, λειτουργούσε και το καλοκαίρι με πλευρικά ανοίγματα. Συμπεριλαμβανομένου του εξώστη διέθετε 950 θέσεις. Μετατράπηκε σε θέατρο (Νέο Ριάλτο και στη συνέχεια Αλέκος Αλεξανδρινής) με μείωση του χώρου της πλατείας για επέκταση της σκηνής. Από το 1991 μέχρι σήμερα λειτουργεί ως θέατρο (Αλέκος Αλεξανδράκης)



Εικόνα 6.1: Εξωτερική άποψη του θεάτρου Ριάλτο, Κυψέλης 54



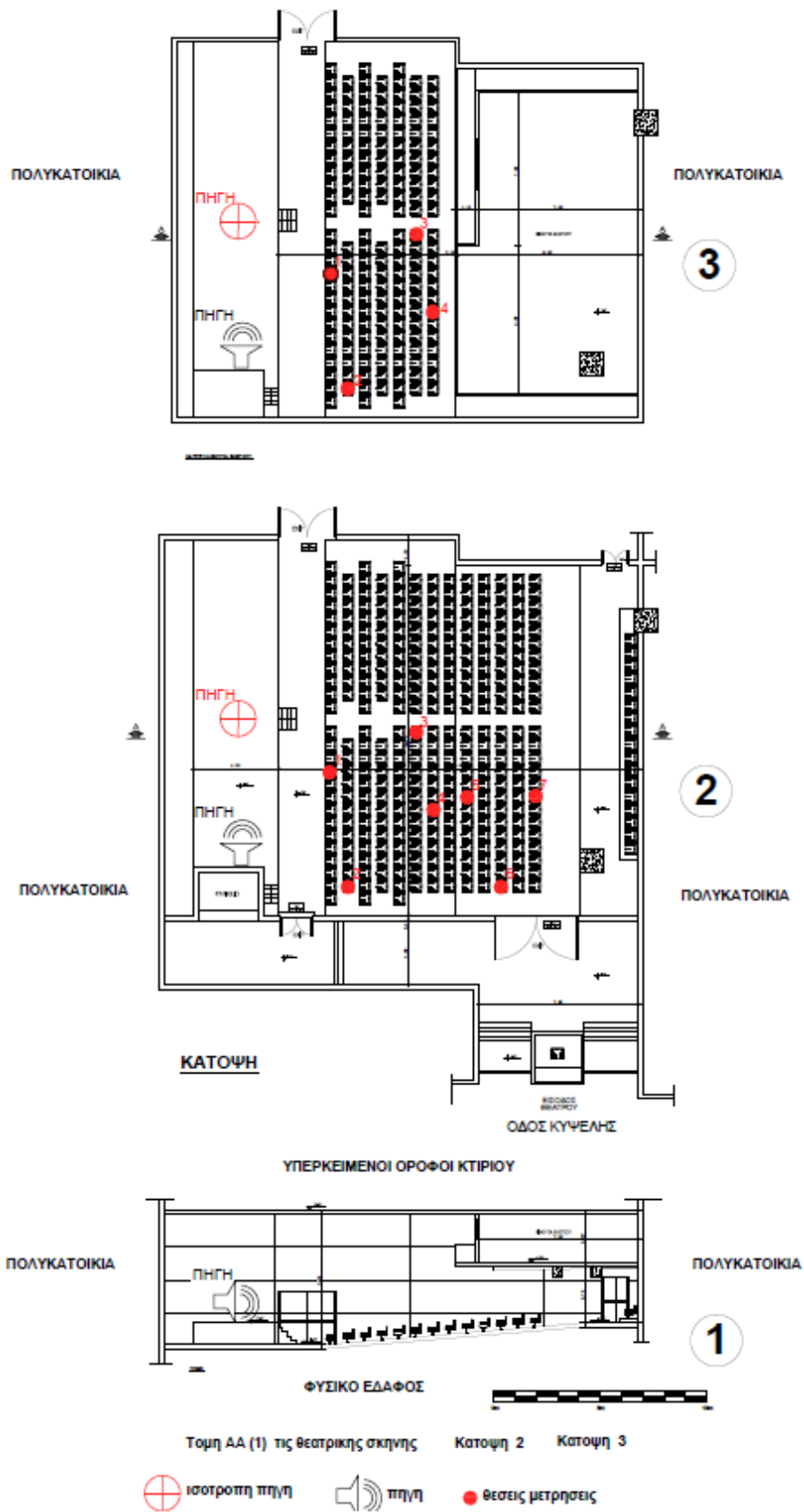
Εικόνα 6.2: Εσωτερική άποψη Θεάτρου Ριάλτο



Εικόνα 6.3: Άποψη καθισμάτων από την σκηνή του θεάτρου Ριάλτο



Εικόνα 6.4: Άποψη της σκηνής από τα καθίσματα του θεάτρου Ριάλτο



Εικόνα 6.5

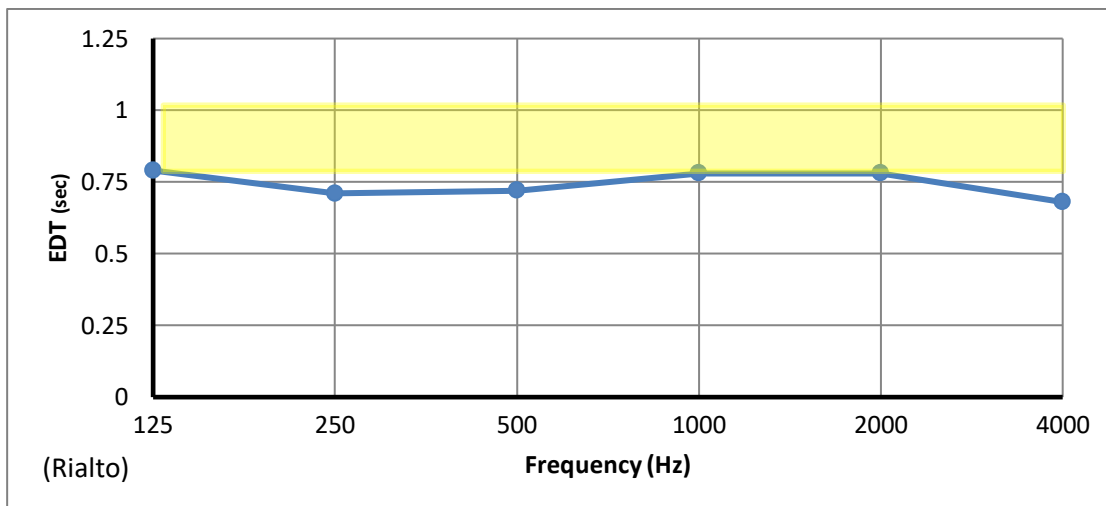
6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις των φυσικών ακουστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έπειτα έγινε πινακοποίηση των δεδομένων ανάλογα με την κάθε αίθουσα και τις παραμέτρους που μετρήθηκαν, όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε.

Στον πίνακα 6.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων (RT_{bass}/RT_{mid}) και υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{treble}/RT_{mid}).

RT_{bass}/RT_{mid}	0,95
RT_{treble}/RT_{mid}	0,94

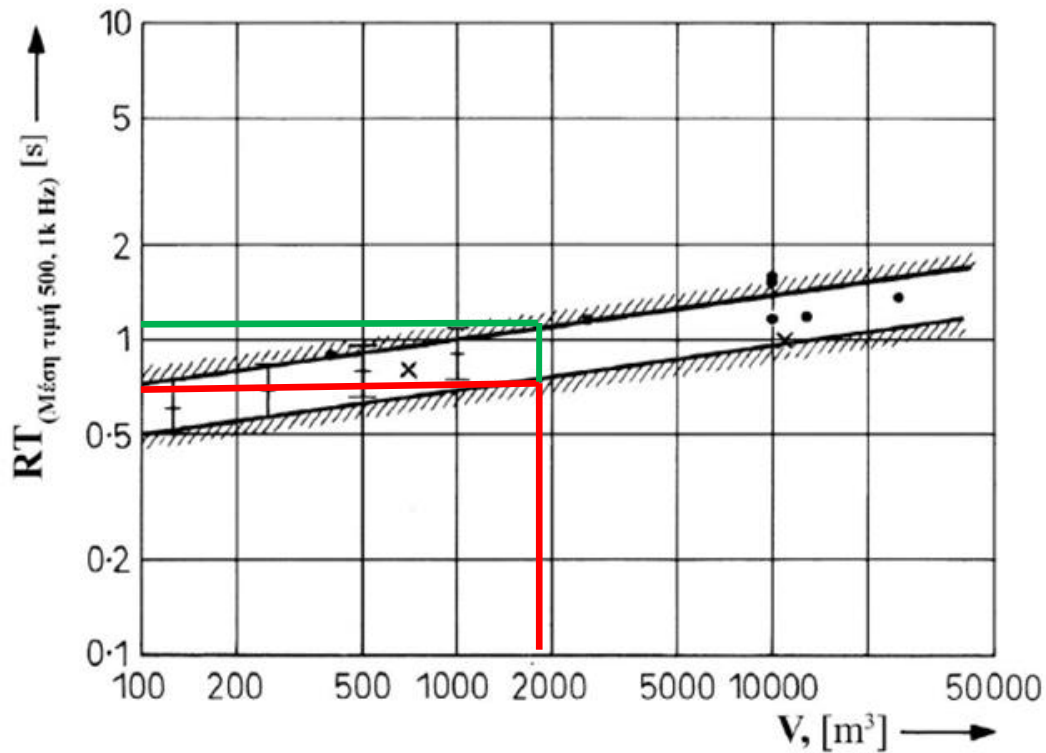
Πίνακας 6.1: Λόγοι των χρόνων αντήχησης



Εικόνα 6.6: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων συναρτήσει του φάσματος συχνοτήτων, στο θέατρο «Ριάλτο» (*Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum, in theatre “Rialto”*).

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

Στη εικόνα 6.7 που ακολουθεί σημειώνονται τα επιθυμητά όρια του χρόνου αντήχησης ανάλογα με τον όγκο της αίθουσας. Έτσι για όγκο περίπου 1900 m³ δηλαδή όσος είναι ο όγκος του θεάτρου «Ριάλτο» , λαμβάνεται επιθυμητό εύρος τιμών από 0,75 έως 1,1 sec.

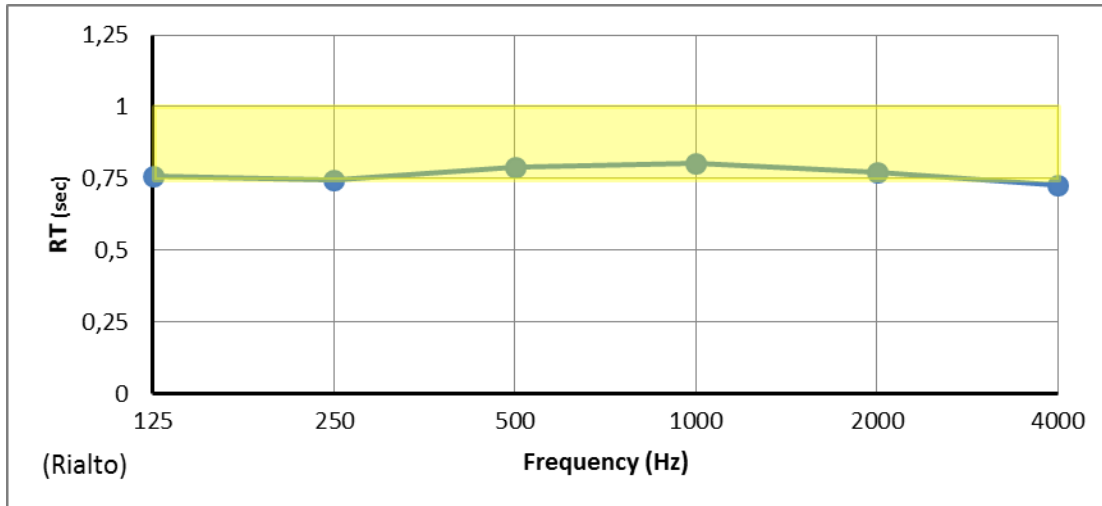


Εικόνα 6.7: Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήχησης (RT) για αίθουσες ακρόασης ομιλίας συναρτήσει του όγκου (V) του χώρου.

Άνω όριο: επιτυγχάνονται σχετικά υψηλές στάθμες ήχου (με πράσινο χρώμα)

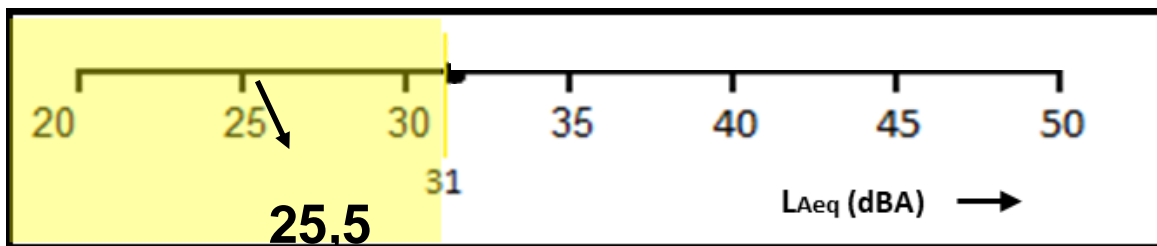
Κάτω όριο: επιτυγχάνεται σχετικά υψηλή υποκειμενική ευκρίνεια (με κόκκινο χρώμα)

(Cremel et al 1982) [17]



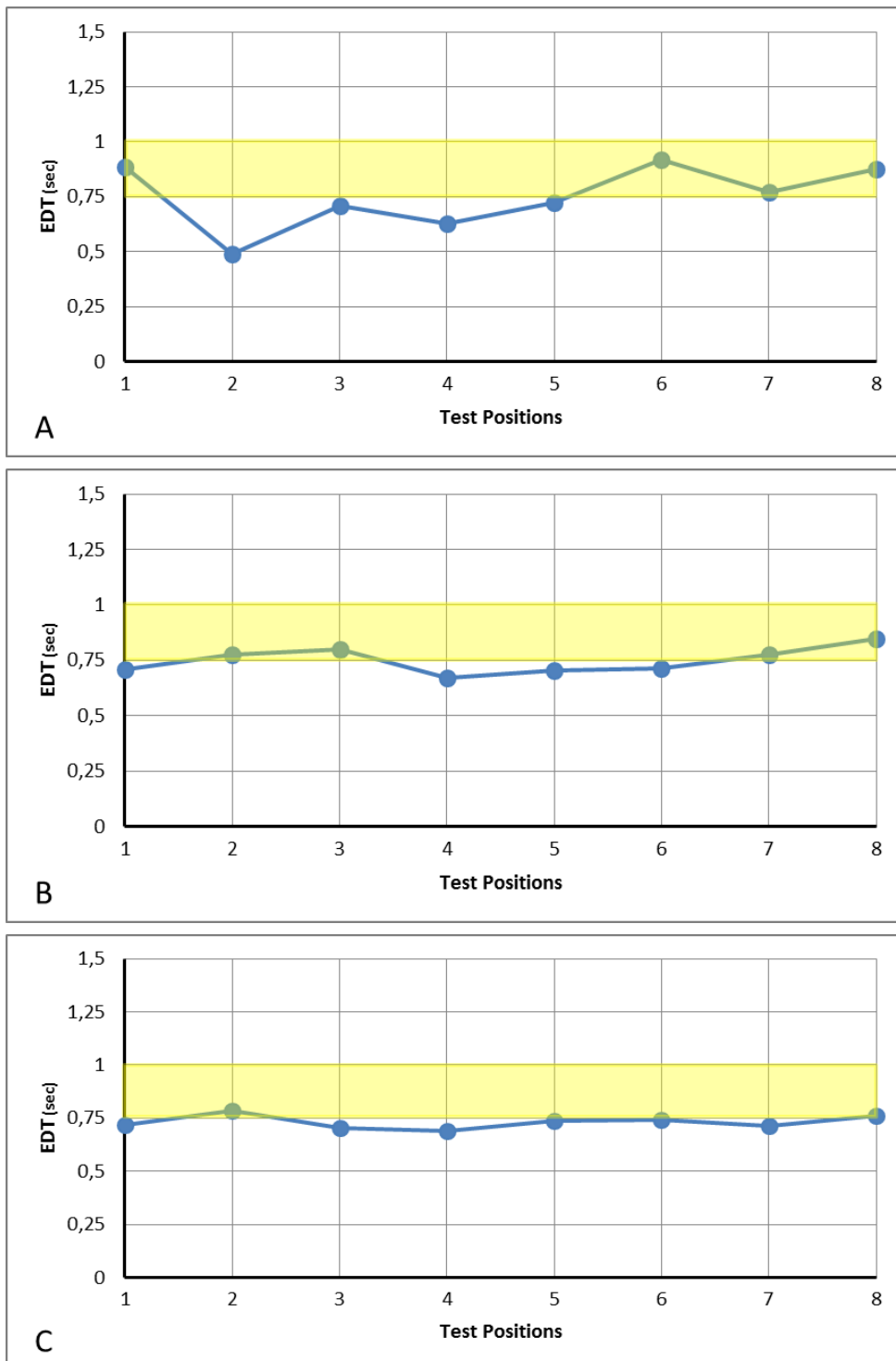
Εικόνα 6.8: Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης συναρτήσει του φάσματος συχνοτήτων, στο θέατρο „Ριάλτο“ (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum, in theatre „rialto“).

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



Εικόνα 6.9: Διάγραμμα θορύβου βάθους στο θέατρο «Ριάλτο» (Measurements of the background noise level in theatre “Rialto”).

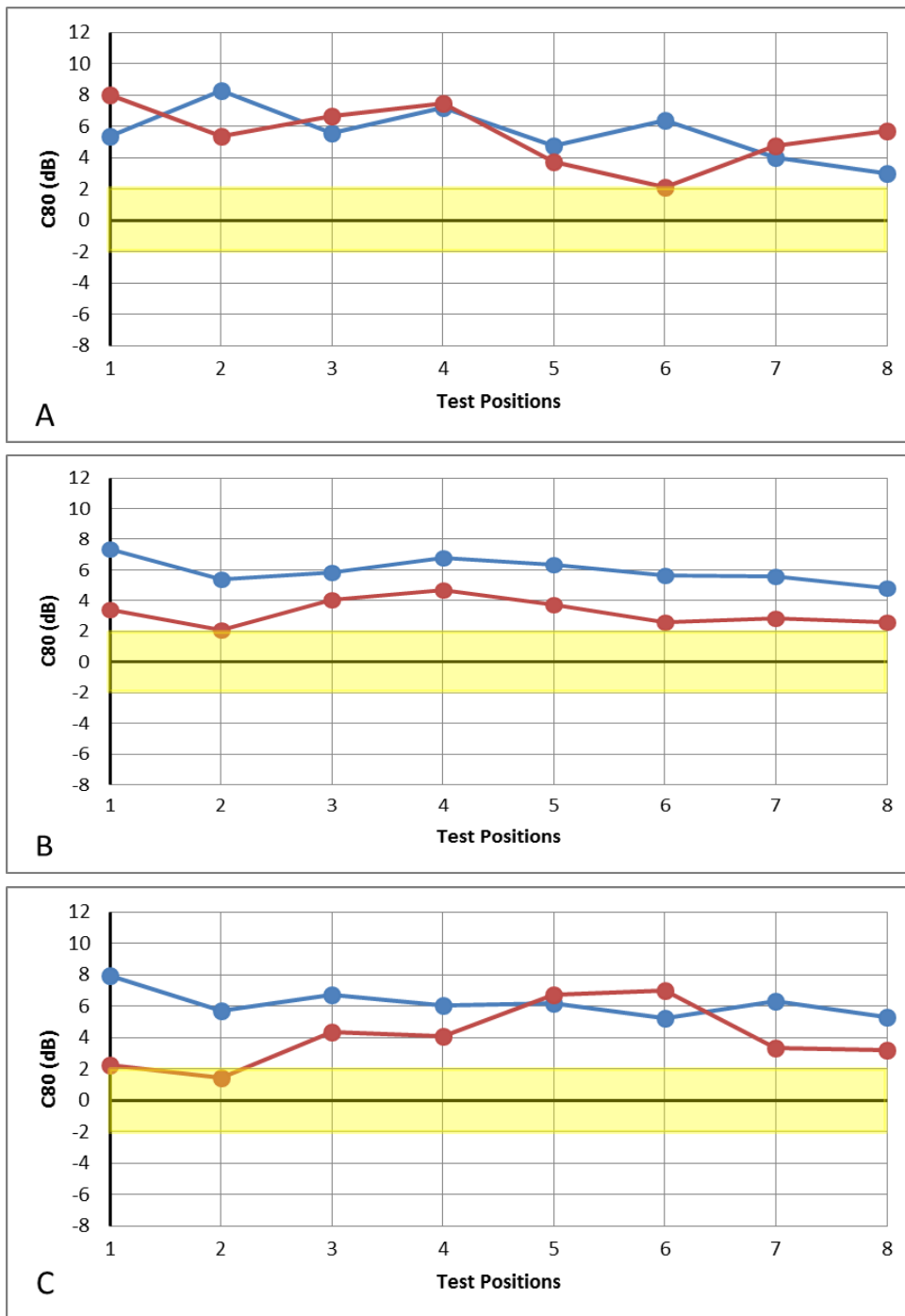
— Ανεκτό όριο ≤ 31 dBA (*recommended values ≤ 31 dBA*).



Εικόνα 6.10: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) στο θέατρο «Ριάλτο» (*Measurements of the Early Decay Time in theatre “Rialto”*).

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

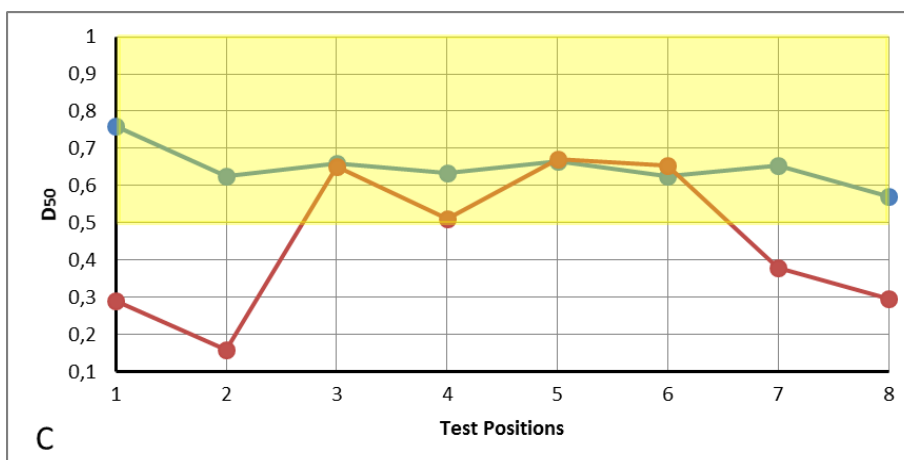
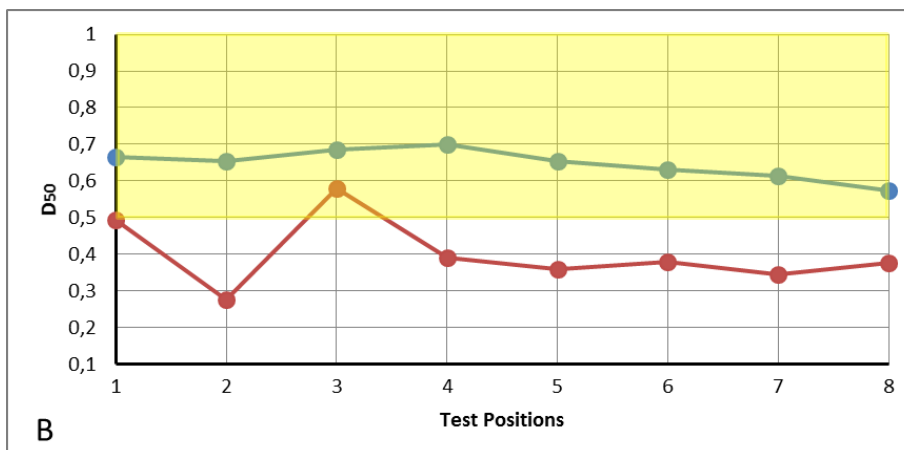
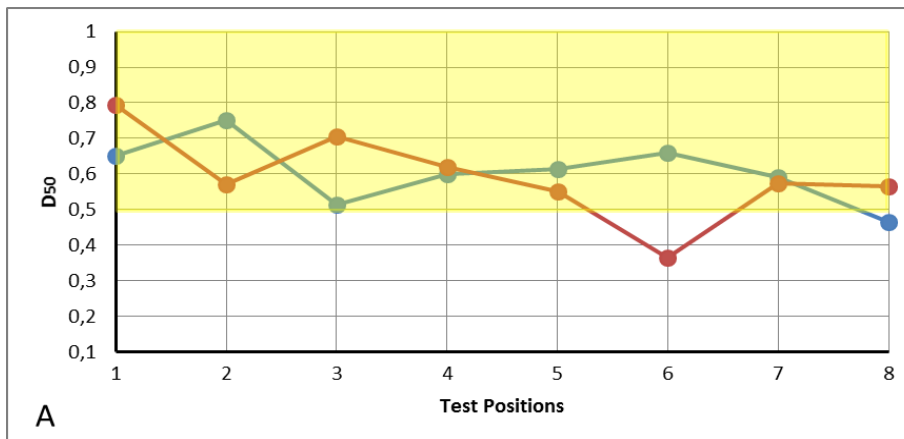
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*) — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



Εικόνα 6.11: Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις C80 ή 80(E-to-L) στο θέατρο «Ριάλτο» (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio or C80 in theatre “Rialto”*).

A. Χαμηλές συχνότητες (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Μεσαίες συχνότητες (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Υψηλές συχνότητες (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

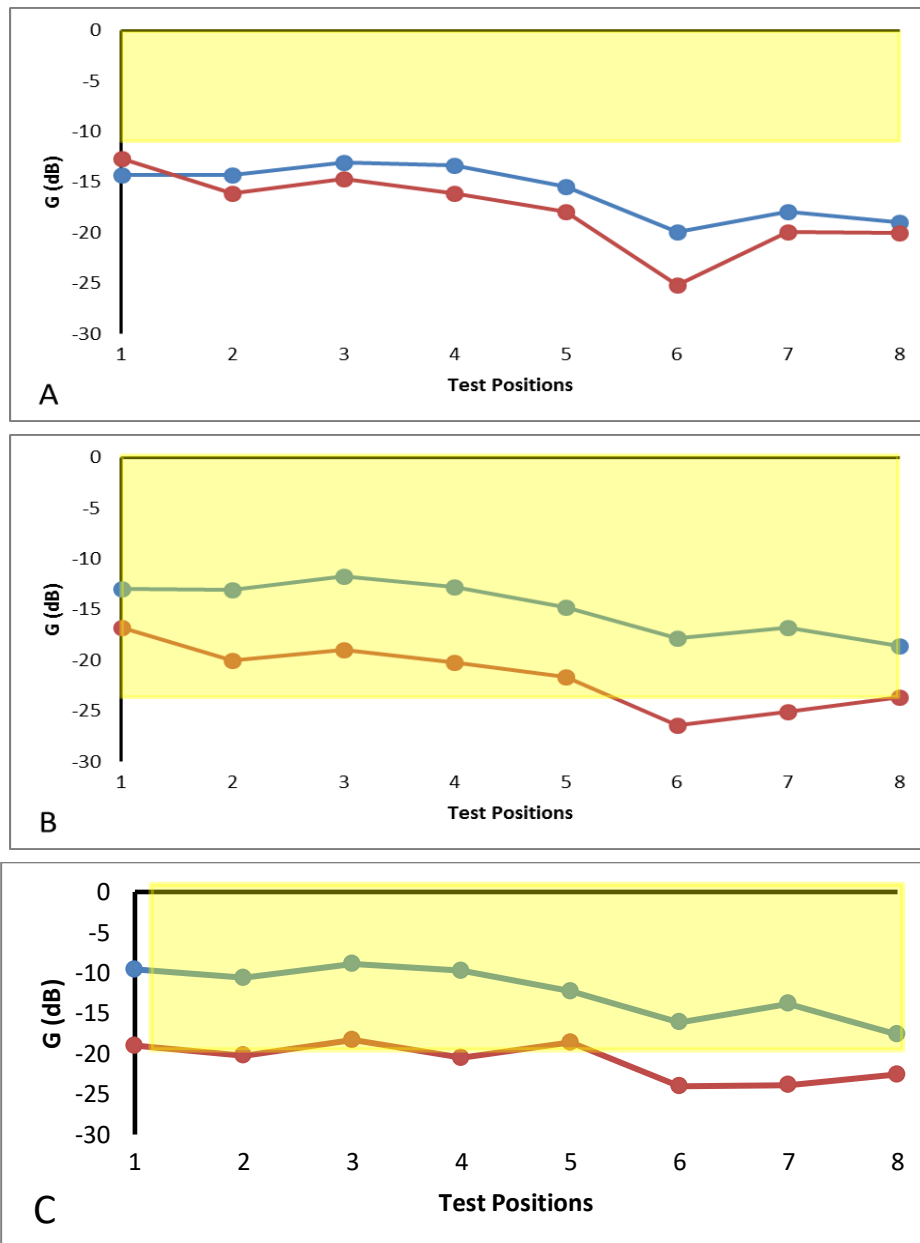
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*) — Κατευθυντική πηγή (*directional source*) — Επιθυμητά όρια για κλασική μουσική (*recommended values for classical music*) [#]



Εικόνα 6.12: Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων D50 ή 50EEF στο θέατρο «Ριάλτο» (*Measurements of the 50ms early energy fraction or D50 in theatre “Rialto”*).

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 6.13: Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου (G) ως προς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (0 dB), στο θέατρο «Ριάλτο» (*Measurements of the speech sound level Re speech level at 1 m. from source, in theatre “Rialto”*).

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 συχν. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχν. “>-23,5 dB”, **C.** Για τις υψηλές συχν. “>-18,5 dB” (*recommended values: A. For mean oct. bands 125, 250 Hz “>-11 dB”, B. For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, C. For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”*)

6.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Το πείραμα αντίληψης πραγματοποιήθηκε μια φορά στη θεατρική αίθουσα του **ΡΙΑΛΤΟ** κατά τη διάρκεια της παράστασης «Μπαμπά μην } σε σκηνοθεσία «Αλέξανδρος Ρήγας»[Βλέπετε Παράρτημα Z] Κατανεμήθηκαν και συμπληρώθηκαν από το ακροατήριο 26 ερωτηματολόγια. Θα πρέπει να σημειωθεί επιπλέον, πως οι θέσεις των θεατών που αποκρίθηκαν στο πείραμα ήταν συγκεκριμένες με βάση τις φυσικές μετρήσεις που προηγήθηκαν, αλλά τα χαρακτηριστικά τους ήταν τυχαία (τυχαίο δείγμα).Αξιο αναφοράς σχετικά με τις συνθήκες του πειράματος είναι ότι κατά τη διάρκεια της παράστασης ενίσχυσαν τον ήχο μικρά μεγάφωνα. Τέλος παρατηρήθηκαν πως η μέση ηλικία των θεατών ήταν από 15-60

Έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δυο έως έξι (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω δυο παραγόντων ,οι όποιοι είναι γεμάτος, δυνατός και με ευκρίνεια και εξηγούν το 48,09% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα (6.2)

Πινάκας 6.2: Αποτελέσματα της κατά παράγοντες ανάλυσης στο Θέατρο Ριάλτο
 (Results of factor analysis of date obtained during performance in Rialto Theatre)
 Επιλέγονται συντελεστές φόρτισης μεγαλύτεροι του 0,50. Το ποσοστό της διακύμανση
 που εξηγεί ο κάθε παράγοντες είναι 29.34 και 18.76 αντιστοιχα.
 (Listed loadings are above 0,50. Percentage variance accounted for by each factor is
 29.34 and 18,76, respectively)

Παραγων	Κλιμακες Αξιολογησης	Συντελεστες Φορτισης		
F1: ΓΕΜΑΤΟΣ ΔΥΝΑΤΟΣ	Γεματός	Κενός	,84	
	Δυνατός	Αδύναμος	,83	
	Υψηλός	Χαμηλός	,82	
	Δίαυγης	Μπέρδεμενος	,81	
	Με αμεσότητα	Απόμακρος	,73	
	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	,60	
	Στρογγυλεμένος	Αιχμηρός	,59	
	Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,51	
	Λαμπρός	Σκοτεινός	,50	
	Πτωχός σε τονική πυκνότητα	Πλούσιος σε τονική πυκνότητα	-,58	
	Απόμακρος	Εγγυής	-,65	
	Εξασθενημένος	Δυνατός	-,76	
	F2: ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,70
		Πλούσιος	Πτωχός	,65
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων		Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,65	
Με Όγκο		Χωρίς Όγκο	,63	
Λαμπρός		Σκοτεινός	,63	
Δυσχερής στην ακρόαση		Ευχερής στην ακρόαση	-,52	
Διαπεράστικος		Μη Διαπεράστικος	-,55	
Με παρουσία θορύβου		Απουσία θορύβου	-,56	
Με κακή γενική εντύπωση		Με καλή γενική εντύπωση	-,63	
Τραχύς		Μαλακός	-,64	

Πινάκας 6.3:Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα (Fi) για το θέατρο Ριάλτο (*Standard error of loadings for each factor for theatre “Rialto”*).

ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	
<i>παράγοντας F1</i>	<i>παράγοντας F2</i>
0,398	0,406

Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικροτερο του + 0,50 (βλ πινάκα 6.6),εμείς θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές

Για κάθε παράγοντα, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ των θέσεων μέτρησης με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της ανάλυσης της διακύμανσης τα αποτελέσματα φαίνονται στον πινάκα (6.7)

Πινάκας 6.4: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης στο θέατρο Ριάλτο (*Results of ANOVA Analysis for theatre “Rialto”*).

Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μετρήσεις για κάθε παράγοντα.

(Comparison of subjective factor scores between test positions).

Παράγων	F(Στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
F1	8,254	0,000
F2	1,253	0,305

Τα αποτελέσματα του πίνακα 6.7 δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που ερμηνεύτηκε ο παράγων **F1** «Γεματος - Δυνατος» από θέση σε θέση και πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω αν η διαφορά αυτή οφείλεται στη διαφορά κάποιας φυσικής παραμέτρου ή λόγω της απόστασης από την πηγή, από θέση σε θέση.

Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση (Simple Linear Regression Analysis) όπου χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Factor Scores του παράγοντα αυτού ως εξαρτημένη μεταβλητή, κι ως ανεξάρτητη μεταβλητή

χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Principal Component Score της κύριας συνιστώσας που προκύπτει από την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες των φυσικών παραμέτρων και της απόστασης από την πηγή.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες δίνει δυο κύριες συνιστώσες ως την default τιμή. Κατά την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες χρησιμοποιήθηκαν οι φυσικές παράμετροι ως ένα μέσος όρος ανά οκταβική ζώνη για κάθε θέση και η απόσταση από την πηγή για κάθε θέση μέτρησης.

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση για την ισότροπη πηγή παρουσιάζονται στον πίνακα 6.6

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες των φυσικών παραμέτρων που προέκυψαν από την ισότροπη πηγή και της απόστασης από την πηγή, για το θέατρο «Ριαλτο». (*Results of principal components analysis of physical parameters obtained with the omnidirectional source and the distance from the source, from "Rialto"*). Το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί η κύρια συνιστώσα είναι 84,613% . (*Percentage variance accounted for the extracted principal component is 84,613%*).

Κυρίες συνιστώσες (Pci)	Φυσικές παραμετροι	Συντελεστες Φορτισης
PC1 (41,608 συνολικής διακυμασης)	Gmid	,988
	Glow	,978
	Ghigh	,971
	Υψος	,920
	D50mid	,873
PC2 (21,535 συνολικής διακυμασης)	D50low	,929
	C80low	,812
PC3 (21,469 συνολικής διακυμασης)	C80mid	,906

Πίνακας 6.6: Οι σχέσεις μεταξύ των παραγόντων αντίληψης και των φυσικών συνιστωσών, για την κατευθυντική πηγή, στο «Ριαλτο». (*Relationships between subjective factors and physical components with directional source for theatre “Ριαλτο”*).
 *Η λύση της γραμμικής παλινδρόμησης δεν είναι σημαντική (*regression solution is not significant*)

Concept	Factor (Fi)	Physical Measurement	R ²	b	sig
	F1	.*			
	F2	PC1	0,385	-0,296	0,137
		PC2	0,248	0,238	0,256
		PC3	0,001	-0,017	0,941
	F2	.*			

Από τις παραπάνω αναλύσεις προκύπτει ότι η διαφορά στον τρόπο που το κοινό αντιλήφθηκε κι ερμήνευσε τον παράγοντα F2 «Ευκρίνεια», δε σχετίζεται με τις κύριες συνιστώσες που εξήχθησαν, δηλαδή με τις φυσικές παραμέτρους που προέκυψαν από τις μετρήσεις, με την ισότροπη πηγή, και την απόσταση από την πηγή.

6.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης

6.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Για τον χρόνο αντήχησης (RT) οι μετρήσεις έδειξαν ότι βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Αυτό μας δείχνει ότι η ηχοαπορρόφηση είναι αρκετά καλή.

Ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) βρίσκεται και αυτός μέσα στα επιθυμητά όρια. Τα αποτελέσματα των δύο παραπάνων παραμέτρων μας δείχνουν, καθώς οι τιμές είναι σχετικά σταθερές κατά μήκος όλου του εύρος συχνοτήτων ότι μέσα στον χώρο έχουμε διάχυτο ηχητικό πεδίο.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50), για την ισότροπη πηγή, τα αποτελέσματα βρίσκονται εντός επιθυμητών ορίων σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πλούσιος πρώιμος ήχος γεγονός που οφείλεται στις μικρές αποστάσεις Θεατού ακροατή αλλά και στον μικρό όγκο του Θεάτρου που καθιστά τις ανακλαστικές επιφάνειες αρκετά κοντά στο ακροατήριο. Για την κατευθυντική πηγή τα αποτελέσματα βρίσκονται σε κάποιες θέσεις εκτός επιθυμητών ορίων και επιβεβαιώνουν ότι μερίδα του ακροατηρίου προς την οποία έχει στραμμένα τα νώτα του ο ομιλητής δεν δέχεται επαρκείς πρώιμες ανακλάσεις.

Όσον αφορά τις μετρήσεις του λόγου των πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις (C80) οι τιμές κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων εκτός επιθυμητών τιμών κάτι που είναι λογικό καθώς αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται σε αίθουσες που προορίζονται για κλασική μουσική. Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) της ισότροπης πηγής, οι τιμές των μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων βρίσκονται εντός επιθυμητών ορίων. Στις χαμηλές συχνότητες οι τιμές βρίσκονται εκτός ορίων. Αυτό αιτιολογείται από την μεγάλη απορρηφικότητα του χώρου.

Για την κατευθυντική πηγή οι τιμές βρίσκονται μόνο στις μεσαίες συχνότητες εντός ορίων. Στις χαμηλές είναι όλες οι τιμές εκτός. Στις υψηλές συχνότητες έχουμε εντός αλλά και εκτός ορίων τιμές. Όσο ο ακροατής κάθεται πιο απομακρισμένα από τον ομιλητή και ο τελευταίος έχει στραμμένα τα νώτα του προς

τον ακροατή προκύπτουν τιμές εκτός ορίων καθώς ο ήχος διανύει μεγαλύτερη απόσταση και απορροφάται πριν φτάσει στον ακροατή.

Τέλος, μετρήθηκε η στάθμη θορύβου βάρους (LAeq) 25,5 dBA, η οποία βρίσκεται κάτω από το ανώτατο όριο των 31 dBA. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το θέατρο είναι περικυκλωμένο από κτίρια και στην είσοδο του διαθέτει μια ζώνη ανάσχεσης.

6.3 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης

Το ποσοστό διακύμανσης είναι 48.099% με δυο καθαρούς δυνατούς παράγοντες παράγοντας που είναι ισχυρότερος και κυριαρχεί στην αντίληψη της ακουστικής είναι ο **F1**: «Γεμάτος-Δυνατός» κι αναφέρεται κυρίως σε ήχο κενός, αδύναμος ,υψηλός με χαρακτηριστικές κλίμακες αξιολόγησης. Με «Γεμάτος - Κενός», «Δυνατός - Αδύναμος», «Υψηλός - Χαμηλός», «Διαυγής - Μπερδεμένος» «Με αμεσότητα – Απόμακρος» « Προτιμητέος – Μη προτιμητέος» «Στρογγυλεμένος – Αιχμηρός» «Με ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών» «Λαμπρός – Σκοτεινός» «Πτωχός με τονική ποιότητα – Πλούσιος σε τονική ποιότητα» «Απόμακρος – Εγγύησης» «Εξασθενημένος – Δυνατός». Συνολικά ο παράγων **F1** καλύπτει το 29.334% της συνολικής διακύμανσης.

Ο δεύτερος παράγοντας **F2** «Ευκρίνεια» αναφέρεται στην ευκρίνεια τον όγκο και την λαμπρότητα του ήχου με ποσοστό διακύμανσης 18,764.Αναλυτικότερα,χαρακτηρίζεται από τις διπολικές μεταβλητές «Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρολών – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρολών », «Με ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών», «Με όγκο – Χωρίς Όγκο», «Λαμπρός - Σκοτεινός», «Δυσχερής στην ακρόαση - Ευχερής στην ακρόαση», «Διαπεραστικός – Μη διαπεραστικός», «Με παρουσία θορύβου – Απουσία θορύβου» «Με κακή γενική εντύπωση – Με καλή γενική εντύπωση» «Τραχύς – Μαλακός» Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί πως οι χαρακτηρισμοί για τη γενική εντύπωση και την προτίμηση βρίσκονται στον παράγοντα F2 «Ευκρίνεια», που υποδηλώνει ότι για το κοινό σημαντικότερο ρόλο στην καλή ακουστική του συγκεκριμένου θεάτρου έπαιξε ρόλο η ευκρίνεια, η καθαρότητα και η ευχέρεια

στην ακρόαση. Παρατηρούμε ότι οι μεταβλητές «Με ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών» «Λαμπρός – Σκοτεινός» είναι floating δηλαδή φορτίζει και τον παράγοντα «Γεμάτος-Δυνατός» και τον παράγοντα «Ευκρίνεια» σημαίνει ότι οι μισοί περίπου απ' το κοινό βάσισαν την προτίμηση τους στην ευκρίνεια και οι άλλοι στη δύναμη γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη μικρών ηχείων για την ενίσχυση του ήχου κάτι που προσδίδει ένταση και ζωντάνια στο τελικό ακουστικό αποτέλεσμα και εγείρει το κοινό να δηλώνει ότι το προτίμα

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης και μέσω της μεθόδου ανάλυσης της διακύμανσης προκύπτει ότι μεταξύ των θέσεων του θεάτρου υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, όσον αφορά τον παράγοντα **F1**: «Γεμάτος-Δυνατός» κα **F2** « Ευκρίνεια», Το εύρημα αυτό εξηγείται πιθανώς από το γεγονός από την ύπαρξη μικρόφωνου όποτε και ο πρώτος παράγοντας να οφείλεται σε αυτό ενώ ο δεύτερος παράγοντας είχε μια διαφοροποίηση που σχετίζεται με την οροφή του θεάτρου που χαμηλώνει στις πίσω θέσεις ,εκεί οι ακροατές είχαν την αίσθηση ότι ο υψηλός και δυνατός ήχος μειώνεται.

6.4 Συμπεράσματα

Αυτό που βλέπουμε από τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις για το θέατρο Ριάλτο είναι ότι πρόκειται για ένα αρκετά αξιόλογο θέατρο με καλή ακουστική. Αυτό σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στο ότι το θέατρο είναι μικρό με μικρές αποστάσεις ομιλητή – ακροατή και ότι οι ανακλαστικές επιφανείες βρίσκονται αρκετά κοντά στα καθίσματα με αποτέλεσμα να έχουμε πλούσιες πρώιμες ανακλάσεις.

Το θέατρο διαθέτη επίσης αρκετά καλή ηχοαπορρόφηση. Ο χρόνος αντήχησης είναι μέσα στα επιθυμητά όρια, και είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο στο φάσμα δηλαδή έτσι όπως συνίσταται.[5]

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων αντίληψης έδειξαν ότι η ακουστική ερμηνεία της αντίληψης εκφράζεται καλύτερα μέσω δυο παραγόντων. Με την μέθοδο ανάλυσης της διακύμανσης προκύπτει ότι μεταξύ των θέσεων του θεάτρου δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, άρα ο θεατής όποια θέση και να λάβει

μέσα στο θέατρο θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο. Αυτό δείχνει ένα θέατρο καλά σχεδιασμένο .

Ο θόρυβος βάθους που μετρήθηκε μας δείχνει ότι η αίθουσα είναι καλά ηχοπροστατευμένη και αναδεικνύει την πλεονεκτική τοποθέτηση του θεάτρου ως κτιρίου στο ισόγειο και το υπόγειο πολυώροφου κτιρίου με όμορα κτήρια κατά το συνεχές σύστημα δόμησης επίσης διαθέτη φουαγιέ ως ζώνη ανάσχεσης μεταξύ τις πρόσοψης του κτιρίου και τις αίθουσας τον παραστάσεων.

. Σε αυτό το θέατρο η αντίληψη της ακουστικής ερμηνεύεται καλύτερα μέσω δυο παραγόντων. Από τη μέθοδο ανάλυσης της διακύμανσης πρόεκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αντίληψη του παράγοντα F2 «Ευκρίνεια» και συμπεραίνουμε ότι η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο γεγονός πως το θέατρο είναι μικρό και στο βάθος η οροφή του χαμηλώνει και πιθανών από το γεγονός την ύπαρξη μικρόφωνου οι θεατές να μην μπορούσαν να αντιληφτούν καθαρά την ομιλία και οι ακροατές να είχαν την αίσθηση ότι ο υψηλός και δυνατός ήχος μειώνεται.

. Την μεταβολή τις αντίληψης από θέση σε θέση δεν μπόρεσαν να τις εξηγήσουν οι φυσικές μετρήσεις διότι αυτές είχαν πραγματοποιηθεί κάτω από διαφορετικές συνθήκες .Με μείζονα κυρίως διαφορετικότητα την παρουσία μικρών μεγαφώνων την ώρα τις παράστασης.

Τέλος, το Θέατρο Ριάλτο δεν είναι κατάλληλο για διεξαγωγή μουσικών δρώμενων, όμως φαίνεται ότι το θέατρο είναι ηχοπροστατευμένο από τον αστικό θόρυβο, αφού η τιμή του θορύβου βάθους είναι στα 25,5 dBA, γεγονός που οφείλεται στη ζώνη ανάσχεσης (φουαγιέ) μεταξύ της αίθουσας και της οδό Κυψέλης.

7. Μελέτη θεάτρου «ΡΕΞ»

Στις αρχές της δεκαετίας του 1930, οι αδελφοί Σικιαρίδη, ο Σίμος, ο Φιλάρετος και ο Αλέκος, ταξίδεψαν στη Νέα Υόρκη. Επέστρεψαν γεμάτοι ιδέες για τον κόσμο του θεάματος και τα νέα, υπερσύγχρονα μέγαρα ψυχαγωγίας που στην Αμερική άλλαζαν ριζικά το τοπίο. Οι νέες ιδέες αλλά και το δαιμόνιο πνεύμα των αδελφών Σικιαρίδη βρίσκονται πίσω από τη δημιουργία του «Ρεξ» στην καρδιά της Αθήνας. Χαιρετίστηκε με περηφάνια ως ένα «building εις τας Αθήνας», για το νεοϋορκέζικο πνεύμα που έφερνε στην πρωτεύουσα. Ογδόντα δύο χρόνια μετά τα εγκαίνιά του (έγιναν στις 22 Ιανουαρίου 1937), το «Ρεξ» είναι συνυφασμένο με αναμνήσεις γενεών αλλά και με το καλλιτεχνικό παρόν, καθώς το Εθνικό Θέατρο το κρατά ζωντανό και ακμαίο. Ομως, πριν από 82 χρόνια δεν ήταν καθόλου αυτονόητη η κατασκευή ενός τόσο υπερσύγχρονου κτιρίου πολυθεαμάτων, με κινηματογράφο στο ισόγειο (Rex, «ο πολυτελέστερος και τελειότερος της Ευρώπης»), θέατρο (Κοτοπούλη, 1.400 θέσεων) ακριβώς από πάνω και «Σινεάκ», 700 θέσεων στο υπόγειο. Έλεγαν τότε οι διαφημίσεις: «Το καμαρώνουν οι Αθηναίοι και οι ξένοι το ζηλεύουν».

Έργο του αρχιτεκτονικού διδύμου Βασίλη Κασσάνδρα και Λεωνίδα Μπόνη, που προ ετών είχαν συνεργαστεί για το συγκρότημα του Μετοχικού Ταμείου Στρατού, το «Ρέξ» ήταν κοσμογονία. Η απόγονος των αδελφών Σικιαρίδη, η αρχιτέκτων Ελισάβετ Σικιαρίδη που μελετά την οικογενειακή ιστορία, παρατηρεί πως «την απόφαση για την επένδυση (με κεφάλαιο που έφεραν οι Σίμος, Φιλάρετος και Αλέκος Σικιαρίδης από τη Βηρυτό που υπήρξε το κέντρο της διεθνούς εμπορίας υφασμάτων) πρέπει, μεταξύ άλλων, να επηρέασε και ο επιχειρηματίας Σπύρος Σκούρας». Ο Σκούρας ήταν τότε κορυφαίος παράγων της κινηματογραφικής βιομηχανίας στις ΗΠΑ, έκανε εισαγωγές ταινιών και αναζητούσε χώρους προβολής. «Στον Σκούρα ανέθεσαν κατόπιν οι αδελφοί Σικιαρίδη την εκμετάλλευση του κινηματογράφου Rex», λέει η Ελισάβετ Σικιαρίδη.

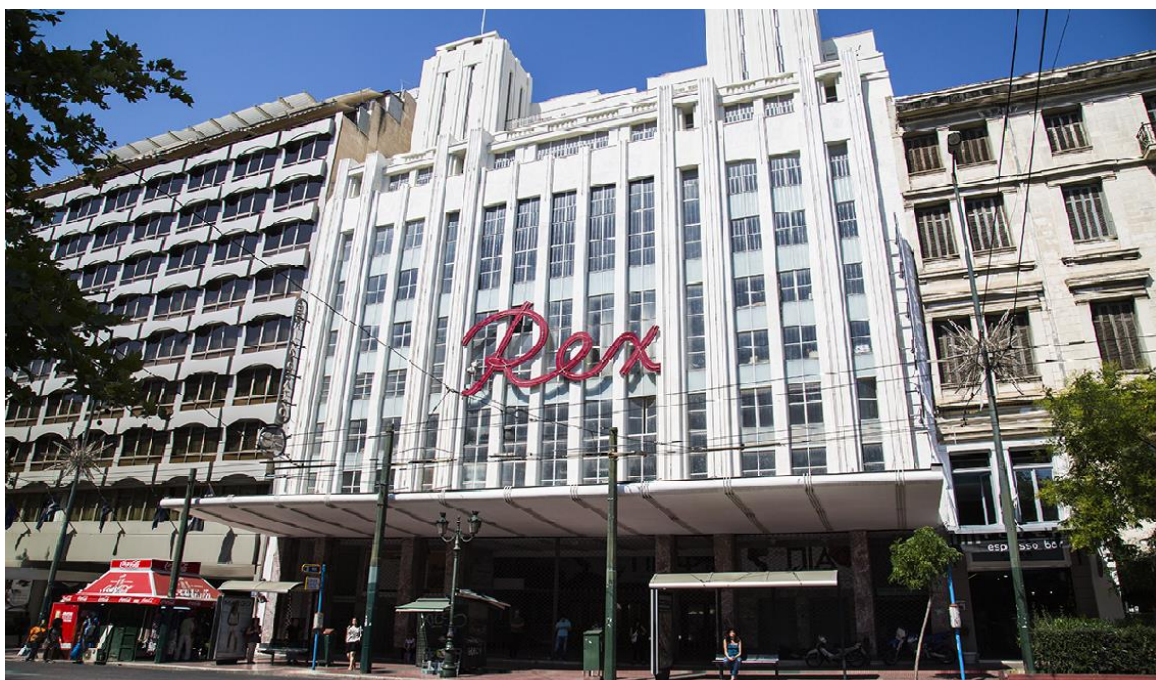
Οι αδελφοί Σικιαρίδη φαίνεται ότι είχαν διαμορφώσει άποψη για το τι ήθελαν να χτίσουν στην Αθήνα μετά το ταξίδι τους στην Αμερική και προφανώς επιχείρησαν να επιβάλουν τη βασική κατεύθυνση για ένα «νεοϋορκέζικο» κτίριο στους αρχιτέκτονες Κασσάνδρα και Μπόνη. Η οικογένεια Σικιαρίδη ακολούθησε πολλές νεωτερικές απόψεις (στη Βηρυτό είχαν ιδρύσει μεικτό σχολείο το 1950)

και στο «Ρεξ» είχαν φέρει άλλον αέρα. Ακόμη και το κάπνισμα απαγορευόταν εντός αιθούσης, κάτι που τότε είχε «ξενίσει». Το «Ρεξ» είχε συνολική χωρητικότητα 4.000 θέσεων και το υπόγειο πήγαινε σε βάθος 18 μέτρων. Η οικογένεια Σικιαρίδη είχε ιδρύσει το Σικιαρίδειο Πολυϊατρείο ακριβώς πίσω από το «Ρεξ», στην οδό Φειδίου 5. «Τα δύο κτίρια πάντα επικοινωνούσαν εσωτερικά», μας λέει η Ελισάβετ Σικιαρίδη. «Ακόμη και σήμερα στη Φειδίου 5 είναι η είσοδος προσωπικού του Εθνικού Θεάτρου. Στο “Πολυϊατρείο” πήγαιναν τα παιδιά να εξεταστούν προκειμένου να εισαχθούν στο Σικιαρίδειο Ίδρυμα, το Πρεβαντόριο στο Μαρούσι. Στο κτίριο του “Ρεξ” ήταν και τα γραφεία Αθηνών του Ιδρύματος καθώς και η αίθουσα συνεδριάσεων του Διοικητικού του Συμβουλίου». Πάντα υπάρχει ένας νους που ρισκάρει και που προσβλέπει στο μέλλον, πίσω από κάθε μεγάλο έργο.

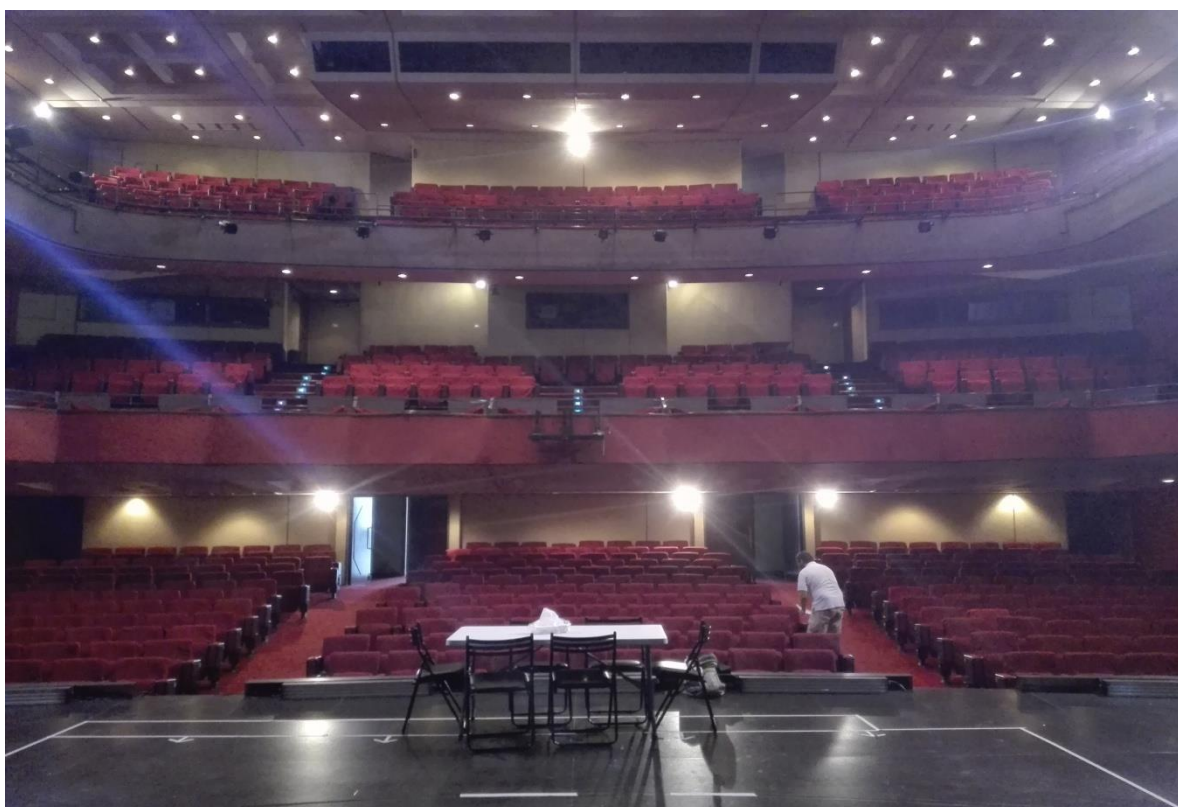
Το Μέγαρο συνέχισε να λειτουργεί ακόμα και επί Κατοχής. Μαύρη χρονιά στην ιστορία του το 1982 που κάηκε. Από τη φωτιά που ξέσπασε στο κτίριο το 1982 διασώθηκαν ο κινηματογράφος «Ρεξ 1» και το «Σινεάκ». Τελικά δεν μεταμορφώθηκε σε πολυκατάστημα, καθ' ότι τον Σεπτέμβριο 1983 εκδίδεται το διάταγμα του Αντώνη Τρίτση με το οποίο χαρακτηρίζονται διατηρητέα 13 κτίρια της πλατείας Ομονοίας και 20 της λεωφόρου Πανεπιστημίου. Δεν θα μπορούσε να λείπει το Rex, το οποίο φροντίζει η Μελίνα Μερκούρη να περιέλθει στο Δημόσιο -επ' ονόματι του Εθνικού Θεάτρου- καταβάλλοντας 650.000.000 δραχμές.

Ογδόντα δύο χρόνια μετά, το ιστορικό οίκημα Rex που συνέδεσε τη ζωή του με την ιστορία του 20ου αιώνα, ξαναοίγει τις πόρτες του για πρώτη φορά μετά το 1993 που περιήλθε στο Εθνικό Θέατρο ως μια από τις Σκηνές του Εθνικού Θεάτρου με την ονομασία Νέο Rex. Η σκηνή του Νέου Rex ξανασήκωσε την αυλαία εβδομήντα οχτώ χρόνια μετά με το έργο «Μάγκντα Γκαίμπελς» του Γιώργου Βέλτσου σε σκηνοθεσία Άντζελας Μπρούσκου.

Το θέατρο Κοτοπούλη χρησιμοποιείται σήμερα ως σκηνή του Εθνικού Θεάτρου. Έχει πλατεία, περιμετρικό εξώστη και 15 θεωρεία καθώς και αμφιθεατρικό υπερώο. Η σκηνή έχει πλάτος 18,9 μέτρα, βάθος 12,85 μέτρα, ύψος 17 μέτρα και είναι η μεγαλύτερη της Αθήνας.



Εικόνα 7.1: Εξωτερική άποψη του θεάτρου Ρεξ, Ομονοίας 48



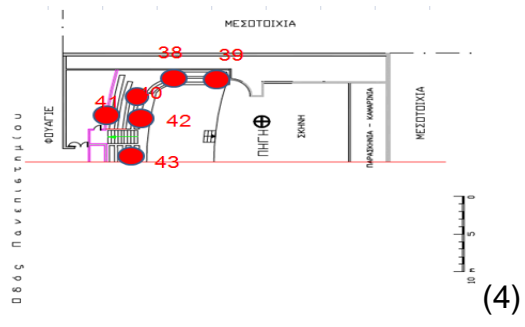
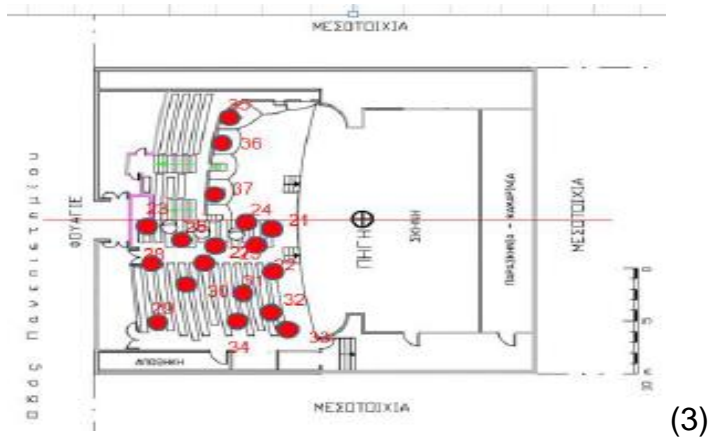
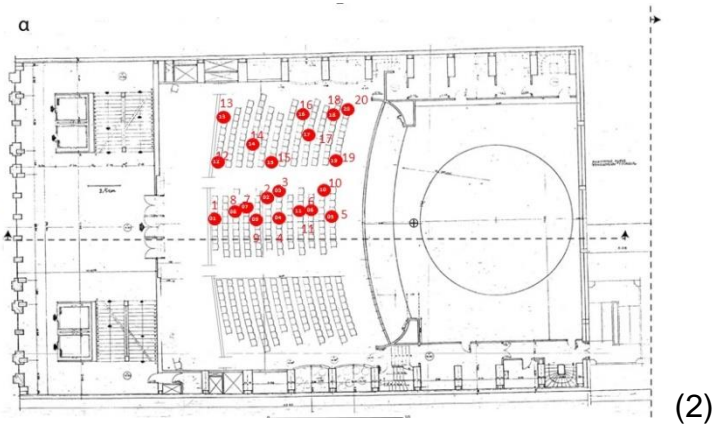
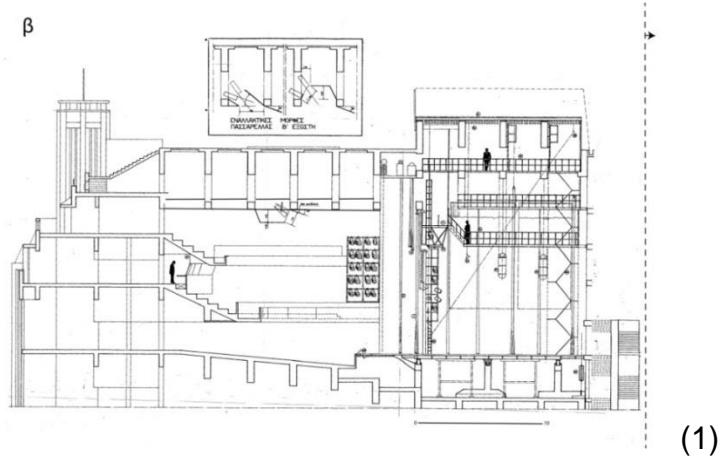
Εικόνα 7.2: Άποψη των καθισμάτων από την σκηνή του θεάτρου Ρεξ



Εικόνα 7.3: Άποψη σκηνής από καθίσματα του θεάτρου Ρεξ



Εικόνα 7.4: Εσωτερική άποψη του θεάτρου Ρεξ



Εικόνα 7.5: τομη(1)της θεατρικής σκηνής (2)(3)κ(4) κατοψης θεατρικής σκηνής
 ⊕ : ισότροπη πηγή, 📡 : κατευθυντική πηγή, ● : θέσεις μέτρησεις.

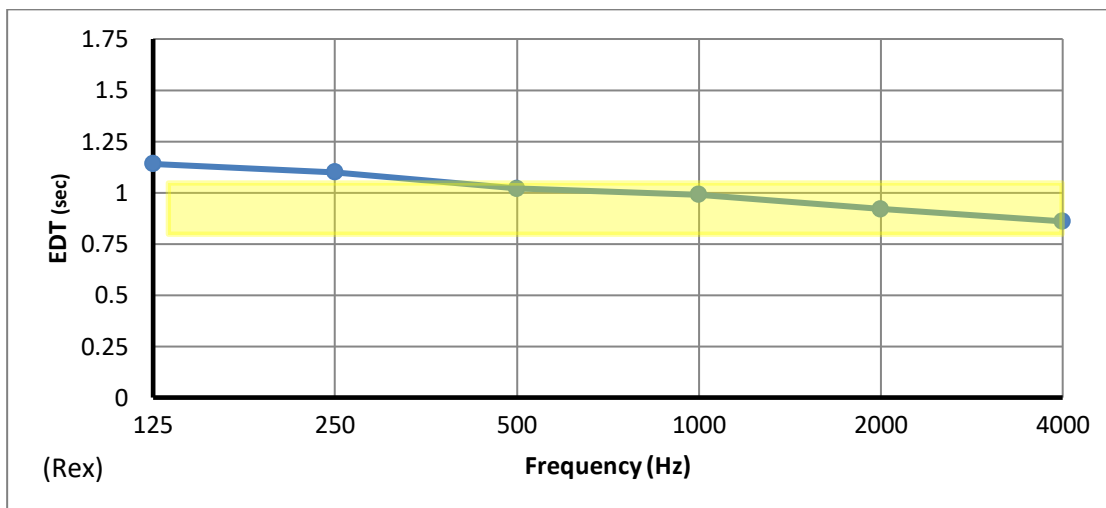
7.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις των φυσικών ακουστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έπειτα έγινε ποιοτικοποίηση των δεδομένων ανάλογα με την κάθε αίθουσα και τις παραμέτρους που μετρήθηκαν, όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε.

Στον πίνακα 7.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων (RT_{bass}/RT_{mid}) και υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RT_{treble}/RT_{mid}).

RT_{bass}/RT_{mid}	1,21
RT_{treble}/RT_{mid}	0,76

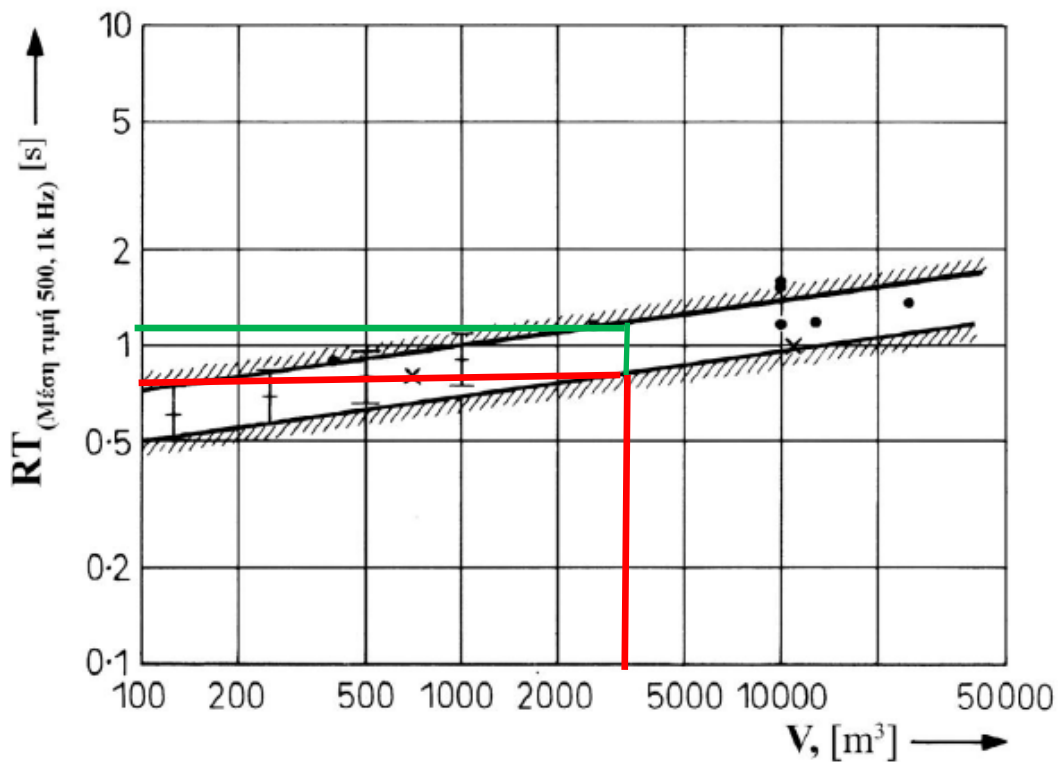
Πίνακας 7.1: Λόγοι των χρόνων αντήχησης



Εικόνα 7.6: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων συναρτήσει του φάσματος συχνοτήτων, στο θέατρο «Ρεξ» (*Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum, in theatre "Rex"*).

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

Στη εικόνα 7.7 που ακολουθεί σημειώνονται τα επιθυμητά όρια του χρόνου αντήχησης ανάλογα με τον όγκο της αίθουσας. Έτσι για όγκο περίπου 4130 m³ δηλαδή όσος είναι ο όγκος του θεάτρου «Ρεξ», λαμβάνεται επιθυμητό εύρος τιμών από 0,75 έως 1,15 sec.

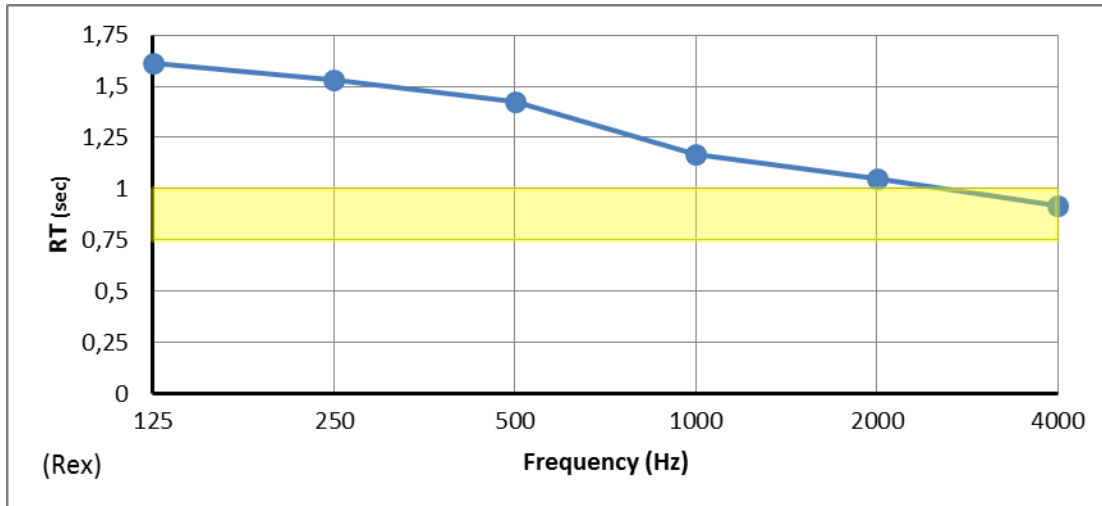


Εικόνα 7.7: Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήχησης (RT) για αίθουσες ακρόασης ομιλίας συναρτήσει του όγκου (V) του χώρου.

Άνω όριο: επιτυγχάνονται σχετικά υψηλές στάθμες ήχου (με πράσινο χρώμα)

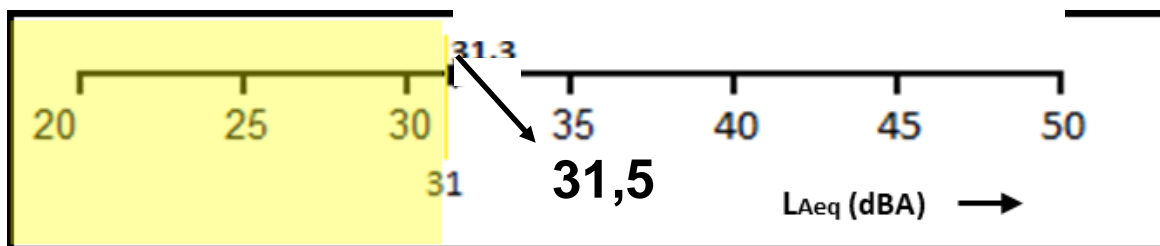
Κάτω όριο: επιτυγχάνεται σχετικά υψηλή υποκειμενική ευκρίνεια (με κόκκινο χρώμα)

(Cremel et al 1982) [17]



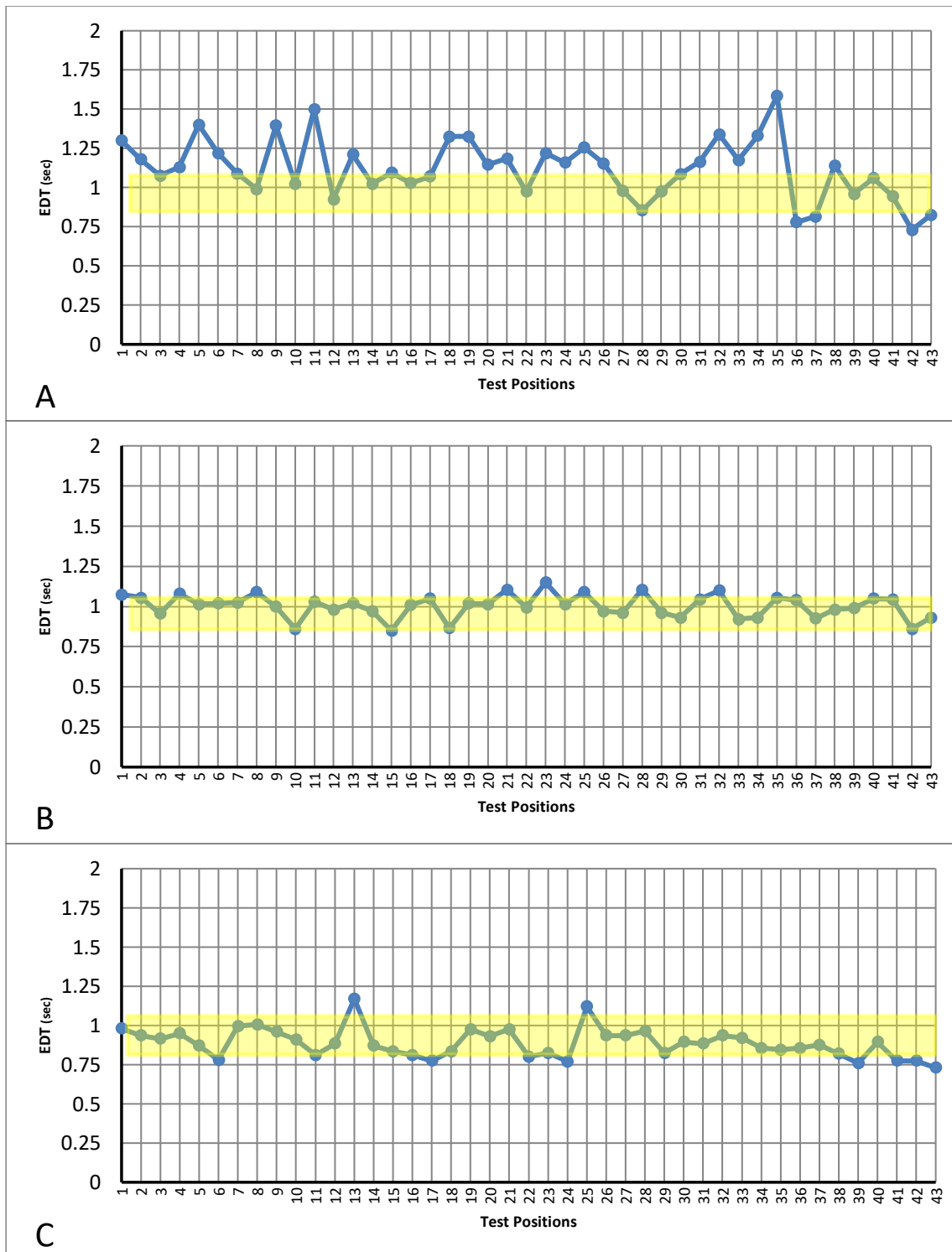
Εικόνα 7.10: Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης συναρτήσει του φάσματος συχνοτήτων, στο θέατρο ρεξ (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum, in theatre „rex“).

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



Εικόνα 7.9: Διάγραμμα θορύβου βάθους στο θέατρο «Ρεξ» (Measurements of the background noise level in theatre “Rex”).

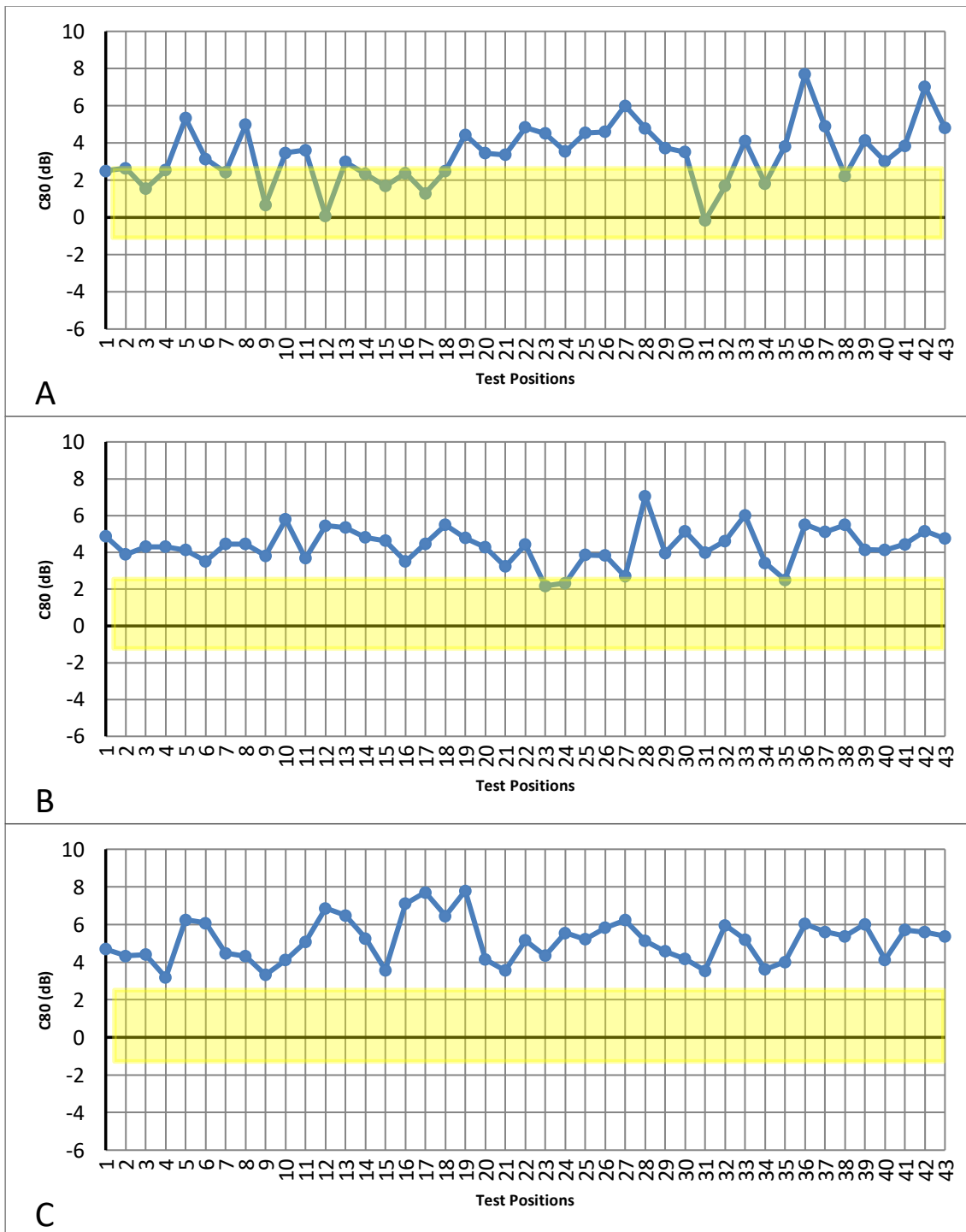
— Ανεκτό όριο ≤ 31 dBA (*recommended values ≤ 31 dBA*).



Εικόνα 7.10: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) στο θέατρο «Ρέξ» (*Measurements of the Early Decay Time in theatre “Rex”*).

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

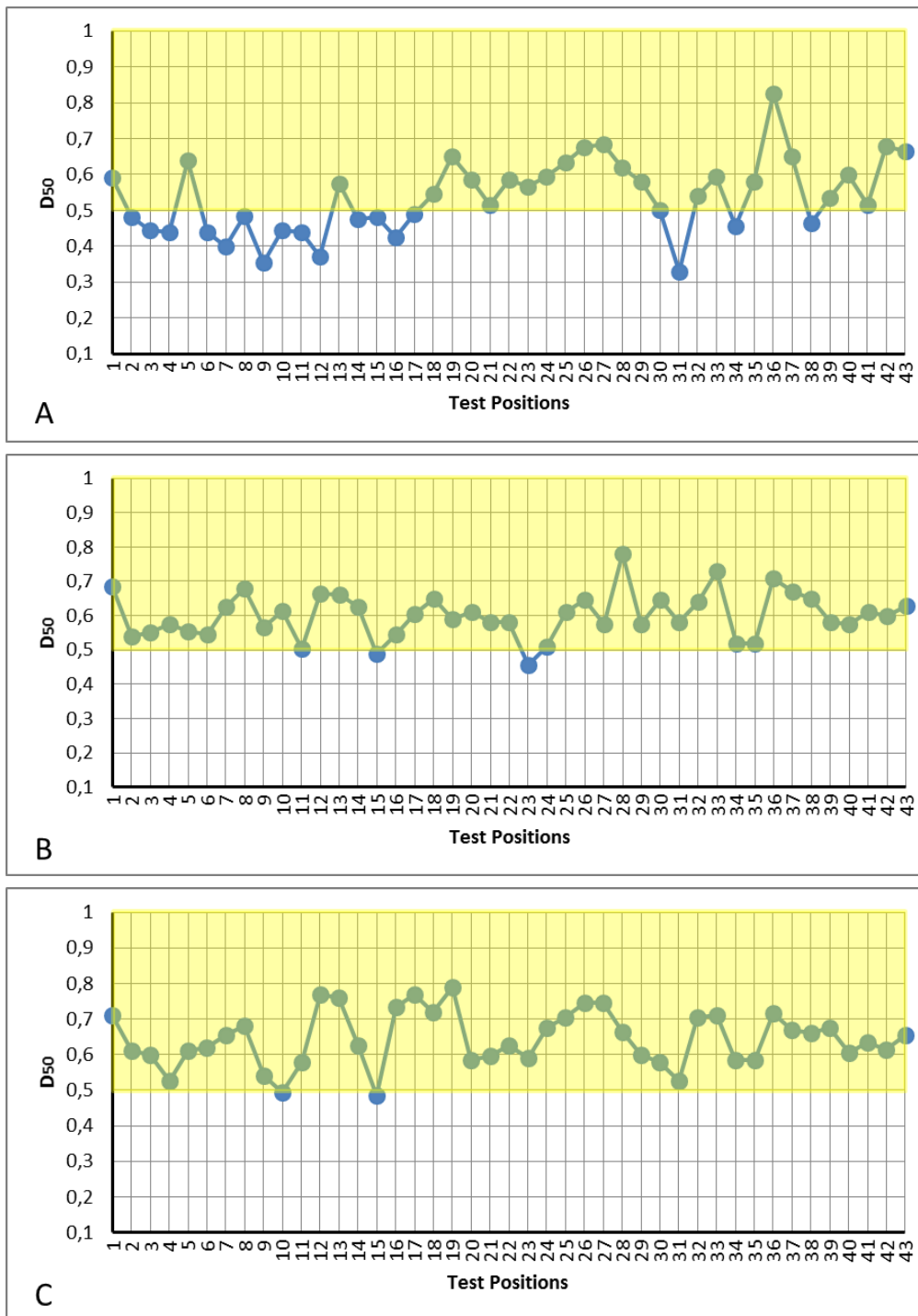
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*) — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



Εικόνα 7.11: Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις C80 ή 80(E-to-L) στο θέατρο «Ρέξ» (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio or C80 in theatre “Rex”*).

A. Χαμηλές συχνότητες (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Μεσαίες συχνότητες (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Υψηλές συχνότητες (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

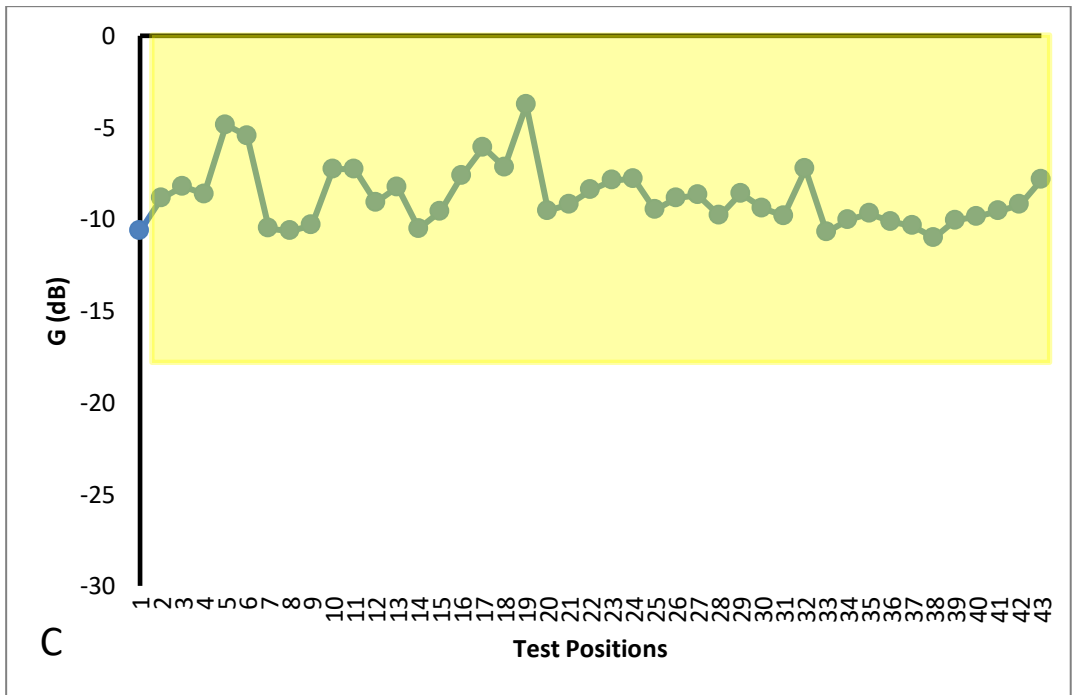
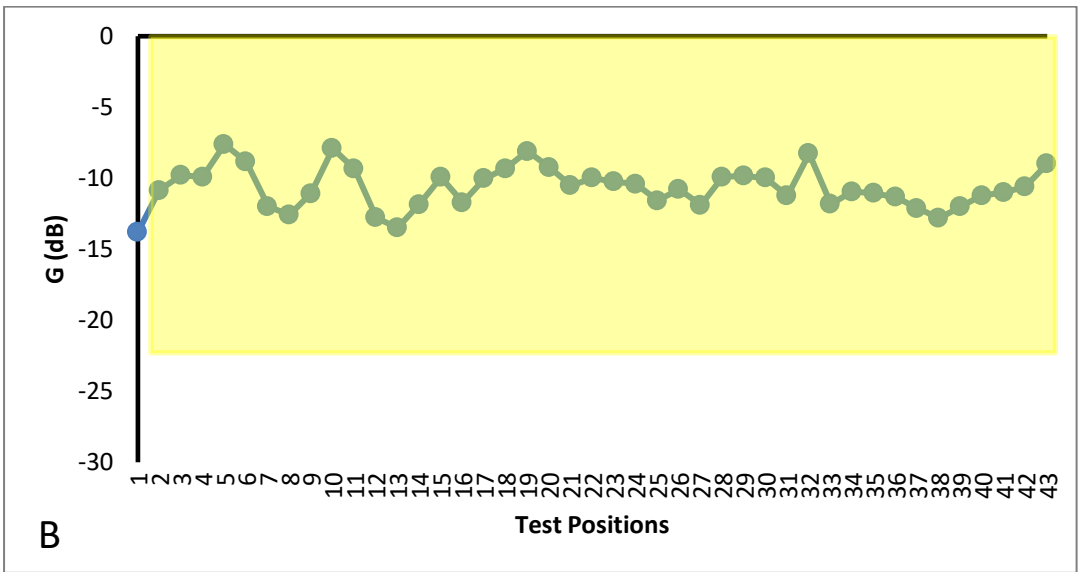
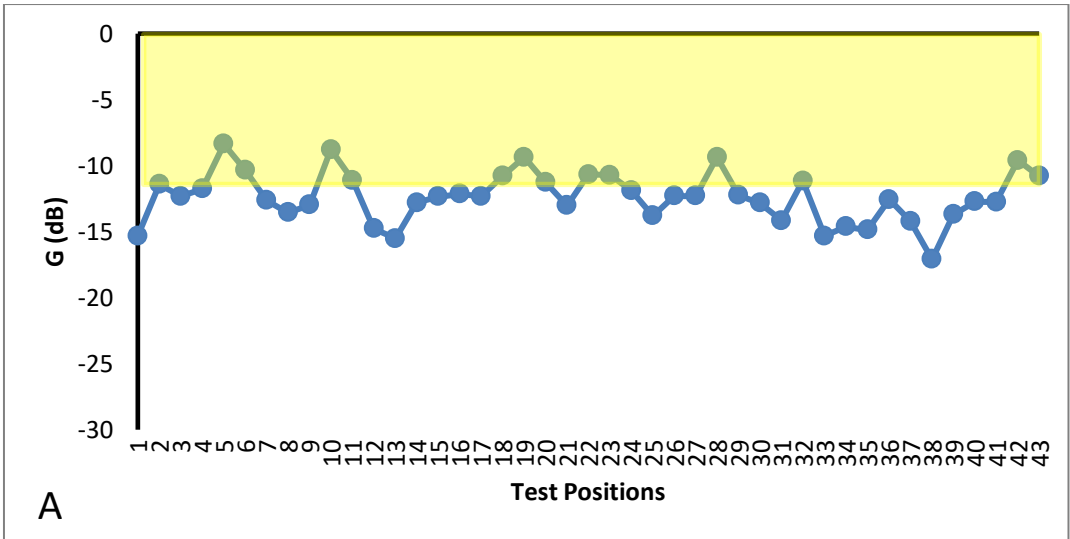
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*) — Επιθυμητά όρια για κλασική μουσική (*recommended values for classical music*) [#]



Εικόνα 7.12: Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50 στο θέατρο «Ρέξ» (*Measurements of the 50ms early energy fraction or D50 in theatre “Rex”*).

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 7.14: Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου (G) ως προς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (0 dB), στο θέατρο «Ρέξ» (*Measurements of the speech sound level Re speech level at 1 m. from source, in theatre “Rex ”*).

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 συχν. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχν. “>-23,5 dB”, **C.** Για τις υψηλές συχν. “>-18,5 dB” (*recommended values: A. For mean oct. bands 125, 250 Hz “>-11 dB”, B. For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, C. For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”*)

7.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Το πείραμα αντίληψης πραγματοποιήθηκε μια φορά στη θεατρική αίθουσα του ΡΕΞ κατά τη διάρκεια της παράστασης «**Δαιμονισμένοι**» σε σκηνοθεσία () [Βλέπετε Παράρτημα Ζ]

Κατανεμήθηκαν και συμπληρώθηκαν από το ακροατήριο 68 ερωτηματολόγια. Θα πρέπει να σημειωθεί επιπλέον, πως οι θέσεις των θεατών που αποκρίθηκαν στο πείραμα ήταν συγκεκριμένες με βάση τις φυσικές μετρήσεις που προηγήθηκαν, αλλά τα χαρακτηριστικά τους ήταν τυχαία (τυχαίο δείγμα).

Έγινε ανάλυση κατά παράγοντες εξαγοντας από δυο έως έξι (default τιμή) παράγοντες .Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων οι όποιοι είναι πλούσιοι ζωντανοί και ευδιάκριτοι και εξηγούν το 54,3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 7.2

Πινάκας 7.2: Αποτελέσματα της κατά παράγοντες ανάλυσης στο Θέατρο Ρεξ (Results of factor analysis of data obtained during performance in Rex Theater)

Επιλέγονται συντελεστές φόρτισης μεγαλύτεροι του 0,50. Το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί ο κάθε παράγοντας είναι 21.88, 18.71 και 13.75 αντίστοιχα. (Listen loadings are above 0,50. Percentage variance for by each factors is 21.88, 18,71 and 13.75, respectively)

<i>Παράγων</i>	<i>Κλίμακες Αξιολόγησης</i>		<i>Συντελεστές φόρτισης</i>
F1: Πλούσιος- Όγκος	Με αμεσότητα	Απόμακρος	0,73
	Υψηλός	Χαμηλός	0,68
	Πλούσιος	Πτωχός	0,67
	Με Όγκο	Χωρίς Όγκο	0,67
	Δυνατός	Αδύναμος	0,64
	Υψηλής Αντήχησης	Ξηρός	0,62
	Διαπεραστικός	Μη Διαπεραστικός	0,59
	Λαμπρός	Σκοτεινός	0,58
	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	0,56
	Γεμάτος	Κενός	0,55
	Στρογγυλεμένος	Αιχμηρός	0,54
F2: Ζωντανία- Εγγύτητα	Άψυχος	Ζωντανός	0,81
	Απόμακρος	Εγγύς	0,77
	Εξασθενημένος	Δυνατός	0,76
	Πτωχός σε τονική ποιότητα	Πλούσιος σε τονική ποιότητα	0,71
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	0,66
	Με απόσταση	Χωρίς απόσταση	-0,52
	Με υψηλή ακουστότητα	Με χαμηλή ακουστότητα	-0,62
F3: Ευδιάκριτος - Διαυγής	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	0,69
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	0,63
	Διαυγής	Μπερδεμένος	0,52
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπου	-0,54
	Τραχύς	Μαλακός	-0,67

Πινάκας 7.3: Τυπικά σφάλματα ανα παράγοντα (Fi) για το θέατρο Ρεξ
(Standard error of loadings for each factor for theatre “Rex”)

ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ		
<i>παράγοντας F1</i>	<i>παράγοντας F2</i>	<i>παράγοντας F3</i>
0,344	0,351	0,366

Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικρότερο του 0,50 (βλ πινάκα 7.3), εμείς θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές.

Για κάθε παράγοντα, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ των θέσεων μέτρησης με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της ανάλυσης της διακύμανσης τα αποτελέσματα φαίνονται στον πινάκα (7.4)

Πινάκας 7.4: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης στο θέατρο Ρεξ (Results of ANOVA Analysis for theatre “Rex”).

Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μετρήσεις για κάθε παράγοντα
(Comparison of subjective factor scores between test positions).

Παράγων	F(Στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
<i>F1</i>	1,201	0,299
<i>F2</i>	1,896	0,34
<i>F3</i>	0,755	0,789

7.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης

7.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Τα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) κυμάνθηκαν στις χαμηλές συχνότητες εκτός ορίων, στις μεσαίες οριακά εντός και στις υψηλές εντός επιθυμητών ορίων.

Για τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) τα αποτελέσματα κυμάνθηκαν στις υψηλές συχνότητες εντός ορίων, στις μεσαίες οριακά εκτός και στις χαμηλές εκτός επιθυμητών ορίων. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι πρέπει να αυξηθούν τα ηχοαπορροφητικά μέσα της αίθουσας και κυρίως αυτά που πιάνουν τις χαμηλές συχνότητες.

Στη συνέχεια, παρατηρείται ότι οι τιμές του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων (D50) κυμάνθηκαν στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες, με εξαίρεση κάποιες μεμονωμένες θέσεις μέσα στα επιθυμητά όρια. Στις χαμηλές συχνότητες οι μισές τιμές είναι εντός και οι άλλες μισές εκτός επιθυμητών ορίων.

Αυτό μας δείχνει ότι το θέατρο διαθέτη ανακλαστικές επιφάνειες απλά όχι τόσες ώστε να καλυφτούν και η χαμηλές συχνότητες.

Επιπλέον, υπάρχει έντονη διάχυση στον χώρο λόγω των φανωμάτων στην άνω ζώνη της αίθουσας που βοηθάει την ακουστική του Θεάτρου.

Όσον αφορά τις μετρήσεις του λόγου των πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις (C80) και σε αυτό το θέατρο οι τιμές κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων εκτός επιθυμητών τιμών με εξαίρεση κάποιες μεμονωμένες θέσεις.

Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) μόνο οι τιμές των χαμηλών συχνοτήτων βρίσκονται οριακά εκτός επιθυμητών ορίων. Στις μεσαίες και στις υψηλές συχνότητες οι τιμές βρίσκονται εντός ορίων. Αν και το θέατρο διαθέτη μεγάλο ύψος, λόγω της έλλειψης ηχοαπορροφητικών, η απόσβεση του ήχου βρίσκεται στα επιθυμητά όρια.

Τέλος, μετρήθηκε η στάθμη θορύβου βάθους (LAeq) 31,5 dB η οποία ξεπερνάει οριακά το ανώτατο όριο των 31 dB, αφού το θέατρο δεν είναι πλήρως προστατευμένο από τον αστικό θόρυβο, λόγω της κεντρικής θέσης του.

7.3.2 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης

Το ποσοστό διακύμανσης είναι 54,34% των αποτελεσμάτων παράγοντας που είναι ισχυρότερος και κυριαρχεί στην αντίληψη της ακουστικής είναι ο **F1**: «Πλούσιος – Με όγκο» κι αναφέρεται κυρίως σε ήχο με αμεσότητα ,υψηλό πλούσιο και δυνατό με χαρακτηριστικές κλίμακες αξιολόγησης. Με «Αμεσότητα – Απόμακρος», «Υψηλός – Χαμηλός», «Πλούσιος – Πτωχός», «Με όγκο – Χωρίς Όγκο» .Συνολικά ο παράγων **F1** καλύπτει το 21,88% της συνολικής διακύμανσης.

Ο δεύτερος παράγοντας **F2** «ζωντάνια –Εγγύτητα» περιγράφει τον υγιή και δυνατό όσο και πλούσιο ήχο, με ποσοστό διακύμανσης 20,54%.Αναλυτικότερα,χαρακτηρίζεται από τις διπολικές μεταβλητές «Άψυχος – Ζωντανός», «Απόμακρος – Υγιής», «Εξασθενημένος – Δυνατός», «Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα», «Δυσχερής στην ακρόαση - Ευχερής στην ακρόαση», «Με απόσταση - Χωρίς απόσταση», «Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα» .Το κοινό φαίνεται ,βάσει τον αποτελεσμάτων ,ότι συνάδεσαι τη δύναμη και την υπόσταση του ήχου με την καθαρότητα κι όχι με την πληρότητα και τον όγκο.

Ακολουθεί και ο τρίτος παράγων, **F3** «Ευδιάκριτος-Διαυγής» που εξηγεί το 13,75% της συνολικής διακύμανσης. Αποτελείται από τις κλίμακες «Προτιμητέος – Μη Προτιμητέος» , «Ευδιάκριτος – Δυσδιάκριτος», «Διαυγής- Μπερδεμένος», «Με παρουσία θορύβου – Απουσία Θορύβου», «Με κακή γενική εντύπωση – Με καλή γενική εντύπωση», «Τραχύς – Μαλακός».

Είναι ένα Θέατρο από τα τρία που μελετήσαμε όπου παρουσιάζει την έννοια του θορύβου με υψηλή φόρτιση και αυτό γιατί πρόκειται για ένα θέατρο μεγάλων διαστάσεων ,αποτελούμενο από δυο εξώστες προσθέτοντας του σε ύψος άρα και υψηλής αντήχησης ,ενώ λόγο ότι του οριακά χαμηλού βάθους θορύβου που μετρήθηκε κατά τις φυσικές μετρήσεις γίνεται περισσότερο αισθητή η παρουσία θορύβου στο αυτί.

Τέλος, είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι, με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 7.3,απεδείχθη ότι από θέση μέτρησης σε θέση μέτρησης δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική μεταβολή στον τρόπο που οι θεατές αντιλήφθηκαν την ακουστική και τη μετέφρασαν με τους τρεις παράγοντες που παρήχθησαν (πίνακας 7.2).

7.4 Συμπεράσματα

Το θέατρο Ρεξ είναι επίσης ένα αρκετά αξιόλογο θέατρο με καλή ακουστική. Καθώς όμως κατασκευάστηκε την εποχή του μεσοπολέμου είναι αρκετά πιο ψηλό, σε σύγκριση με τα άλλα δύο θέατρα που ανήκουν στην εποχή του μεταπολεμικού μοντερνισμού. Ενώ το θέατρο έχει μεγάλο ύψος η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου είναι μέσα στα επιθυμητά όρια[5].. Αυτό οφείλεται αφενός στις μικρές αποστάσεις ομιλητού ακροατών, αφετέρου στην φειδωλή χρήση ηχοαπορροφητικών υλικών και τέλος στην παρουσία εγγυς ανακλαστικών επιφανειών. Σε ότι αφορά τις μετρήσεις του χρόνου αντήχησης και την ανεπαρκή ηχοαπορρόφηση στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες, θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με την εισαγωγή κατάλληλων ηχοαπορροφητικά υλικών(χαμηλών και μεσαίων συχνοτήτων). Στις υψηλές συχνότητες η ηχοαπορρόφηση είναι ικανοποιητική κάτι που οφείλεται στις υφασμάτινες επενδύσεις που υπάρχουν στους τοίχους και στα καθίσματα.

Σε ότι αφορά τις πρώιμες ανακλάσεις το θέατρο διαθέτη ικανοποιητική αναλογία των πρώιμων ανακλάσεων προς την συνολική ηχητική ενέργεια (με εξαίρεση κάποιες θέσεις στις χαμηλές συχνότητες). Αυτό σημαίνει ότι το θέατρο διαθέτη επαρκείς ανακλαστικές επιφάνειες(για πρώιμες ανακλάσεις). Επίσης πρέπει να πούμε ότι και τα καθίσματα που υπάρχουν κάτω από τον εξώστη απολαμβάνουν πρώιμων ανακλάσεων από την οροφή του εξώστη. Τέλος, και το Θέατρο Ρεξ δεν είναι κατάλληλο για διεξαγωγή μουσικών δρώμενων.

Ο θόρυβος βάθους που μετρήθηκε βρίσκεται λίγο πάνω από την οριακή τιμή δεδομένου ότι η οροφή του Θεάτρου δεν προστατεύεται από τον αστικό θόρυβο(οδός Πανεπιστήμιου), σε αντίθεση με μεταγενέστερα θέατρα που κατασκευάστηκαν μέσα στα ισόγεια πολυώροφων κτιρίων.

. Από τα πειράματα αντίληψης προέκυψε ότι η αντίληψη της ακουστικής γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων. Από θέση σε θέση δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των θέσεων όπως προκύπτει από την μέθοδο ανάλυσης διακύμανσης .Όπου και να καθίσει ο θεατής θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο. πράγμα που κρίνεται ως θετικό για την ακουστική απόδοση του « ΡΕΞ ».

8. ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ «ΒΕΜΠΟ»

Το Βέμπο είναι ένα θέατρο που καλύπτει τις απαιτήσεις κάθε θεατρικού είδους: κωμωδία, δράμα, επιθεώρηση, μιούζικαλ. Η απόσταση που μεσολαβεί από τη σκηνή μέχρι την τελευταία σειρά καθισμάτων δεν είναι μεγάλη και έτσι δεν χάνεται η επαφή του θεατή με τον ηθοποιό. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να παρουσιαστούν έργα πρόζας, διότι σε μεγαλύτερο θέατρο η συνθήκη αυτή που αναπτύσσεται ανάμεσα στη σκηνή και στην πλατεία, μεταξύ ηθοποιού και θεατή, χάνεται.

Εν αρχή ην η Βέμπο...

Μια ιστορία που αρχίζει μετά τον Πόλεμο, ενώ η Ελλάδα προσπαθούσε να επουλώσει τις βαθιές πληγές που προκάλεσαν η γερμανική κατοχή και ο Εμφύλιος. Στα τέλη της δεκαετίας του '40 η Σοφία Βέμπο ύστερα από περιοδείες τετραετίας (1946 – 1949) στην Αμερική επέστρεψε στην Αθήνα και αμέσως διοργάνωσε εκ νέου περιοδείες με σκοπό να συγκεντρώσει επιπλέον χρήματα για να αποκτήσει δική της θεατρική στέγη.

Είχε ξεκάθαρη εικόνα πού ακριβώς και τι ήθελε να κάνει. Γνώριζε το σημείο. Ήταν ο πρώην θερινός κινηματογράφος Ερμής στην οδό Καρόλου 18 του Μεταξουργείου, που εκείνη την εποχή ήταν μια ακμαία θεατρική πιάτσα.

Σε κοντινή απόσταση λειτουργούσαν τα θέατρα Περοκέ, Σαμαρτζή, Αθήναιον, Λυρικόν αλλά και το Λαού (της οδού Κολοκυνθού που κατόπιν άλλαξε χρήση και έγινε κινηματογράφος), ενώ «λίγο πιο πέρα ήταν τα επίσης ιστορικά Ακροπόλ (σ.σ. αποθήκη κάρβουνου προπολεμικώς και μετασχηματίστηκε σε θερινό θέατρο το 1941) και Μετροπόλιταν».

Στο θέατρο που λειτουργούσε και τα καλοκαίρια χάρη στη συρόμενη οροφή που διέθετε, η Έφη Μπέμπο (όπως ήταν το πραγματικό όνομα της Βέμπο) επένδυσε κόπους καριέρας 17 ετών. Και η αυλαία σηκώθηκε πρώτη φορά στις 18 Ιουνίου 1950.

Το έργο με το οποίο εγκαινίασε τη λειτουργία του η τραγουδίστρια, ηθοποιός και θεατρική επιχειρηματίας πλέον ήταν η επιθεώρηση «Βίρα τις άγκυρες» των Μίμη Τραϊφόρου – Γιώργου Γιαννακόπουλου. Για τις ανάγκες του έργου ο κερκυραίος συνθέτης και ενορχηστρωτής Ιωσήφ Ριτσιάρδης έγραψε τέσσερα τραγούδια, μεταξύ των οποίων και η περίφημη «Ταμπακίερα» (σε στίχους Γιαννακόπουλου).

Έκτοτε τη σκηνή του θεάτρου Βέμπο πάτησαν μορφές του θεάτρου (και του κινηματογράφου) της εποχής, ανάμεσά τους οι Μανώλης Καστρινός, Γιώργος Ανεμογιάννης, Τάκης Μουζενίδης, Αλίκη Ανεμογιάννη, Γιάννης Φλερύ, Τάκης Μηλιάδης, Άννα και Μαρία Καλουτά, Σπεράντζα Βρανά, Βασίλης Αυλωνίτης, Μίμης Φωτόπουλος, Νίκος Σταυρίδης, Αλέκος Λειβαδίτης, Ρένα Ντόρ, Ορέστης Μακρής κ.ά.

Από το 1970 το θέατρο Βέμπο είχε περάσει στον κύκλο δραστηριοτήτων ενός άλλου θεατράνθρωπου, του θεατρικού συγγραφέα και επιχειρηματία Βαγγέλη Λιβαδά. Πάλι σε γόνιμη περίοδο με έργα κυρίως επιθεωρησιακά, μεταξύ άλλων, των Σταμάτη Φιλιππούλη, Ηλία Λυμπερόπουλου, Γιάννη Ξανθούλη, Λάκη Λαζόπουλου, Παντελή Βούλγαρη, τα οποία παρουσίασαν οι Ρένα Βλαχοπούλου, Χρόνης Εξαρχάκος, Δημήτρης Παπαμιχαήλ, Μαργαρίτα Ζορμπαλά, Στάθης Ψάλτης, Μίμης Φωτόπουλος, Βέρα Κρούσκα, Λάκης Λαζόπουλος, Χρυσούλα Διαβάτη, Ντίνα Κώνστα, Αντώνης Καφετζόπουλος, Μίνα Αδαμάκη, Σοφοκλής Πέπας κ.ά.

Πρώτη αυλαία το 2008. Η αυλαία στη σκηνή του θεάτρου Βέμπο έπεσε οριστικά το 2008. Το κτίριο εγκαταλείφθηκε και ήταν σε άθλια κατάσταση. Ο Θύμιος Τάγαρης ανέλαβε την αποκατάσταση του και σήμερα λειτουργεί με μεγάλη επιτυχία.



Εικόνα 8.1: Εξωτερική άποψη του θεάτρου Βέμπο, Καρόλου 18



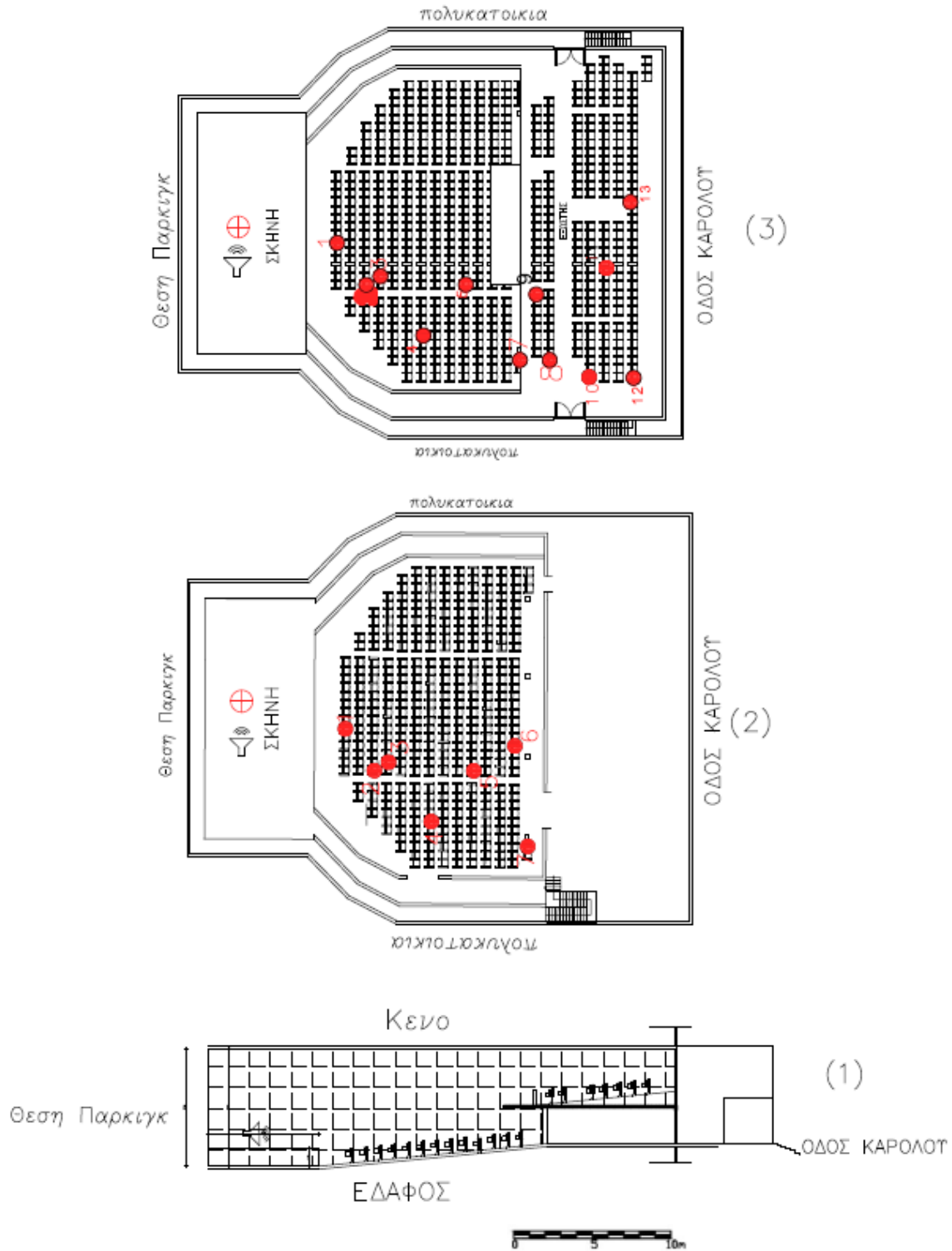
Εικόνα 8.3: Άποψη καθισμάτων από την σκηνή του θεάτρου Βέμπο



Εικόνα 8.4: Άποψη σκηνής από τα καθίσματα του θεάτρου Βέμπο



Εικόνα 8.5: Γενική άποψη του θεάτρου Βέμπο



Εικόνα 8.6: (1) τομή θεατρικής σκηνής (2)και(3) κατοψη θεατρικής σκηνής
 ⊕ : ισότροπη πηγή, 📡 : κατευθυντική πηγή, ● : θέσεις μέτρησεις.

8.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

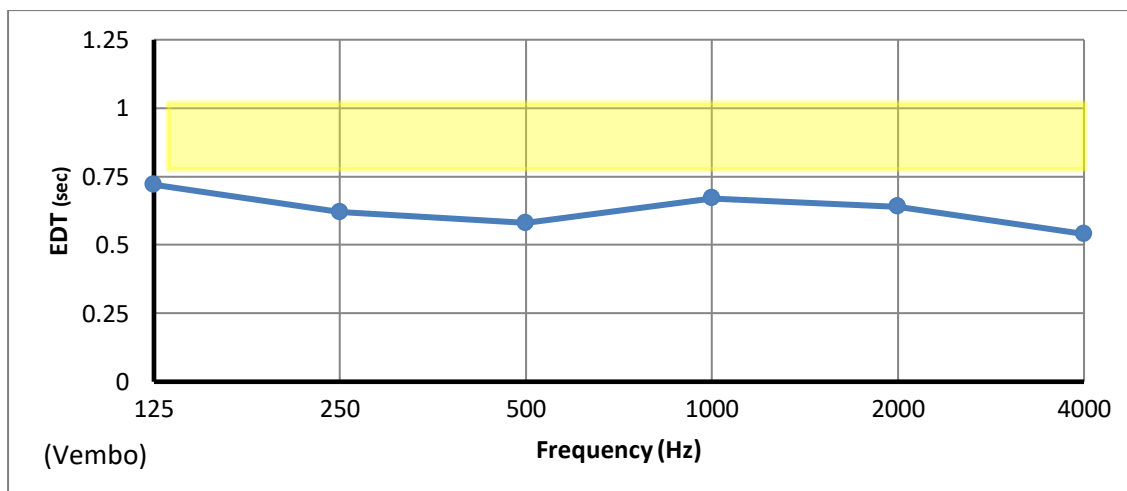
Οι μετρήσεις των φυσικών ακουστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Έπειτα έγινε πινακοποίηση των δεδομένων ανάλογα με την κάθε αίθουσα και τις παραμέτρους που μετρήθηκαν, όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι λόγοι των χρόνων αντήχησης χαμηλών προς μεσαίων (RTbass/RTmid) και υψηλών προς μεσαίων συχνοτήτων (RTtremble/RTmid).

RTbass/RTmid	1,06
RTtremble/RTmid	0,97

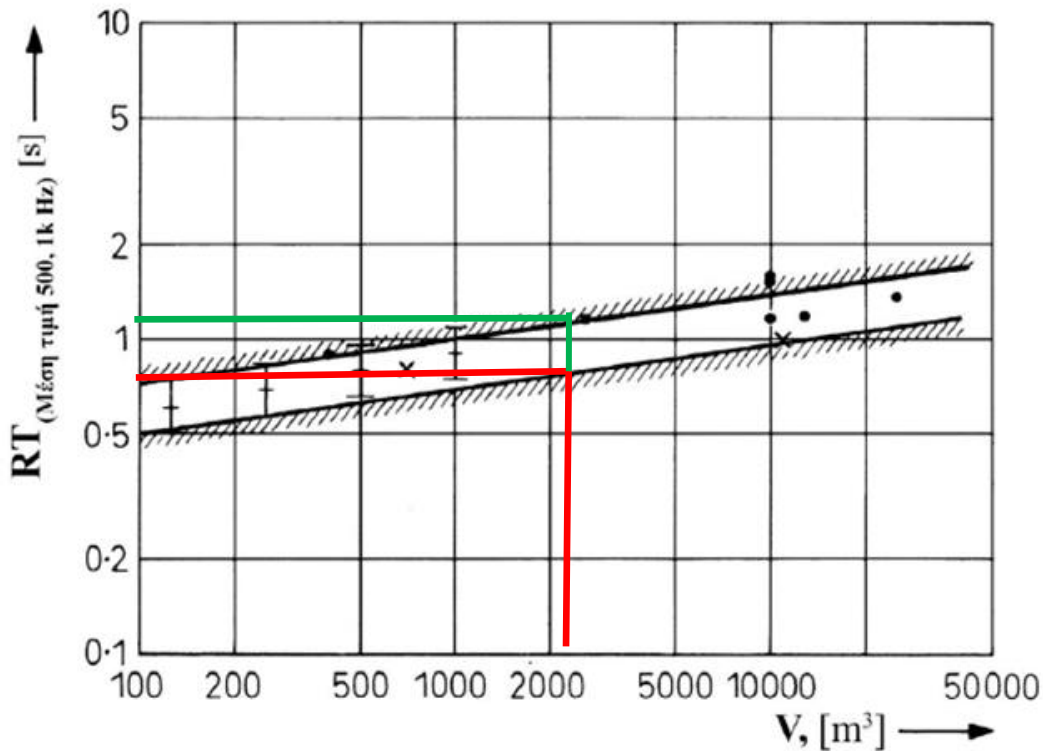
Πίνακας 8.1: Λόγοι των χρόνων αντήχησης



Εικόνα 8.8: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων συναρτήσει του φάσματος συχνοτήτων, στο θέατρο «Βέμπο» (*Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum, in theatre "Vembo"*).

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

Στη εικόνα 8.8 που ακολουθεί σημειώνονται τα επιθυμητά όρια του χρόνου αντήχησης ανάλογα με τον όγκο της αίθουσας. Έτσι για όγκο περίπου 2565 m³ δηλαδή όσος είναι ο όγκος του θεάτρων «Βέμπο» , λαμβάνεται επιθυμητό εύρος τιμών από 0,75 έως 1,15 sec.

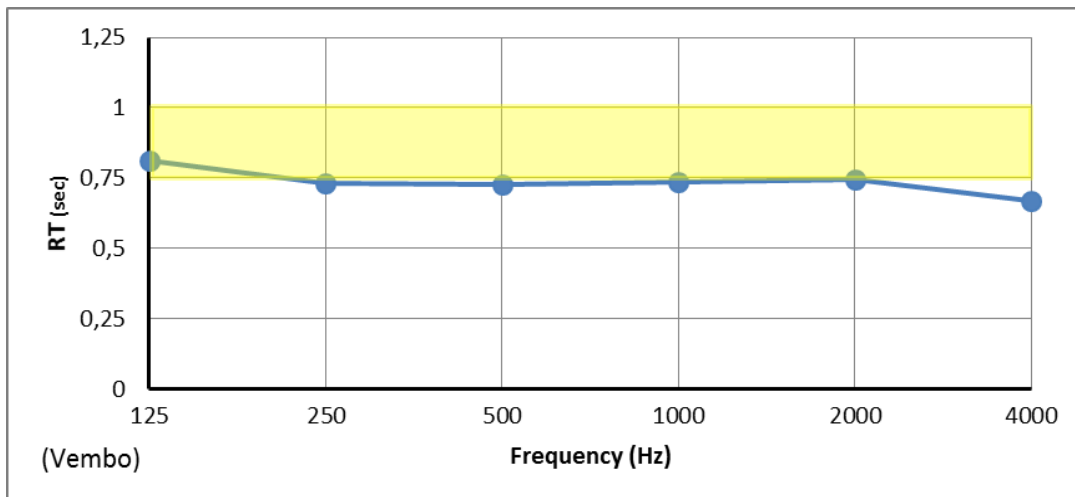


Εικόνα 8.9: Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήχησης (RT) για αίθουσες ακρόασης ομιλίας συναρτήσει του όγκου (V) του χώρου.

Άνω όριο: επιτυγχάνονται σχετικά υψηλές στάθμες ήχου (με πράσινο χρώμα)

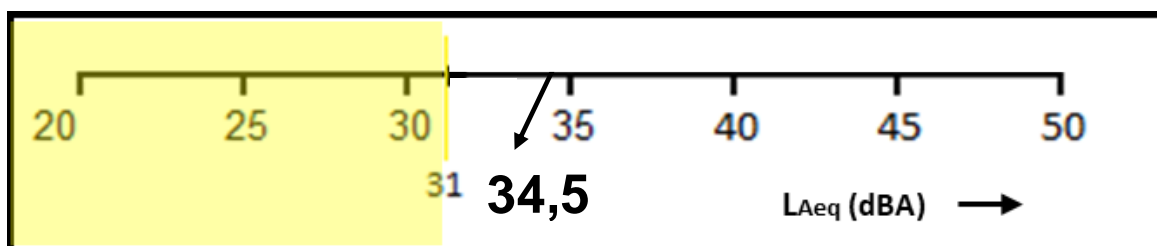
Κάτω όριο: επιτυγχάνεται σχετικά υψηλή υποκειμενική ευκρίνεια (με κόκκινο χρώμα)

(Cremel et al 1982) [17]



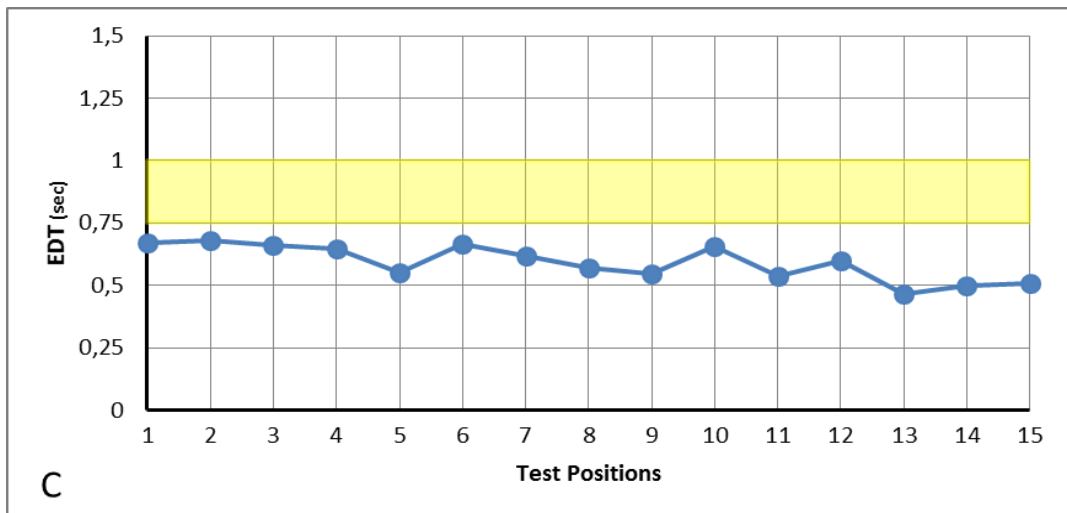
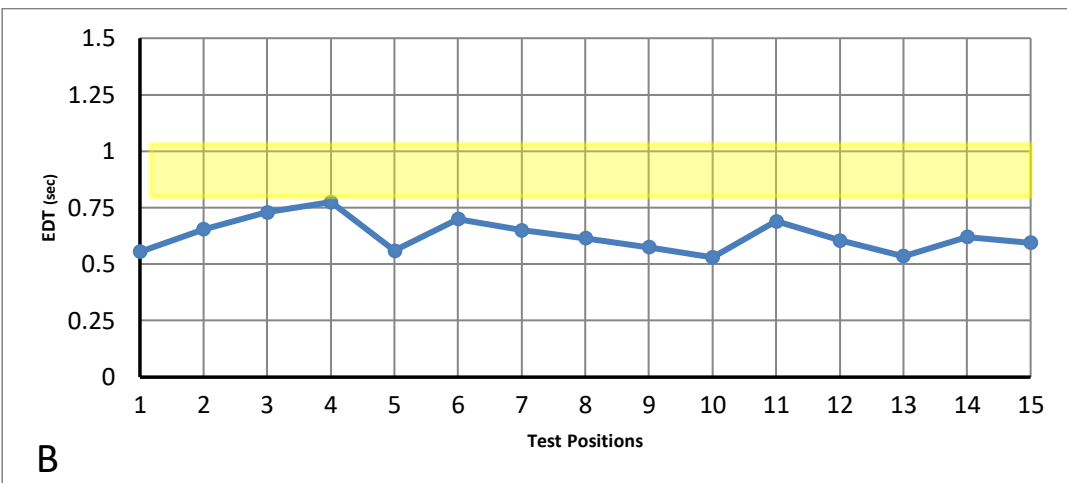
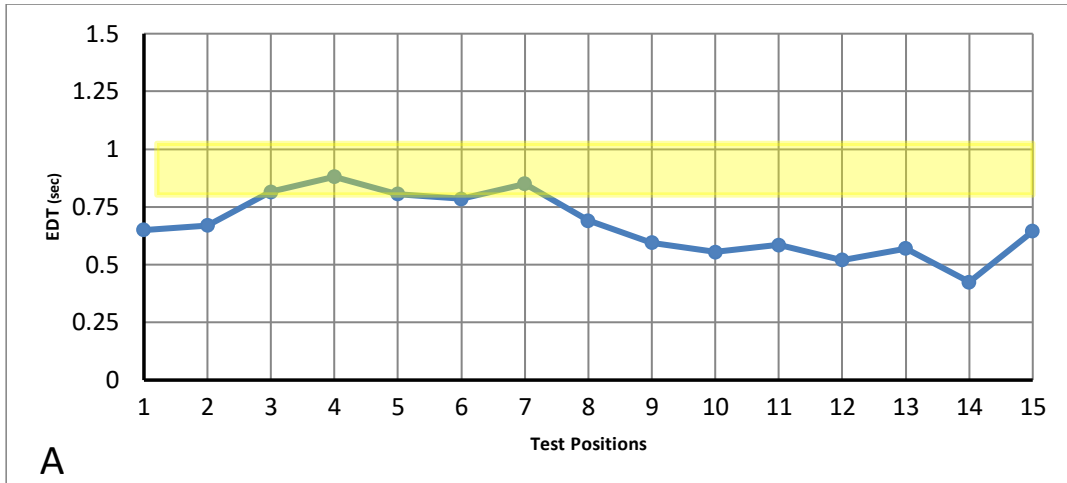
Εικόνα 8.10: Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης συναρτήσει του φάσματος συχνοτήτων, στο θέατρο “Βέμπο” (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum, in theatre “Vembo”).

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



Εικόνα 8.11: Διάγραμμα θορύβου βάθους στο θέατρο «Βέμπο» (Measurements of the background noise level in theatre “Vembo”).

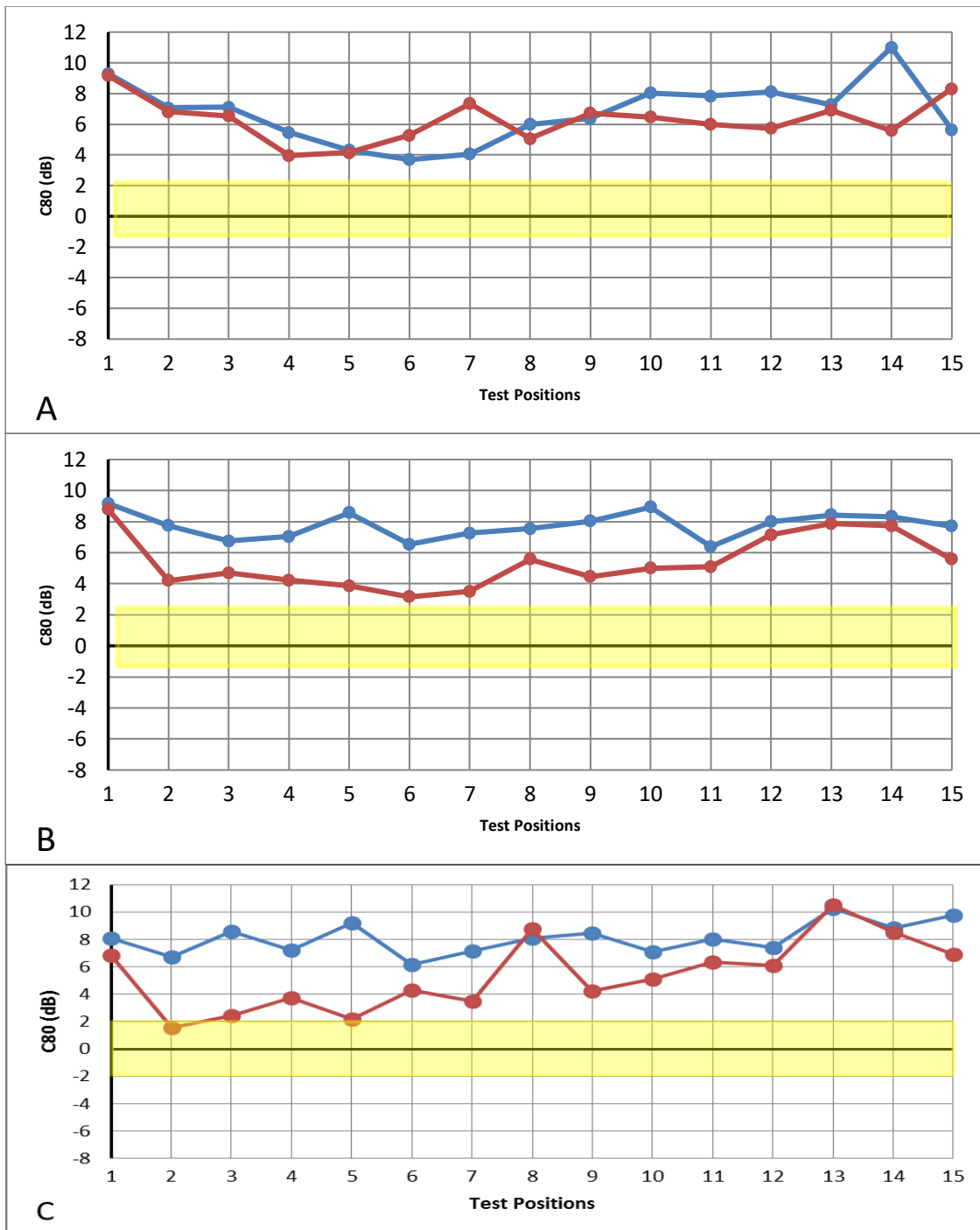
— Ανεκτό όριο ≤ 31 dBA (*recommended values ≤ 31 dBA*).



Εικόνα 8.12: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) στο θέατρο «Βέμπο» (*Measurements of the Early Decay Time in theatre “Vempro”*).

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

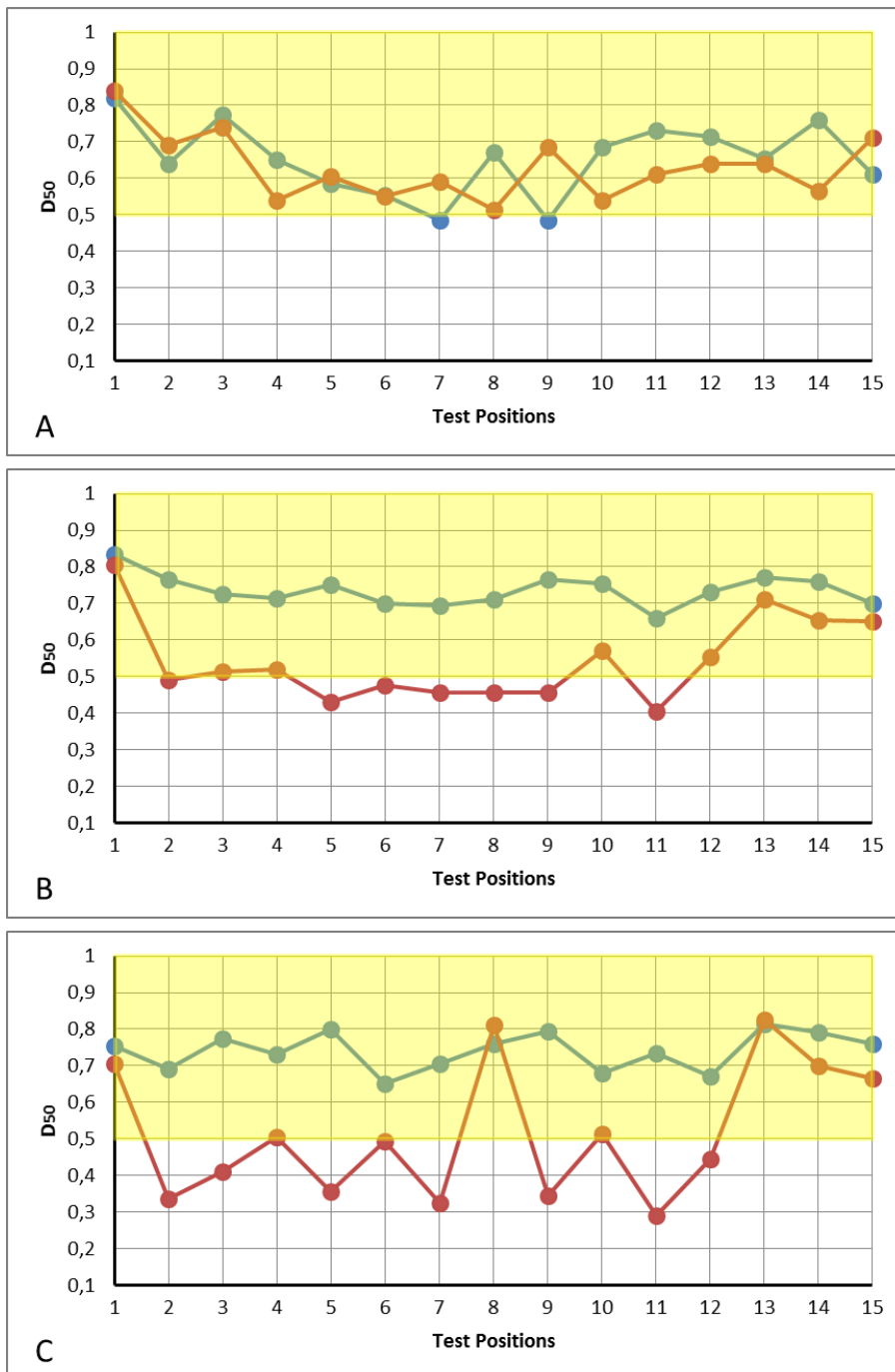
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*) — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



Εικόνα 8.13: Μετρήσεις του λόγου πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις 80ms (E-to-L) ή C80 στο θέατρο «Βέμπο» (*Measurements of 80ms Early-to-Late sound ratio or C80 in theatre “Vempro”*).

A. Χαμηλές συχνότητες (*Mean, oct. bands 125, 250 Hz*), **B.** Μεσαίες συχνότητες (*Mean, oct. bands 500, 1000 Hz*), **C.** Υψηλές συχνότητες (*Mean, oct. bands 2000, 4000 Hz*).

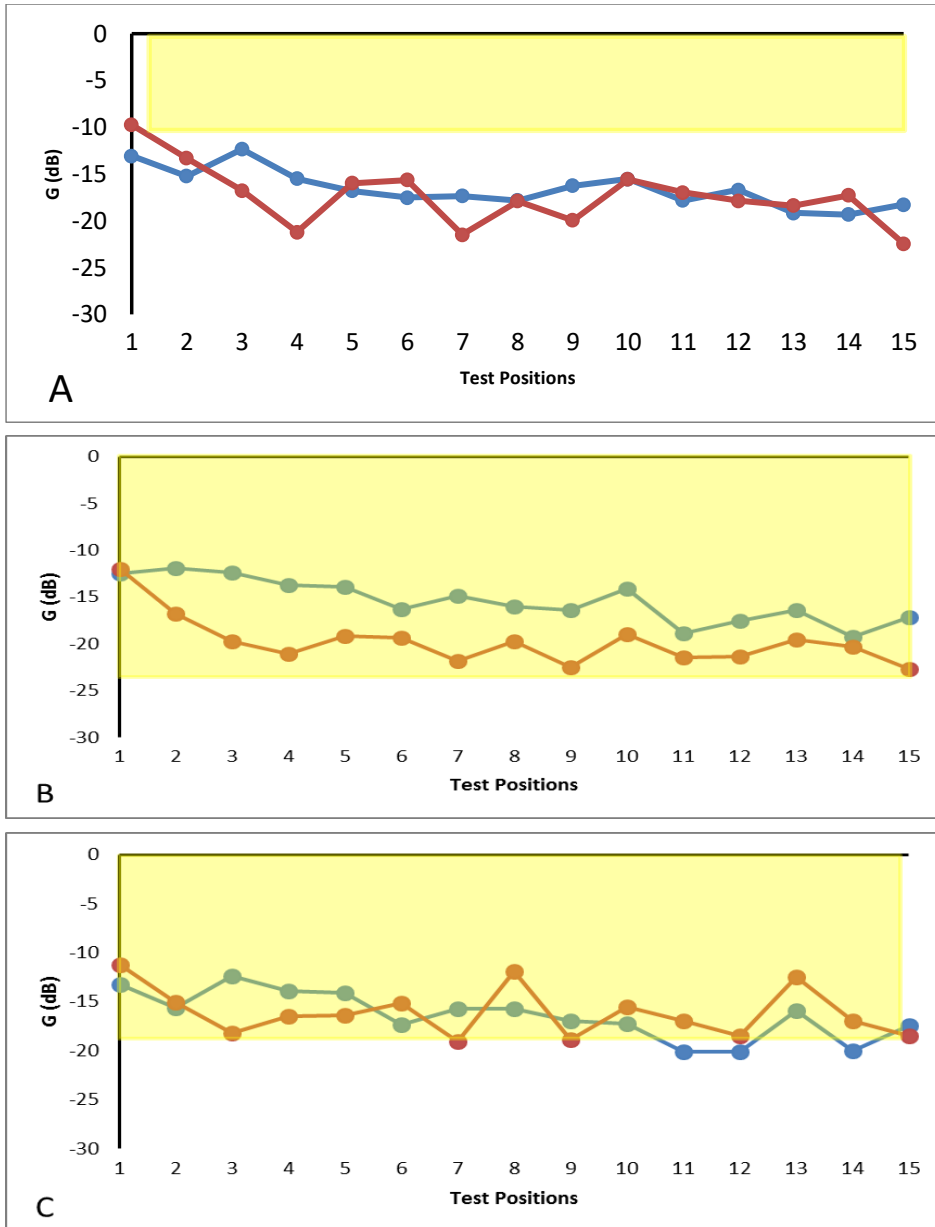
— Ισότροπη πηγή (*omnidirectional source*) — Κατευθυντική πηγή (*directional source*) — Επιθυμητά όρια για κλασική μουσική (*recommended values for classical music*) [#]



Εικόνα 8.14: Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50 στο θέατρο «Βέμπο» (*Measurements of the 50ms early energy fraction or D50 in theatre “Vemπο”*).

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 8.15: Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου (G) ως προς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (0 dB), στο θέατρο «Βέμπο» (*Measurements of the speech sound level Re speech level at 1 m. from source, in theatre “Vemπο”*).

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 συχν. “>-11 dB”, **B.** Για τις μεσαίες συχν. “>-23,5 dB”, **C.** Για τις υψηλές συχν. “>-18,5 dB” (*recommended values: A. For mean oct. bands 125, 250 Hz “>-11 dB”, B. For Mean 500, 1000 Hz “>-23,5 dB”, C. For Mean 2000, 4000 Hz “>-18,5 dB”*)

8.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Το πείραμα αντίληψης πραγματοποιήθηκε μια φορά στη θεατρική αίθουσα του «**ΒΕΜΠΟ**» κατά τη διάρκεια της παράστασης «**ΖΟΡΜΠΑΣ**» σε σκηνοθεσία Σταματη Φασουλη [Βλέπετε Παράρτημα Ζ]

Κατανεμήθηκαν και συμπληρώθηκαν από το ακροατήριο 68 ερωτηματολόγια. Θα πρέπει να σημειωθεί επιπλέον, πως οι θέσεις των θεατών που αποκρίθηκαν στο πείραμα ήταν συγκεκριμένες με βάση τις φυσικές μετρήσεις που προηγήθηκαν, αλλά τα χαρακτηριστικά τους ήταν τυχαία (τυχαίο δείγμα).

Έγινε ανάλυση κατά παραγοντες,εξαγοντας από δυο έως έξι (default τιμή) παραγοντες.Καταληξαμε ότι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω δυο πααγοντων,οι όποιοι είναι F1:Ευκρινεια και F2:Εγγυης-Δυνατος και εξηγούν το 54,3% της συνολικής διακύμανσης των δεδομενων.Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πινάκα (8.2)

Πινάκας 8.2: Αποτελέσματα της κατά παράγοντες ανάλυσης στο Θέατρο Βέμπο (Results of factor analysis of data obtained during performance in Vembo Theatre)

Επιλέγονται συντελεστές φόρτισης μεγαλύτεροι του 0,50. Το ποσοστό διακύμανσης που εξηγεί ο κάθε παραγοντας είναι 29.354 και 18.764 αντιστοίχα.

(Listed loadings are above 0,50. Percentage variance accounted for by each factor is 29.34 and 18.764 respectively).

Παράγων	Κλίμακες Αξιολόγησης		Συντελεστές Φόρτισης
F1: ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,83
	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	0,82
	Με υψηλή ακουστότητα	Με χαμηλή ακουστότητα	0,8
	Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0,78
	Πλούσιος	Πτωχός	0,78
	Γεμάτος	Κενός	0,77
	Με απόσταση	Χωρίς απόσταση	0,74
	Με αμεσότητα	Απόμακρος	0,74
	Στρογγυλεμένος	Αιχμηρός	0,71
	Υψηλός	Χαμηλός	0,67
	Λαμπρός	Σκοτεινός	0,66
	Διαυγής	Μπερδεμένος	0,65
	Δυνατός	Αδύναμος	0,64
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	0,62
	Με Όγκο	Χωρίς Όγκο	0,6
Άψυχος	Ζωντανός	-0,86	
F2: ΕΓΓΥΣ- ΔΥΝΑΤΟΣ	Απόμακρος	Εγγύς	0,73
	Τραχύς	Μαλακός	0,7
	Διαπεραστικός	Μη Διαπεραστικός	0,7
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	0,65
	Οξύς	Μη Οξύς	0,62
	Εξασθενημένος	Δυνατός	0,5

Πίνακας 8.3: Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα (Fi) για το θέατρο (Βέμπο)
(*Standard error of loadings for each factor for theatre “Βέμπο”*).

ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	
παράγοντας F1	παράγοντας F2
0,497	0,507

Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικροτερο του 0,50 (βλ πινάκα 8.3),εμείς θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές

Για κάθε παράγοντα, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ των θέσεων μέτρησης με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της ανάλυσης της διακύμανσης αποτελέσματα φαίνονται στον πινάκα 8.4

Πινάκας 8.4: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης στο θέατρο (Βέμπο)
(*Results of ANOVA Analysis for theatre “Βέμπο”*).

Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μετρήσεις για κάθε παράγοντα
(*Comparison of subjective factor scores between test positions*).

Παράγων	F(Στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
F1	1,869	0,139
F2	2,892	0,350

8.3 Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης

8.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Στα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) οι τιμές βρίσκονται οριακά στα επιθυμητά όρια. Για τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) παρατηρείται ότι η παράμετρο βρίσκεται λίγο χαμηλότερα από την επιθυμητή ζώνη. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι υπάρχει αρκετή ηχοαπορρόφηση στον χώρο. Αυτή προέρχεται από τα καθίσματα, τα οποία είναι ντυμένα με στόφα μεγάλου πάχους, καθώς επίσης και από την ύπαρξη μοκέτας, αλλά και ηχοαπορροφητικής επένδυσης στους τοίχους της αίθουσας.

Για το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50) με ισότροπη πηγή, οι τιμές βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Αυτό μας δείχνει ότι στο θέατρο υπάρχει πλούσιος πρώιμος ήχος που είναι αποτέλεσμα του σχετικά μικρού όγκου του θεάτρου και ότι οι ανακλαστικές επιφάνειες βρίσκονται κοντά στο ακροατήριο. Για την κατευθυντική πηγή στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες οι τιμές βρίσκονται στα επιθυμητά όρια με εξαίρεση κάποιες θέσεις στις μεσαίες συχνότητες. Στις υψηλές συχνότητες το μεγαλύτερο μέρος των τιμών βρίσκεται εκτός ορίων. Και εδώ βλέπουμε ότι όσο ο ομιλητής έχει στραμμένα τα νώτα του στον ακροατή, στον τελευταίο δεν φτάνει αρκετός πρώιμος ήχος. Επίσης βλέπουμε ότι αν ο ακροατής κάθετα και λίγο απομακρυσμένα από τις ανακλαστικές επιφάνειες μειώνεται ακόμα περισσότερο ο πρώιμος ήχος που φτάνει και εδώ, όσων αφορά τις μετρήσεις του λόγου των πρώιμων προς καθυστερημένες ανακλάσεις (C80) οι τιμές κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων εκτός επιθυμητών τιμών.

Όσον αφορά την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G), οι τιμές και για τις δύο πηγές, με εξαίρεση τις χαμηλές συχνότητες, βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια.

Αυτό μας δείχνει πως καθώς το θέατρο είναι σχετικά μικρό οι αποστάσεις ομιλητή ακροατή είναι περιορισμένες με αποτέλεσμα να φτάνει ο ήχος με καλή ένταση στον ακροατή. Για τις χαμηλές συχνότητες παρατηρούμε ότι έχουμε μεγαλύτερη απόσβεση από το επιθυμητό. Αυτό δείχνει ότι η αίθουσα, πιθανόν, διαθέτει παραπάνω απορροφητικά για χαμηλές συχνότητες από ότι χρειάζεται.

Τέλος, μετρήθηκε η στάθμη θορύβου βάρους (LAeq) 34,5 dB η οποία είναι πάνω από το ανώτατο όριο των 31 dB. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι από πάνω του το θέατρο είναι ελεύθερο όπως επίσης και ότι μπροστά από την είσοδο του περνάει κεντρικός δρόμος.

8.3.2 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης

Το ποσοστό διακύμανσης είναι 52,525% με δυο καθαρούς δυνατούς παράγοντες. Ο παράγοντας που είναι ισχυρότερος και κυριαρχεί στην αντίληψη της ακουστικής είναι ο **F1**: «Ευκρίνεια» κι αναφέρεται κυρίως σε ήχο με ευκρίνεια πλούσιο και γεμάτο με χαρακτηριστικές κλίμακες αξιολόγησης. Με «Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρολών – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρολών », « Προτιμητέος – Μη προτιμητέος » «Με υψηλή ακουστότητα – Με χαμηλή ακουστότητα» «Με ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών – Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση αντρικών ρολών» «Πλούσιος – Πτωχός» «Γεμάτος - Κενός», «Με απόσταση – Χωρίς απόσταση» «Με αμεσότητα – Απόμακρος» «Στρογγυλεμένος – Αιχμηρός» «Υψηλός - Χαμηλός» «Λαμπρός – Σκοτεινός», «Διαυγής - Μπερδεμένος» «Δυνατός – Αδύναμος» «Ευδιάκριτος – Δυσδιάκριτος» «Με όγκο – Χωρίς όγκο» «Άψυχος – Ζωντανός». Συνολικά ο παράγων **F1** καλύπτει το 37,657% της συνολικής διακύμανσης.

Ο δεύτερος παράγοντας **F2** « Εγγυής – Δυνατός » αναφέρεται στην μαλακότητα ή διαπεραστικότητα και καλή εντύπωση του ήχου με ποσοστό διακύμανσης 15,005% με χαρακτηριστικές κλίμακες αξιολόγησης «Απόμακρος – Εγγυής» «Τραχύς – Μαλακός» «Διαπεραστικός – Μη διαπεραστικός», «Με κακή γενική εντύπωση – Με καλή γενική εντύπωση» «Οξύς – Μη οξύς» «Εξασθενημένος – Δυνατός»

8.4 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα των φυσικών μετρήσεων του θεάτρου Βέμπο μας δείχνουν ότι και εδώ πρόκειται για ένα καλό θέατρο με καλή ακουστική απόδοση. Το θέατρο διαθέτει επίσης αρκετά καλή ηχοαπορρόφηση:αποτελεσμα αυτού είναι ότι ο χρόνος αντήχησης είναι μέσα στα επιθυμητά όρια ,και είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο στο φάσμα δηλαδή έτσι όπως συνίσταται.[5]

Επίσης, το θέατρο διαθέτει επαρκές ποσοστό πρώιμων ανακλάσεων κάτι που οφείλεται στις μικρές αποστάσεις ομιλητών-ακροατών(Compact design) και συνδέεται άμεσα με την εποχή που χτίστηκε, δηλαδή την εποχή του μεταπολεμικού μοντερνισμού. Για την απόσβεση της στάθμης ένταση του ήχου μπορούμε να πούμε ότι είναι ικανοποιητική με (εξαίρεση τις χαμηλές συχνότητες).

Ο θόρυβος βάθους που μετρήθηκε βρίσκεται σαφώς πάνω από την οριακή τιμή δεδομένου ότι η οροφή του Θεάτρου δεν προστατεύεται από τον αστικό θόρυβο(οδός Καρόλου στο Μεταξουργείο).Επιπλέον και η σκηνή του θεάτρου συνορεύει (είναι εκτεθειμένη) με παρκινγκ. Τέλος, το θέατρο Βέμπο δεν είναι κατάλληλο για μουσικά δρώμενα

Μέσω της μεθόδου ανάλυσης της διακύμανσης προκύπτει ότι μεταξύ των θέσεων του θεάτρου δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, άρα ο θεατής θα αντιληφθεί την ακουστική με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις θέσεις του θεάτρου. Αυτό το γεγονός παρουσιάζει ένα πετυχημένο σχεδιασμό του θεάτρου παρόλο που περιβάλλεται από ανοιχτό χώρο και δεν έχει άλλη κατασκευή από πάνω του.

9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΘΕΑΤΡΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ

9.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του θορύβου βάθους για κάθε θέατρο.

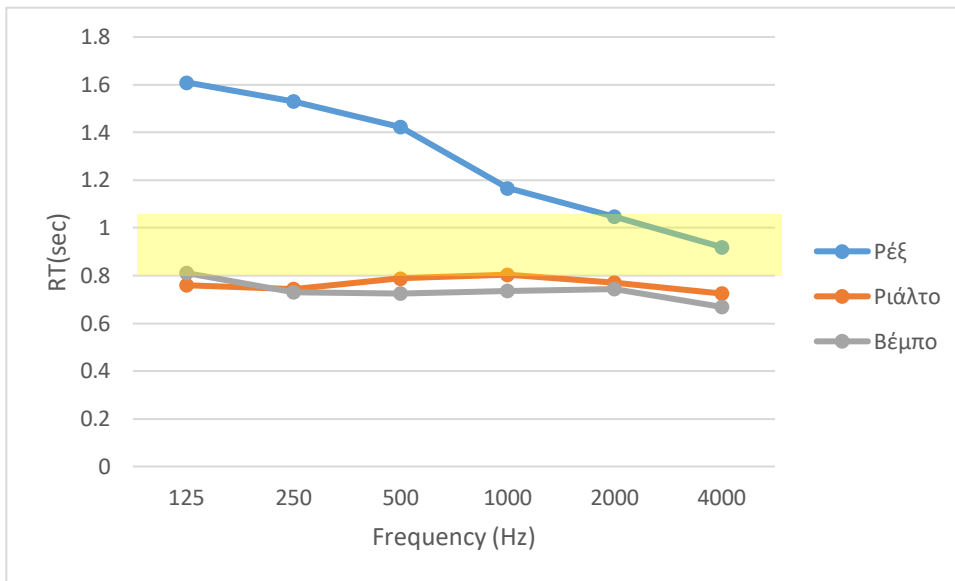


Εικόνα 9.1: Διαγράμματα θορύβου βάθους (LAeq), όπου με κόκκινη γραμμή φαίνεται το ανώτατο ανεκτό όριο για θεατρικές σκηνές (≤ 31 dBA)

[●]: Θόρυβος βάθους χωρίς κλιματισμό

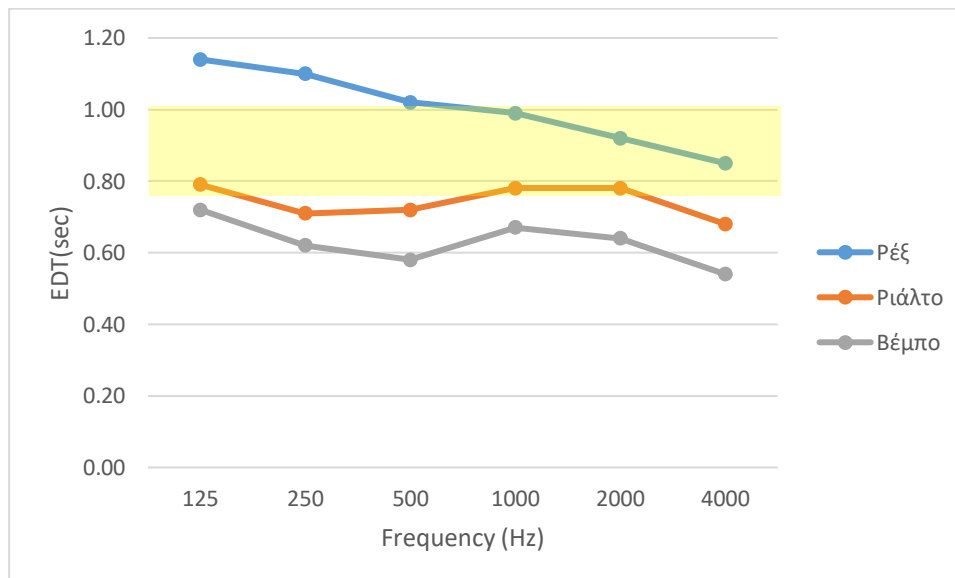
— Το ανεκτό όριο είναι ≤ 31 dBA (criterion value is ≤ 31 dBA)

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) (C80), των κλασμάτων πρώιμων ανακλάσεων 50EEF (D50), των αποσβέσεων της στάθμης έντασης του ήχου G (θέση αναφοράς η ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή) και των θορύβων βάθους σε κάθε θέατρο.

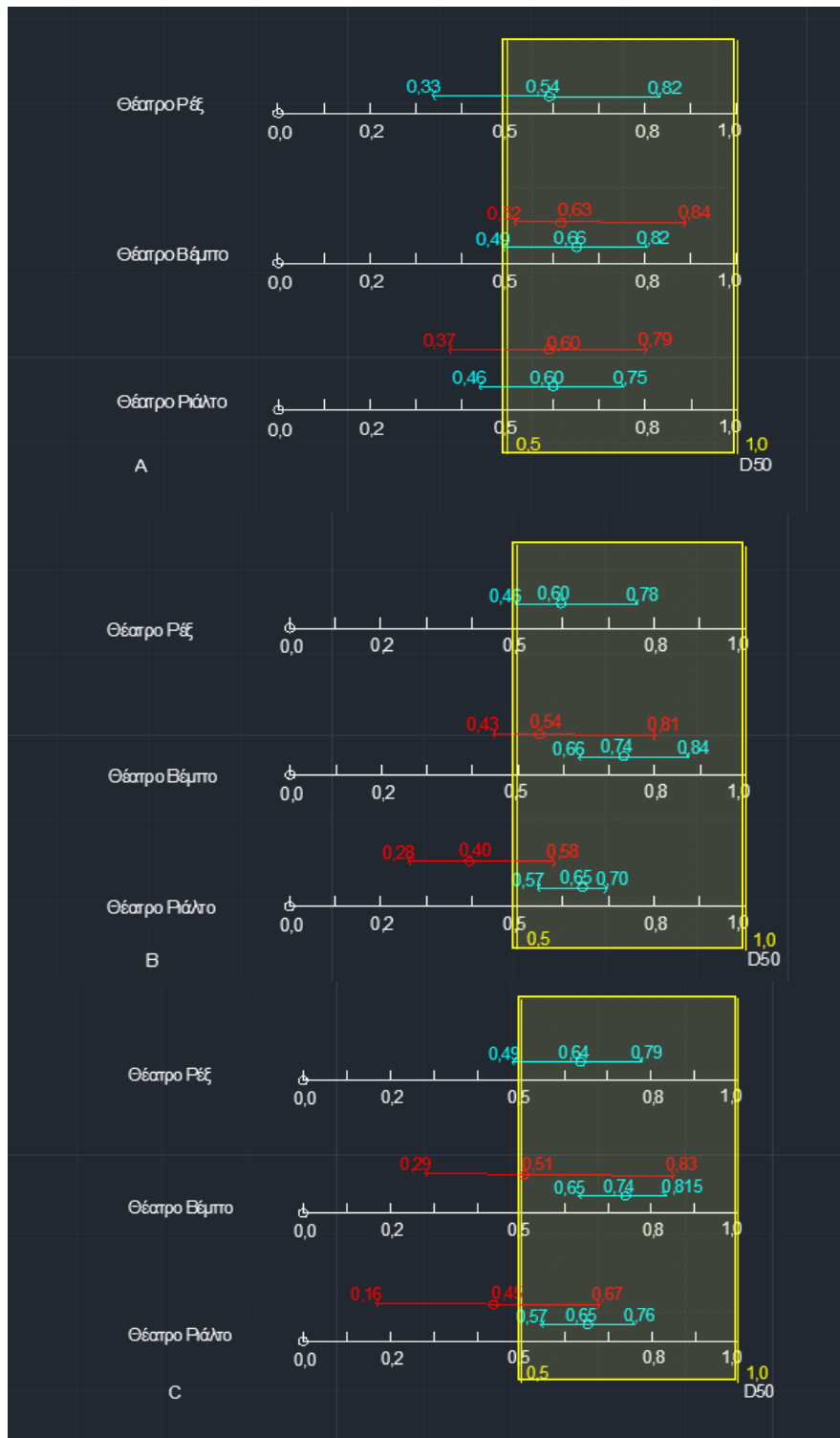


Εικόνα 9.2: Μετρήσεις του χρόνου αντήχησης RT σε όλο το φάσμα συχνοτήτων (Measurements of the Reverberation Time vs frequency spectrum).

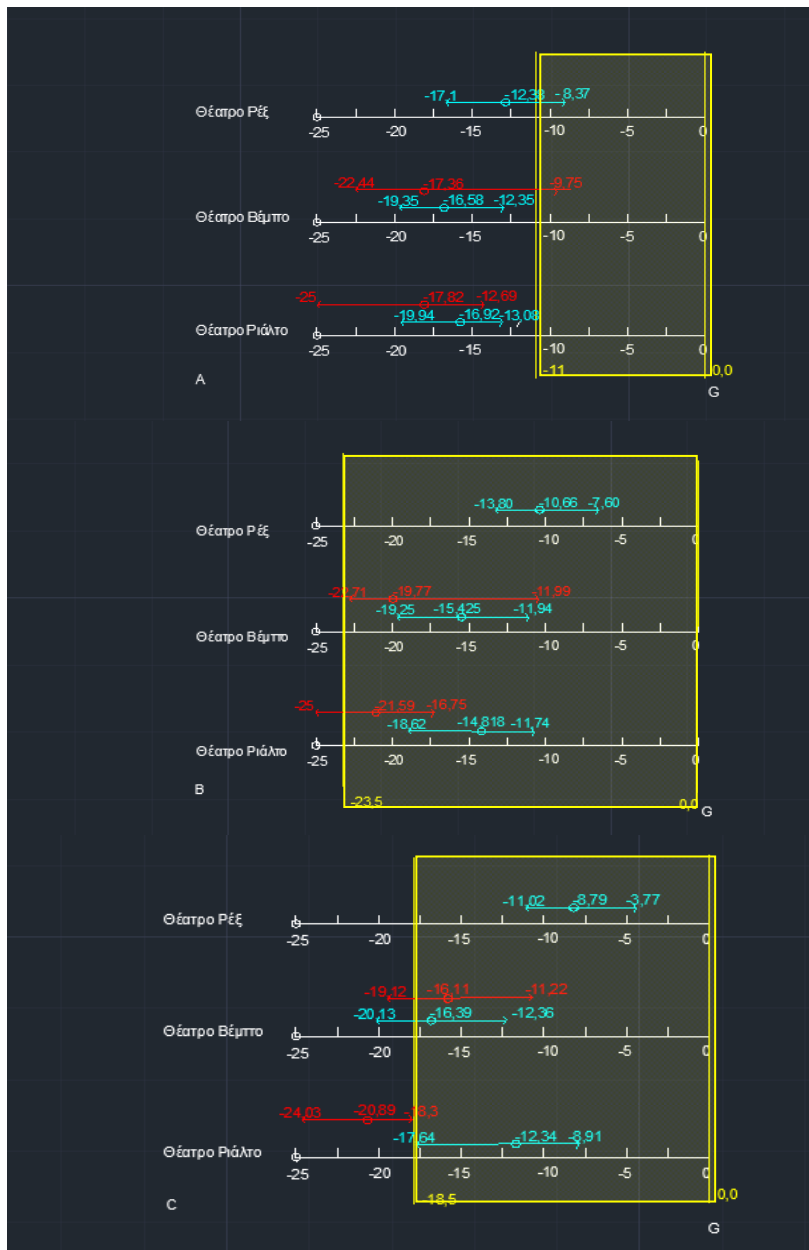
— Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



Εικόνα 9.3: Μετρήσεις του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT σε όλο το φάσμα συχνοτήτων (Measurements of the Early Decay Time vs frequency spectrum). — Επιθυμητά όρια (*recommended values*)



Εικόνα 9.4: Μετρήσεις του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50. (*Measurements of the 50ms early energy fraction or D50*). **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 9.5: Μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου G με θέση αναφοράς την ένταση του ήχου στο 1 μ. από την πηγή (*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”*)

9.2 Πειράματα αντίληψης της ακουστικής

Παρατηρώντας τα 3 θέατρα ξεχωριστά ,τα οποία είναι εμβληματικά για την εποχή τους, γίνεται ξεκάθαρο ότι η αντίληψη παρά τις διαφορές συνθηκών οδηγούν σε παρεμφερή αποτελέσματα ως προς τους παράγοντες που καθορίζουν την ακουστική του χώρου .Το γεγονός αυτό μας δίνει το δικαίωμα και το έναυσμα να πραγματοποιήσουμε ανάλυση και στα 3 θέατρα ταυτοχρόνως για να εξάγουμε πιο γενικά συμπεράσματα

Αφού ενοποιήσαμε τα δείγματα από κάθε θέατρο σε ένα ενιαίο δείγμα, θεωρώντας ότι πρόκειται πλέον για ένα «υπερθέατρο», προχωρήσαμε σε ανάλυση κατά παράγοντες. Έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως τέσσερις (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω τριών παραγόντων, οι οποίοι είναι ισχυροί, καθαροί και ανεξάρτητοι κι εξηγούν το 52,729 της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες πινάκα (9.1)

Πινάκας (9.1) Αποτελέσματα της κατά παράγοντες ανάλυσης σε όλα τα Θέατρο (Ρεξ-Ριάλτο-Βέμπο)
(Results of factor analysis of date obtained during performance in (Ρεξ-Ριάλτο-Βέμπο) Theater)

Επιλέγονται συντελεστές φόρτισης μεγαλύτεροι του 0,50. Το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί ο κάθε παράγοντας είναι 24.847, 17.131 και 10.751 αντίστοιχα.

(Listed loadings are above 0, 50 Percentage variance accounted for very each factor is 24.847, 17.131 and 10.751 respectively)

Παράγων	Κλίμακες Αξιολόγησης	Συντελεστές Φόρτισης	
F1: ΓΕΜΑΤΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ	Γεμάτος	Κενός	,76
	Διαυγής	Μπερδεμένος	,76
	Προτιμητέος	Μη Προτιμητέος	,74
	Λαμπρός	Σκοτεινός	,71
	Στρογγυλεμένος	Αιχμηρός	,70
	Υψηλός	Χαμηλός	,69
	Με αμεσότητα	Απόμακρος	,66
	Υψηλής Αντήχησης	Ξηρός	,62
	Πλούσιος	Πτωχός	,62
	Ευδιάκριτος	Δυσδιάκριτος	,57
	Με Όγκο	Χωρίς Όγκο	,53
F2: ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΟΤΗΤΑ	Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,78
	Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,72
	Με υψηλή ακουστότητα	Με χαμηλή ακουστότητα	,69
	Δυνατός	Αδύναμος	,61
	Δυσχερής στην ακρόαση	Ευχερής στην ακρόαση	-,53
	Πτωχός σε τονική πυκνότητα	Πλούσιος σε τονική πυκνότητα	-,55
	Άψυχος	Ζωντανός	-,58
F3: ΟΞΥΦΩΝΙΑ ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΤ ΗΤΑ	Διαπεραστικός	Μη Διαπεραστικός	,72
	Οξύς	Μη Οξύς	,65
	Με κακή γενική εντύπωση	Με καλή γενική εντύπωση	,62
	Με παρουσία θορύβου	Απουσία θορύβου	,61
	Τραχύς	Μαλακός	,59

Πινάκας (9.2):Τυπικά σφάλματα ανά παράγοντα (Fi) για τα θέατρα (Ρεξ-Ριάλτο-Βέμπο).

Standard error of loadings for each factor for theatre “Ρεξ-Ριάλτο-Βέμπο”.

ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ		
παράγοντας F1	παράγοντας F2	παράγοντας F3
0,287	0,292	0,304

Παρότι το τυπικό σφάλμα είναι μικροτερο του 0,50 (βλ πινάκα 9.1),εμείς θεωρήσαμε ως κριτήριο το 0,50 διότι έτσι ερμηνεύονται αρτιότερα οι μεταβλητές.

Για κάθε παράγοντα, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ των θέσεων μέτρησης με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της ανάλυσης της διακύμανσης τα αποτελέσματα φαίνονται στον πινάκα 9.2

Πινάκας (9.3): Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης στα θέατρα (Ρεξ-Ριαλτο-Βεμπο)

(Results of ANOVA Analysis for theatre “Ρεξ-Ριάλτο-Βέμπο”).

Σύγκριση των δεικτών αντίληψης μεταξύ θέσεων μετρήσεις για κάθε παράγοντα
(Comparison of subjective factor scores between test positions)

Παράγων	F(Στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
F1	1,806	0,160
F2	0,109	0,897
F3	0,051	0,950

9.3.Ερμηνεία και αξιολόγηση φυσικών μετρήσεων και μετρήσεων αντίληψης

9.3.1 Φυσικές μετρήσεις

Ξεκινώντας με τον χρόνο αντήχησης RT βλέπουμε ότι οι τιμές των θεάτρων Βέμπο και Ριάλτο είναι κοντά μεταξύ τους και μέσα στα επιθυμητά όρια.

Στο θέατρο Ρεξ οι τιμές στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες βρίσκονται εκτός. Αυτό είναι αποτέλεσμα της ανεπάρκειας ηχοαπορροφητικών υλικών στην αίθουσα του Θεάτρου Ρεξ.

Σε ότι αφορά τον χρόνο απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων ως παράγωγο του χρόνου αντήχησης έχει περίπου την ίδια μορφή με διαφορά ότι η απόσβεση στο θέατρο Βέμπο είναι και αυτή εκτός ορίων κάτι που δείχνει ότι στην συγκεκριμένη αίθουσα έχει μεγαλύτερη ηχοαπορρόφηση από την επιθυμητή.

Για τις μετρήσεις του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων μπορούμε να πούμε, σε ότι αφορά την ισότροπη πηγή, ότι οι τιμές βρίσκονται μέσα στα επιθυμητά όρια. Αυτό δείχνει ότι οι αίθουσες διαθέτουν ανακλαστήρες αν και στο θέατρο Ρεξ ίσως χρειάζονται περισσότεροι. Επίσης πρέπει να πούμε ότι τα θέατρα Βέμπο και Ριάλτο επωφελούνται και από τις μικρές τους διαστάσεις με αποτέλεσμα να φτάνει πλούσιος πρώιμος και απευθείας ήχος σε μεγαλύτερο αριθμό θέσεων χωρίς να σημαίνει ότι το θέατρο Ρεξ δεν έχει πλούσιο πρώιμο ήχο, αν και έχει μεγαλύτερο ύψος. Σε ότι αφορά την κατευθυντική πηγή με την οποία μετρήθηκαν μόνο τα Θέατρα Βέμπο και Ριάλτο τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά. Αυτό έχει να κάνει κυρίως με την απόσταση που έχει να διανύσει ο ήχος όταν ο ομιλητής έχει στραμμένα τα νώτα του προς τον ακροατή και όχι απαραίτητα με την έλλειψη ανακλαστήρων.

Για τις μετρήσεις της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου G βλέπουμε ότι με την ισότροπη πηγή οι τιμές, και στα τρία θέατρα βρίσκονται εντός επιθυμητών ορίων με εξαίρεση τις χαμηλές συχνότητες. Για την κατευθυντική πηγή έχουμε πάλι το πρόβλημα του το που κάθετα ο ακροατής και προς τα που μιλάει ο ομιλητής.

Για τη στάθμη θορύβου βάθους, μόνο το θέατρο Ριάλτο ήταν κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο. Το θέατρο Ρεξ το ξεπερνάει οριακά και το θέατρο Βέμπο αρκετά.

Τέλος, στην ανάλυση τις παραμέτρου C80 διαπιστώθηκε ότι κανένα από τα θέατρα δεν είναι κατάλληλο για μουσικά δρώμενα επομένως σε αυτό το κεφάλαιο δεν υπάρχει λόγο περαιτέρω ανάλυσης.

9.3.2 Ερμηνεία κι αξιολόγηση μετρήσεων αντίληψης

Το ποσοστό διακύμανσης και στα τρία θέατρα είναι είναι 52,729% συνολικά. Από τα τρία θέατρα εξήχθησαν τρεις παράγοντες πρώτος είναι ο F1 «Γεμάτος – Λαμπρός» και περιγράφει έναν ήχο γεμάτο, λαμπρό και προτιμητέο με ποσοστό διακύμανσης 24,847% και αποτελείται από τις κλίμακες «Γεμάτος – Κενός», «Διαυγής – Μπερδεμένος» , «Προτιμητέος – Μη Προτιμητέο», «Λαμπρός – Σκοτεινός» «Στρογγυλεμένος – Αιχμηρός» «Υψηλός – Χαμηλός», «Με αμεσότητα – Απόμακρος», «Υψηλής αντήχησης – Ξηρός», «Πλούσιος – Πτωχός» , «Ευδιάκριτος – Δυσδιάκριτος», «Με όγκο – Χωρίς όγκο».

Ακολουθεί ο δευτερος παράγοντας F2 «Ευκρίνεια – Ακουστότητα» και με ποσοστό 17,131% και αναφέρεται σε έναν ήχο με ευκρίνεια δυνατό και υψηλής ακουστότητας. Αποτελούμενος από τις κλίμακες «Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων – Χωρίς ευκρίνεια ανδρικών ρόλων» , «Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων – Χωρίς ευκρίνεια γυναικείων ρόλων» , «Με υψηλή ακουστότητα – Με χαμηλή ακουστότητα» , «Δυνατός – Αδύναμος», «Δυσχερής στην ακρόαση – Ευχερής στην ακρόαση» , «Πτωχός σε τονική ποιότητα – Πλούσιος σε τονική ποιότητα» , «Άψυχος – Ζωντανός» και τελευταίος είναι ο F3 «Οξυφωνία – Διαπεραστικότητα » , περιγράφει την τραχύτητα και την οξύτητα του ήχου με ποσοστό διακύμανσης 10,751% και συμπεριλαμβάνεται από τις κλίμακες «Διαπεραστικός – Μη Διαπεραστικός» , «Οξύς – Μη Οξύς», «Με κακή γενική εντύπωση - Με καλή γενική εντύπωση » , «Με παρουσία θορύβου – Απουσία θορύβου» , «Ταχύς – Μαλακός».

10. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα σκοπό έχει να συμβάλει στη καταγραφή θεατρικών σκηνών τις πατρίδας μας και να μελετήσει την ακουστική τους απόδοση. Αναλύονται τα εξής Θέατρα τις Αθήνας; το Ρεξ στην οδό(Πανεπιστήμιου) από την περίοδο του μεσοπόλεμου, καθώς και τα θέατρα Ριάλτο (στην Κυψέλη) και Βέμπο (στο Μεταξουργείο) από την εποχή του μεταπολεμικού μοντερνισμού.

Οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις στα Θέατρα χωρίς ακροατήριο, ανέδειξαν τις αρετές του Ελληνικού θεάτρου του 20^{ου} αιώνα που είναι οι εξής

- Σχετικά μικρές αποστάσεις ομιλητού-ακροατών, -
- Εγγυς ανακλαστικές επιφάνειες για την παροχή πρωίμων ανακλάσεων.

Περεταίρω το θέατρο Ρεξ του Μεσοπόλεμου ως εκ τις εμβληματικής αρχιτεκτονικής τις εποχής του διαθέτη μεγάλο ύψος που κάνει το χρόνο αντήχησης να βγαίνει εκτός ορίων. Αυτό, σε αντίθεση με τα θέατρα Ριάλτο και Βέμπο από τον δεύτερο ήμισυ του 20^{ου} αιώνα ,που ακολουθούν το μότο του μοντερνισμού (less is more) χαρακτηρίζονται από ύψη μικρότερης κλίμακας, και έχουν χρόνο αντήχησης μέσα στα επιθυμητά όρια.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι τα τρία θέατρα είναι ακατάλληλα για την απόδοση κλασσικής μουσικής. Τέλος επιβεβαιώθηκε ότι ο τύπος θεάτρου που είναι εντεταγμένο σε πολυώροφο κτίριο, όπως το Ριάλτο πλεονέκτη σε σχέση με θέατρα που στεγάζονται αυτοτελώς όπως το Ρεξ και το Βέμπο.

Τα παραπάνω αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων εν γένη συνάδουν με τα ευρήματα προγενέστερης μελέτης τις βιβλιογραφίας που έγινε σε 13 Ελληνικά θέατρα [29](κεφάλαιο 3 ,Παράρτημα Η)

Η μελέτη τις αντίληψης τις ακουστικής στα τρία θέατρα βασίστηκε στην μέθοδο τις σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης και έγινε κατά την διάρκεια ζωντανών παραστάσεων, χρησιμοποιώντας συνολικά 135 ακροατές και ανέδειξε τρεις ανεξαρτήτους παράγοντες .Δηλαδή τον «Γεμάτος - Λαμπρός» , με «Ευκρίνεια - Ακουστότητα» και «Οξυφωνία – Διαπεραστικότητα». Περισσότεροι από τους μισούς (52%) ακροατές που έλαβαν μέρος συμφωνήσαν στο αποτέλεσμα αυτό.

Επίσης βρέθηκε ότι η προτίμηση ενός θεάτρου, σύμφωνα με το ακροατήριο, εξαρτάται από το κατά πόσο ο ήχος είναι Γεμάτος-Λαμπρός.

Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τα ευρήματα προγενέστερης μελέτης τις βιβλιογραφίας από 13^{ης} θεατρικές σκηνές [28](κεφάλαιο 3) τις πατρίδας μας σε ποιες συνιστώσες αναλύεται η ακουστική ενός θεάτρου κατά την άποψη του ακροατού .Αυτά τα αποτελέσματα μόνα τους δεν μπορούν να μας πουν εάν η ακουστική του χώρου είναι καλή η όχι.

Με κατάλληλη Στατιστική επεξεργασία προέκυψε για κάθε ένα παράγοντα τις αντίληψης ότι δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ των 3^{ων} θεάτρων. Συνεπώς δεν ήταν δυνατόν να εξηγήσουμε τους παράγοντες τις αντίληψης που βρήκαμε, μέσω των ακουστικών μετρήσεων που κάναμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σωτηρόπουλου, Α. (2010). Συνεδριακό Κέντρο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών' ακουστικός σχεδιασμός μεγάλου αμφιθεάτρου .5ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Ακουστική 2010', 4-6 Οκτωβρίου 2010 (σ.σ 117-124). Αθήνα : ΕΛ.ΙΝ.Α.
2. Σωτηροπούλου, Α. (2014). Σεβαστουπόλειο εκπαιδευτικό συγκρότημα στην Αθήνα' ακουστικός σχεδιασμός αμφιθεάτρου 180-θέσεων. 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Ακουστική 2014', 20-21 Οκτωβρίου 2014. Θεσσαλονίκη : ΕΛ.ΙΝ.Α.
3. Σωτηροπούλου, Α. (2016). Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα' διορθωτική ακουσική νεοκλασικών αιθουσών διαλέξεων μνημιακού μεγέθους στην Αθήνα. 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο 'Ακουστική 2016' 3-4 Οκτωβρίου 2016 (σ.σ 291-299). Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Α.
4. Acoustical Society of America (1985). Theaters for drama performance: Recent experiences in acoustical design. New York: Am. Inst. Physics
5. Barron, M. (1993). Auditorium Acoustics and Architectural Design. London: E & FN Spon. Also 2nd ed. (2010) e-book, London, New York: Spon press.
6. Beranek, L.L. (1962). Music, Acoustics and Architecture. New York: John Wiley & Sons, Inc.
7. Beranek, L.L. (1996). Concert and Opera Halls, How they sound. New York: Am. Inst. Physics press for the Acoust. Soc. Am.
8. Cooper D. E. (1969), Statistics for experimentalists. Pergamon Press, London.
9. BRE Digest (1976) The acoustics of rooms for speech. Building Research Establishment, Digest 192.
10. Eysholdt, U. (1976). Subjective investigations and digital simulations of sound fields from concert halls. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
11. Jordan, V.L. (1968). Einige Bemerkungen über Anhall und Anfangsnachhall in Musikräumen. Applied Acoustics, 1, p. 29.
12. Lehmann, P. & Wilkens, H. (1980). Zusammenhang subjectiver Beurteilungen von Konzertsälen mit raumakustischen Kriterien. Acustica, 45, pp. 256-268.
13. Nie, N.H., Handlai Hull, C., Jenkins, J.G., Steinbrenner, K., Bent, D.H., Statistical package for the social sciences, 2nd ed., McGraw-Hill Book Co, New York, 1975
14. Osgood, C.E., Suci, G.J. & Tannenbaum, P.H. (1957). The measurement of meaning. Urbana, Chicago and London: Univ. of Illinois Press.
15. Sabine, W.C. (1922). Collected papers on acoustics. Cambridge Mass: Harvard Univ. Press.
16. 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.
17. Fletcher, H. Munson, W.A (1933). Loudness, its definition, measurement and calculation. J. Acoust. Soc. Am., 5, pp. 82-108 [157]

18. Thiele, R. (1953). Directional distribution and sequence of sound reflections in rooms. *Acustica*, 3, pp. 291-302.
19. SRL (1976). *Practical Building Acoustics*. London: Sound research laboratories Ltd
20. Web, J.D. (1978). *Noise control in industry*. 2nd ed. London : Sound research laboratoris Ltd.
21. Καραβόγλου Γ., Φωτομάρας Γ., (2017). ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ. Επί διπλώματι εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.
22. Καρύδης Δ. (2008), Τα επτά βιβλία της πολεοδομίας, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
23. Μαργάρης Ο., Ράλλης Γ., (2017). ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΘΕΑΤΡΩΝ ΤΟΥ ΝΕΟΚΛΑΣΙΚΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ. Επί διπλώματι εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.
24. Μιχαλοπούλου Βασιλική (2009). ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΠΡΟΖΑΣ. Επί διπλώματι εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.
25. Πέτροπουλος Γ., Λουίζος Β., (2018). ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΕ ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΣΚΗΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΥ 20ου ΚΑΙ 21ου ΑΙΩΝΑ. . Επί διπλώματι εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.
26. Σκούτα Μ., (2018). ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΕ ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΣΚΗΝΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΟΛΕΜΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΥ. Επί διπλώματι εργασία υπό την εποπτεία της καθηγήτριας Α. Σωτηροπούλου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.
27. Σωτηροπούλου Α., (2016). Ακουστικός Σχεδιασμός Χώρων Ακροατηρίου, Αθήνα [ηλεκτρ.βιβλ]: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών Διαθέσιμο στο <http://hdl.handle.net/11419/5850>
28. Τριανταφύλλου Α., (2016). ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΛΑΜΙΑΣ-Προσέγγιση στην ιστορία του, Λαμία 2016 Τα επτά βιβλία της πολεοδομίας, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
28. Πανου Παναγιώτα και Σπύρου Παρασκευή (Διερεύνηση της Αντίληψης της ακουστικής σε Θεατρικές σκηνές τοθ 19^{ου} και 20^{ου} Αιώνα στην Ελλάδα). Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2019).
29. Βουγιουκα Στάυρου και Μπαλιακα Παναγιώτη (Φυσικές Ακουστικές Μετρήσεις σε Θεατρικές Σκηνές του 19^{ου} και 20^{ου} Αιώνα στην Ελλάδα) Διπλωματική Εργασία Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ,ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2018

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Θεωρητικά στοιχεία της ακουστικής

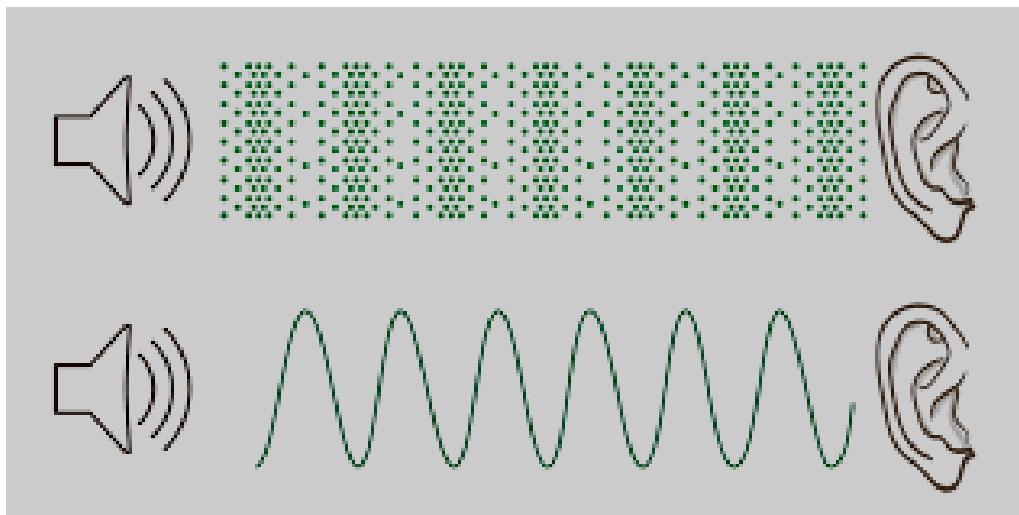
A.1 Εισαγωγή

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.

A.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. Ελαστικότητας, εσωτερικής τριβής) και έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε να μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα.

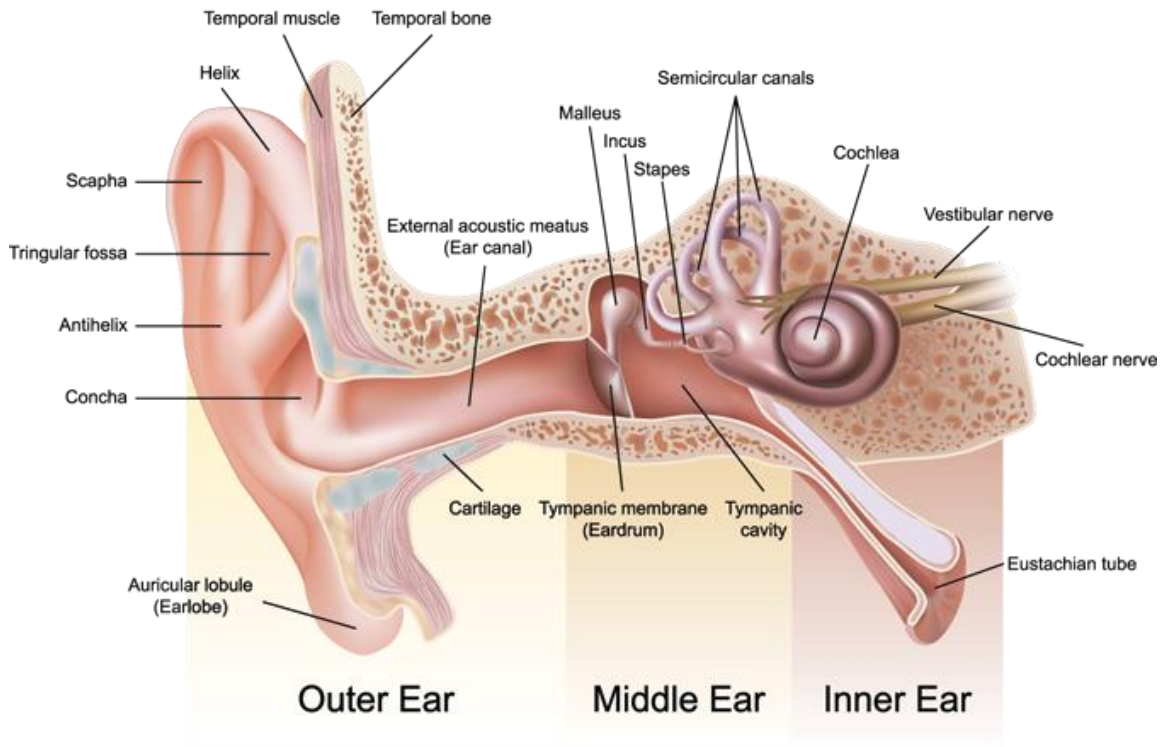
Ο ήχος παράγεται όταν μια ηχητική πηγή ταλαντώνεται, δηλαδή κάνει παλμικές κινήσεις. Λόγω των ελαστικών ιδιοτήτων του υλικού η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται από κάθε μόριο στα γειτονικά του, προκαλώντας μεταβολές πίεσης. Έτσι δημιουργούνται πυκνώματα (περιοχές υψηλής πίεσης) και αραιώματα (περιοχές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



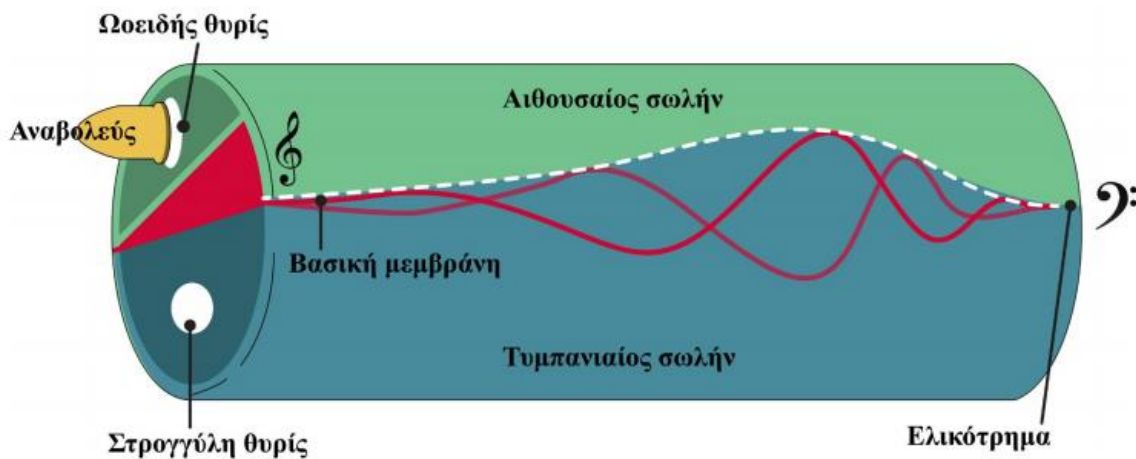
Σχήμα A.1: Πυκνώματα και αραιώματα

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.

Anatomy of the Ear



Σχήμα Α.2: Ανατομία του οργάνου της ακοής



Σχήμα Α.3: Ανάπτυγμα του κοχλία

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 μετρείται 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.

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

Σχήμα Α.4: Ταχύτητα διάδοσης ήχου σε διαφορετικά μέσα

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

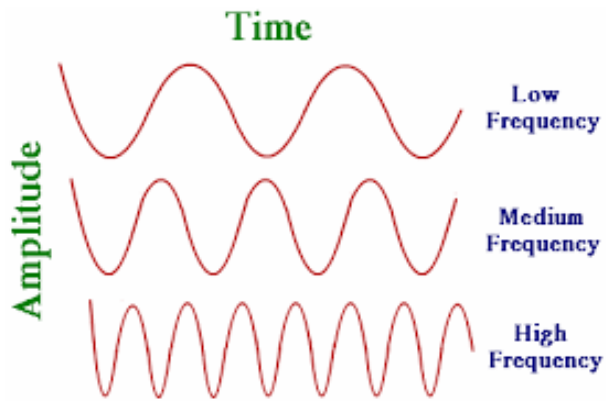
$$c = 332 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

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.

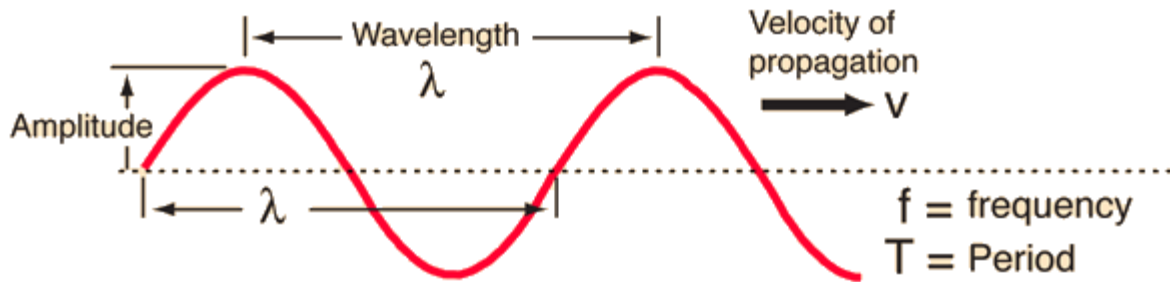
Η περίοδος του ήχου είναι ο χρόνος που χρειάζεται το ηχητικό κύμα για να πραγματοποιήσει έναν πλήρη κύκλο, συμβολίζεται με T και μετράται σε δευτερόλεπτα sec.

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 $f = 1/T$.



Σχήμα Α.5: Απεικόνιση χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων

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



Σχήμα Α.6: 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

$$c = \lambda * f$$

A.3 Οκτάβα, Τριτοκτάβα

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

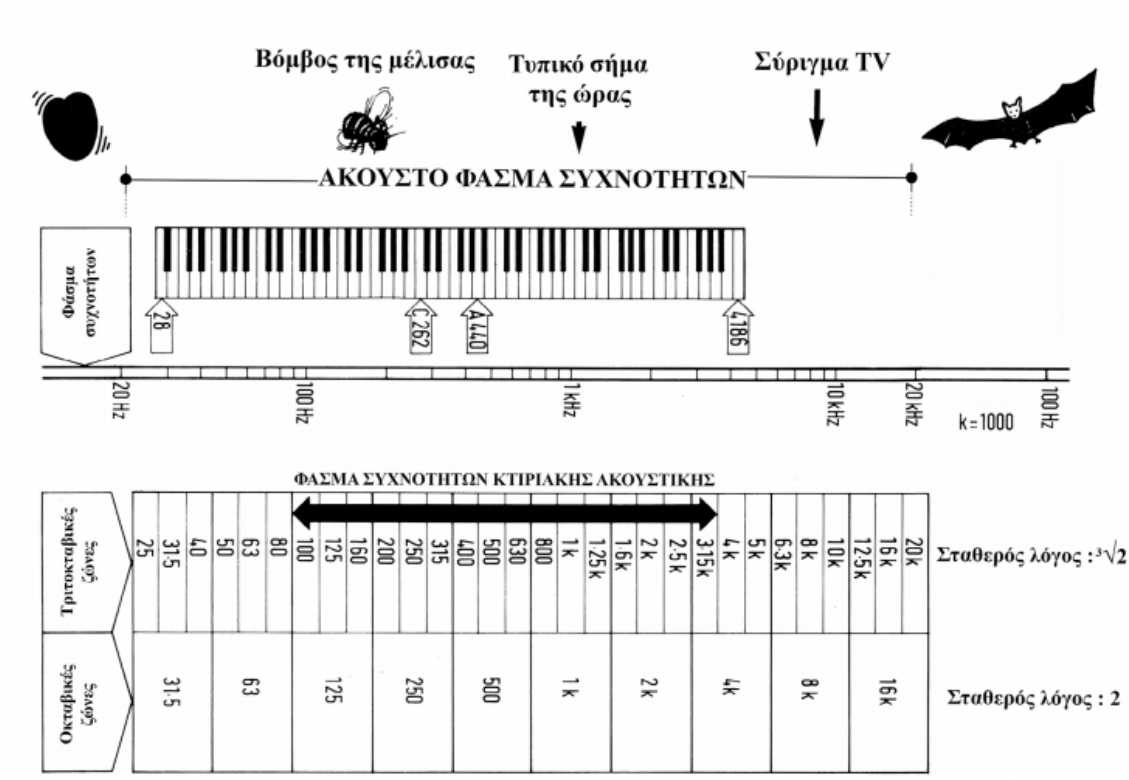
Η οκτάβα είναι ένα θεμελιώδες μουσικό διάστημα που αντιστοιχεί στον διπλασιασμό της συχνότητας, δηλαδή ο λόγος της αρχικής συχνότητας f_1 προς την τελική συχνότητα f_2 ισούται με 2 ($f_2 / f_1 = 2$).

Η οκτάβα είναι μονάδα μέτρησης διαστήματος συχνοτήτων και λαμβάνει την ονομασία της από την κεντρική συχνότητα του κάθε διαστήματος ($f_0 = \sqrt{f_1 * f_2}$). Ο λόγος των κεντρικών συχνοτήτων σε δύο διαδοχικές οκτάβες ισούται με δύο. Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20 , 40 , 80 , 160 , 315 , 630 , 1.250 ,

2.500 , 5.000 , 10.000 , 20.000 Hz και οι κεντρικές συχνότητες από τις οκτάβες που χρησιμοποιούνται για την ακουστική 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 Α.7: Οκταβικές και τριτοκταβικές ζώνες του φάσματος

Α.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.

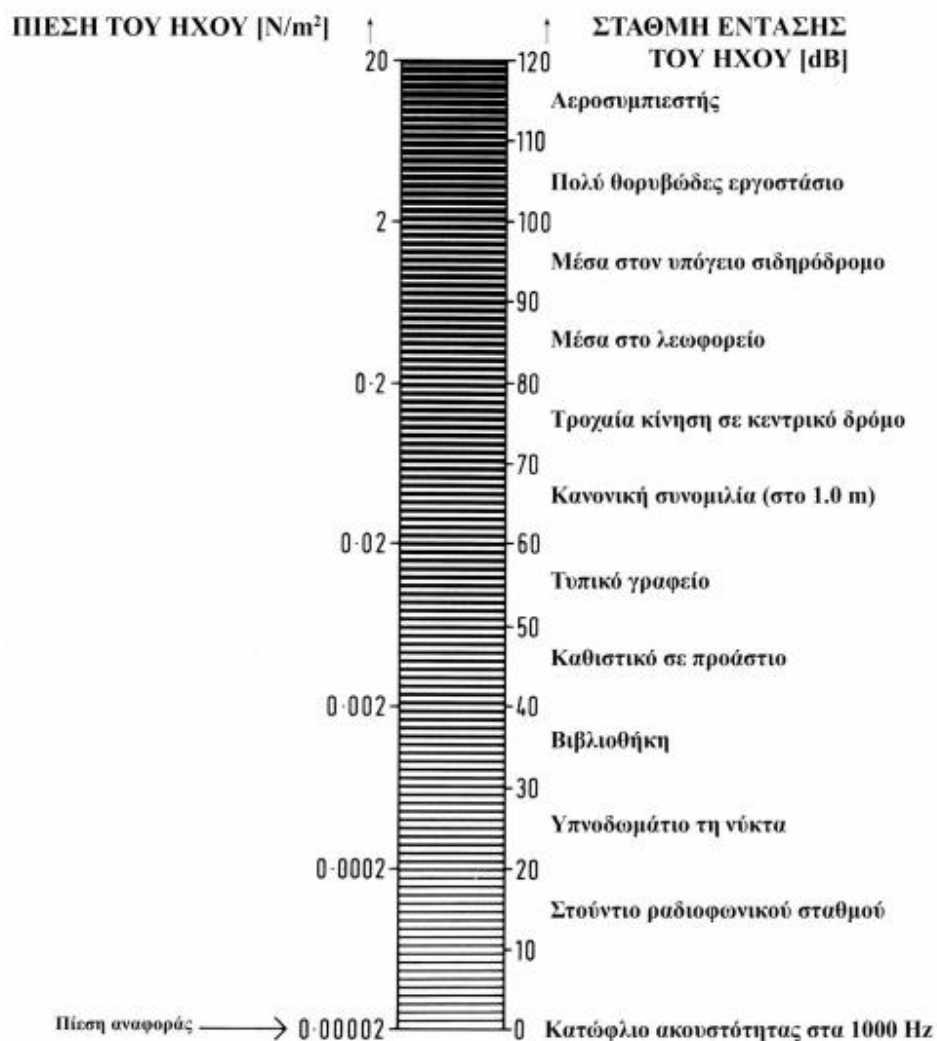
Η στάθμη έντασης του ήχου υποκειμενικά, είναι εκείνο που διαφοροποιεί έναν έντονο ήχο από έναν αδύναμο ήχο.

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/m².

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

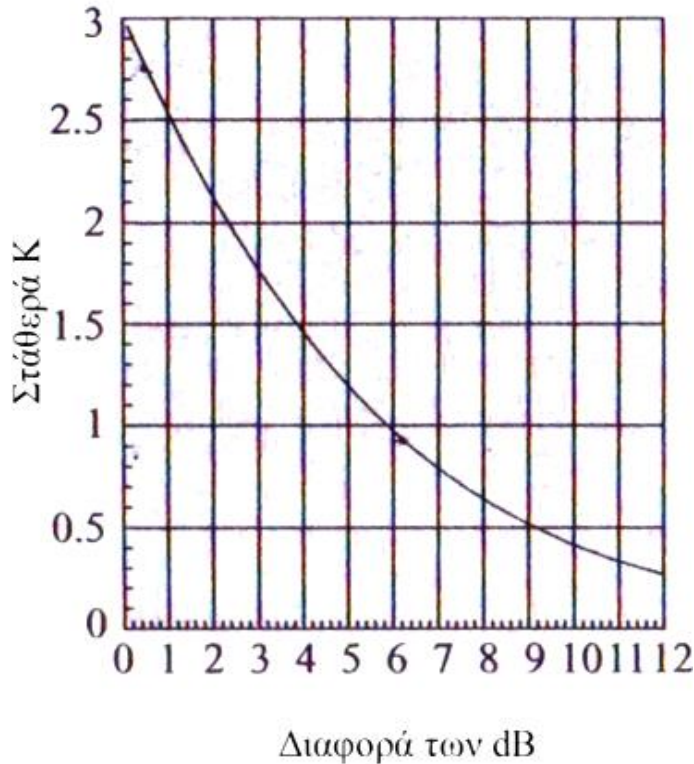
$$\left[\frac{\text{ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ}}{\text{ΤΟΥ ΗΧΟΥ}} \right] = 10 \log \left[\frac{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}}{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ}} \right]^2, \text{ [dB]}$$

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



Σχήμα Α.8: 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.



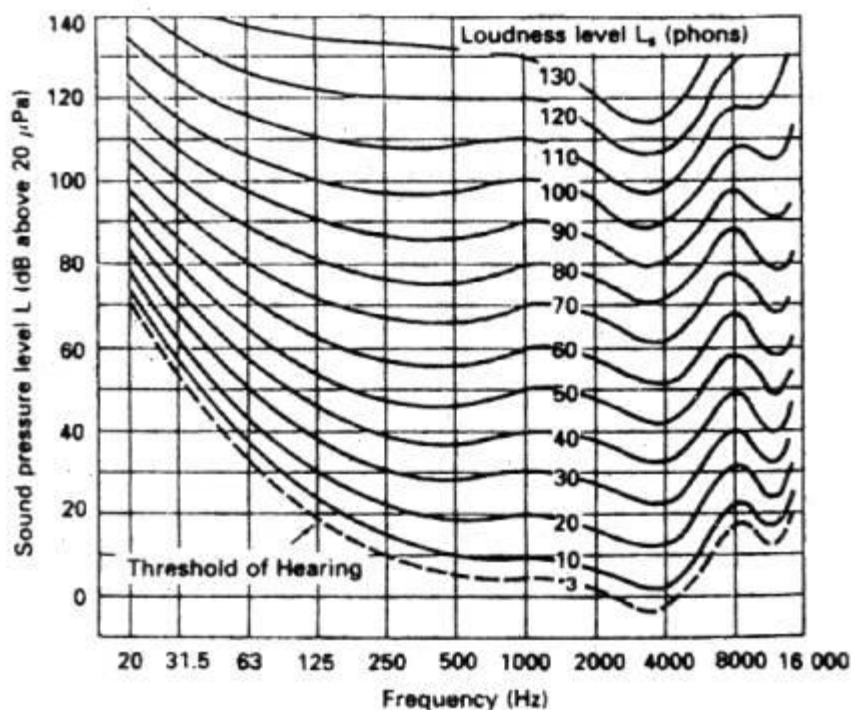
Σχήμα Α.9: Πρόσθεση Decibel

A.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.

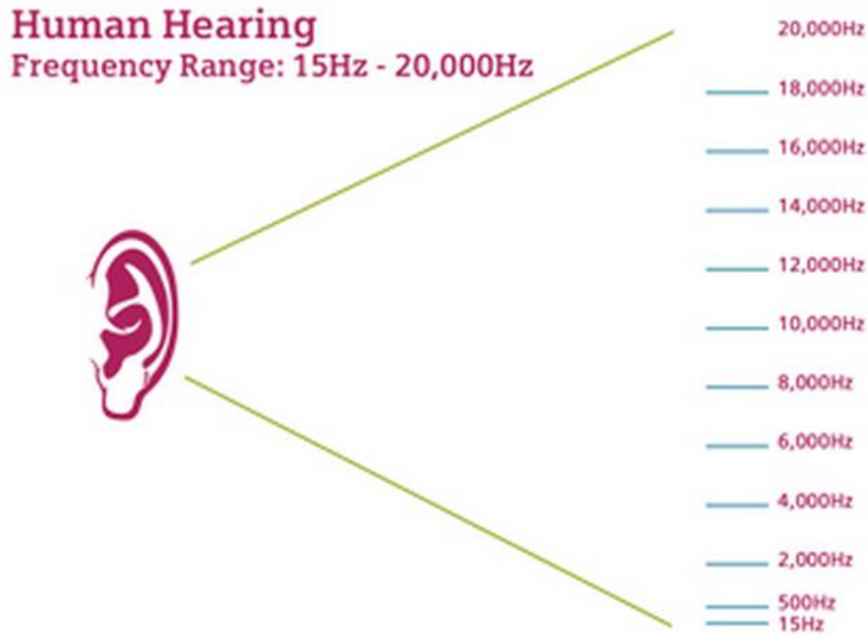
Γενικά, η στάθμη ακουστότητας που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο σύστημα ακοής, δεν ταυτίζεται με την στάθμη ηχητικής έντασης ή την στάθμη ακουστικής πίεσης. Αυτό συμβαίνει επειδή το ανθρώπινο αυτί παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία στις διάφορες ακουστές συχνότητες.

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



Σχήμα Α.10: Καμπύλες ισοακουστότητας

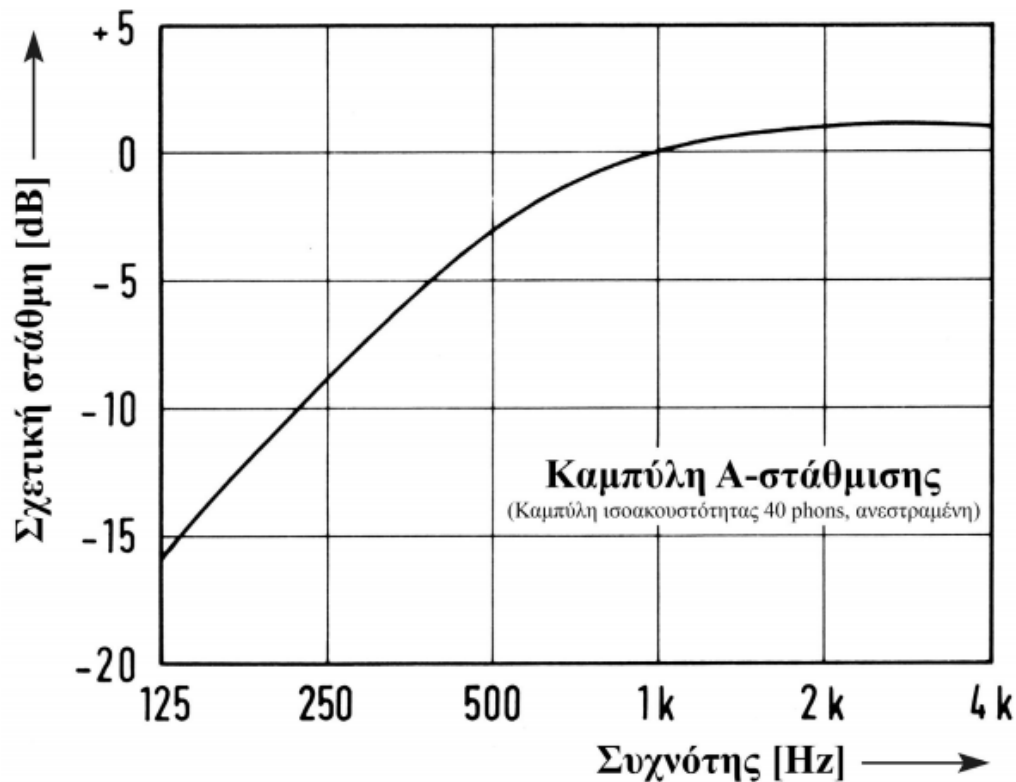
Η αντίληψη του ήχου αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς και πραγματοποιείται μέσω της ακοής. Χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους, όπως επικοινωνία, ψυχαγωγία, μουσική σύνθεση, προειδοποίηση και αποφυγή κινδύνων. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20.000 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.11: Εύρος συχνοτήτων της ανθρώπινης ακοής

A.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 Α.12: Καμπύλη Α-στάθμισης

Οι συντελεστές Α-στάθμισης (WA) είναι:

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΑΙ Α-ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

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

Α.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.

Α.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 (EEF₅₀ ή D₅₀) 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_r: ανακλώμενη ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή εντός 50 ms μετά τον απευθείας ήχο, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10 m. {e_r= (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} (1-e^{-1.11/T})} όπου V: όγκος του χώρου σε m³ και T: χρόνος αντήχησης σε s.

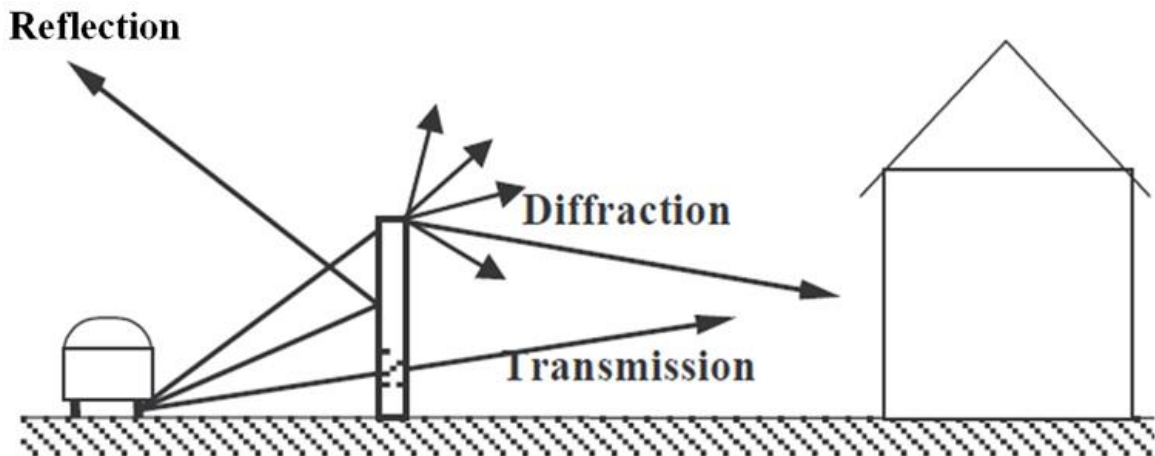
1: ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή μετά τα 50 ms, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10m. {1 = (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} e^{-1.11/T}}.

Μία ακόμα παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί είναι το κλάσμα των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων(C₅₀). Αυτή η παράμετρος προκύπτει μέσω του D₅₀ όπως φαίνεται παρακάτω και εκφράζεται σε dB. Η συγκεκριμένη παράμετρος συνήθως υπολογίζεται για τον πρώιμο ήχο που φθάνει στο ακροατήριο μετά τα 80 ms (C₈₀).

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

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

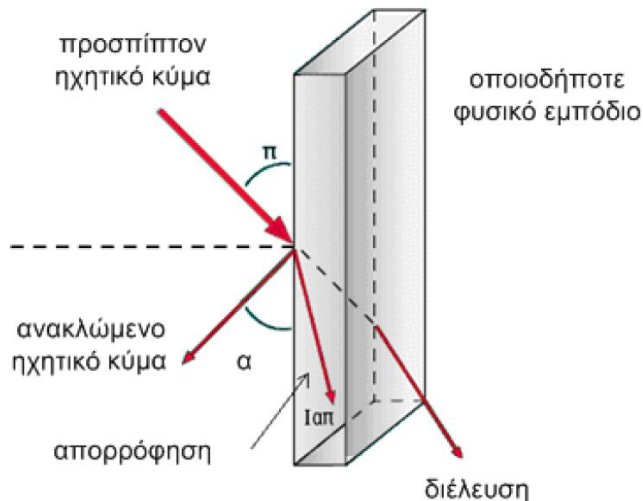
αναφερθούμε εκτενώς παρακάτω.



Σχήμα Α.13: Πρόσπτωση ηχητικού κύματος και εναλλακτικές; Πορείες.

A.7.2 Ανάκλαση

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



Σχήμα Α.14: 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.

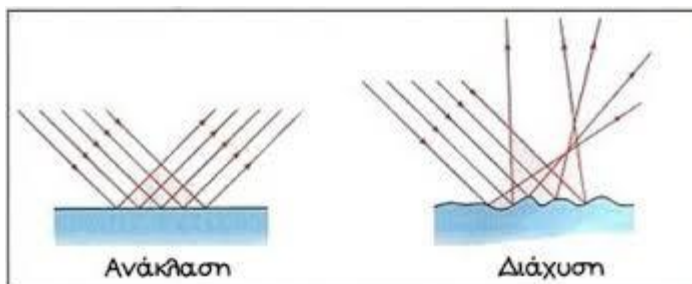
Η διασπορά του ήχου ποικίλλει ανάλογα με την επιφάνεια πρόσπτωσης, η οποία ονομάζεται ανακλαστήρας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανακλαστήρων μερικοί εκ των οποίων έχουν ευεργετικά αποτελέσματα ανάλογα με την μορφή τους. Ο επίπεδος και ακόμα περισσότερο ο κυρτός ανακλαστήρας έχουν καλύτερη επιρροή στην ανάκλαση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

A.7.4 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.

A.7.5 Διάχυση

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

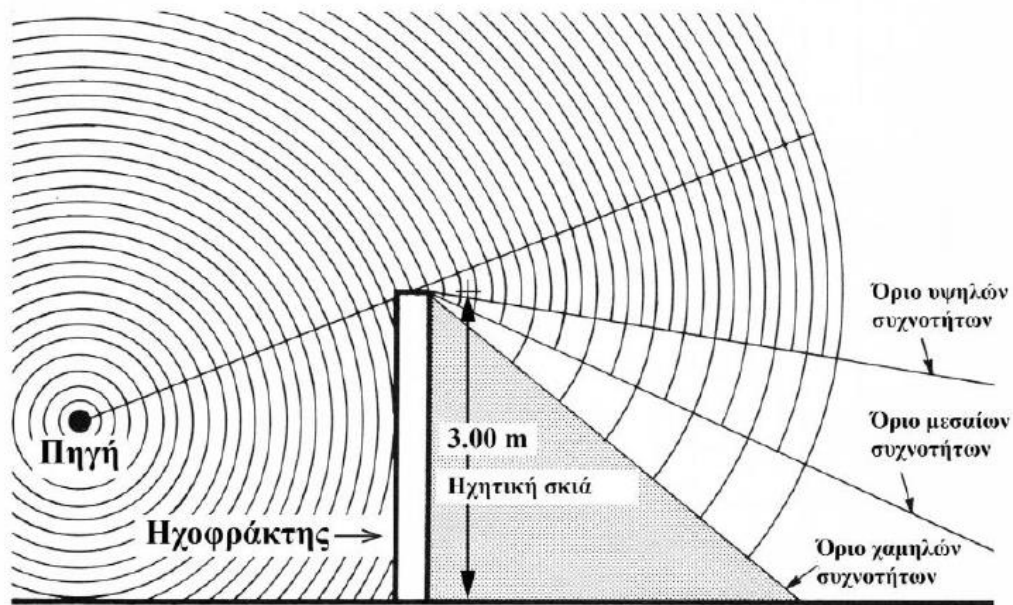


Σχήμα A.15: Το φαινόμενο της διάχυσης

A.7.6 Περίθλαση

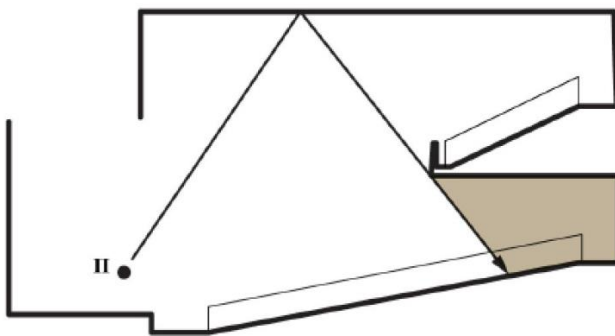
Η περίθλαση είναι η το φαινόμενο της διάχυσης των κυμάτων προς όλες τις

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



Σχήμα Α.16: Το φαινόμενο της περίθλασης

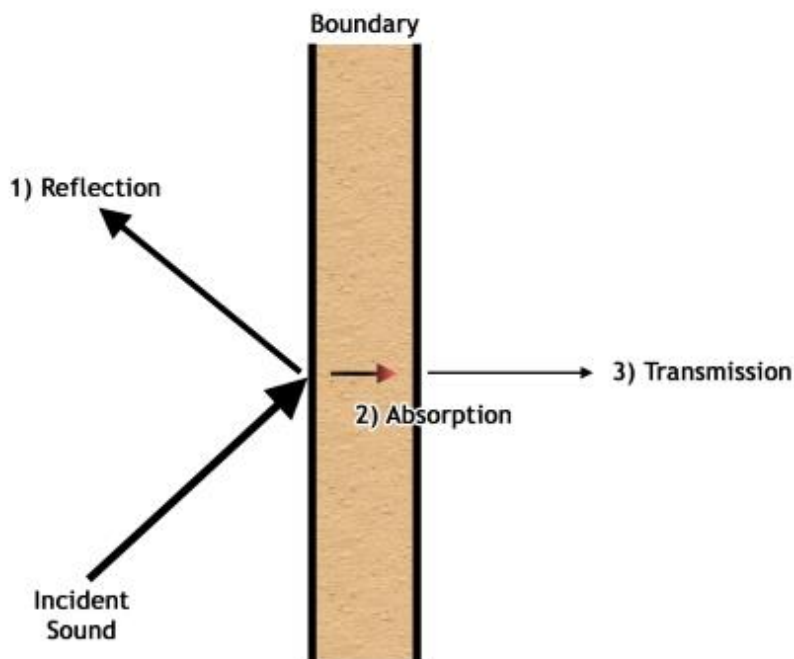
Στους κλειστούς χώρους το φαινόμενο της περίθλασης πραγματοποιείται όταν υπάρχει βαθύ εξώστης (μεγαλύτερος των 2-3 m). Σε αυτήν την περίπτωση οι περισσότερες θέσεις που βρίσκονται κάτω από τον εξώστη στερούνται υψίσυχνους ήχους, για αυτόν τον λόγο τέτοιοι εξώστες, όπως στην παρακάτω εικόνα, πρέπει να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



Σχήμα Α.17: Απεικόνιση ηχητικής σκιάς κάτω από βαθύ εξώστη

A.7.7 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.

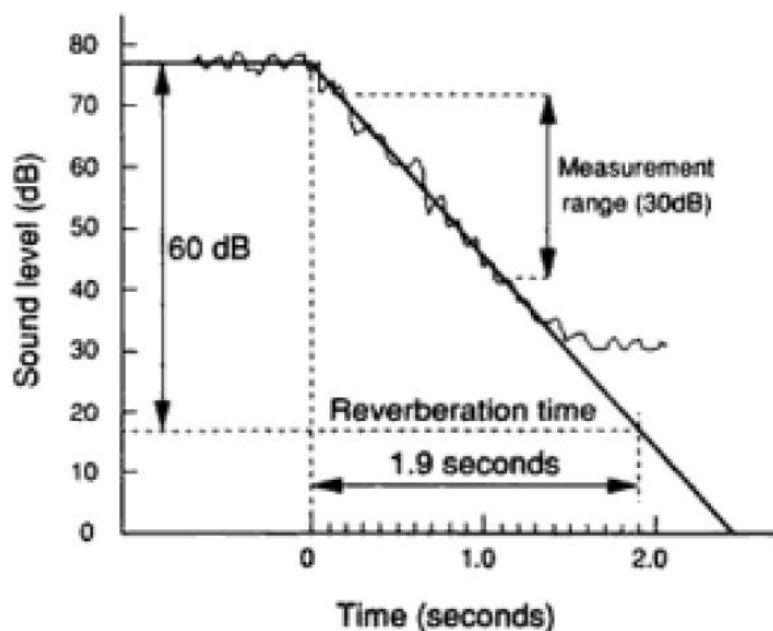
A.7.8.1 Αντήρηση και χρόνος αντήρησης (RT)

Αντήρηση 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 Α.19: Σχηματική απεικόνιση της απόσβεσης του ήχου σε κλειστό χώρο

Ο Sabine καθόρισε πειραματικά την μεταβλητή αυτή ως:
όπου:

$$R T = \frac{0.16 V}{\sum_i F_i \alpha_i + V x}, \quad [s]$$

RT: χρόνος αντήχησης [s]

V : όγκος του χώρου [m³]

F_i: επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου [m²]

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

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

v: το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο

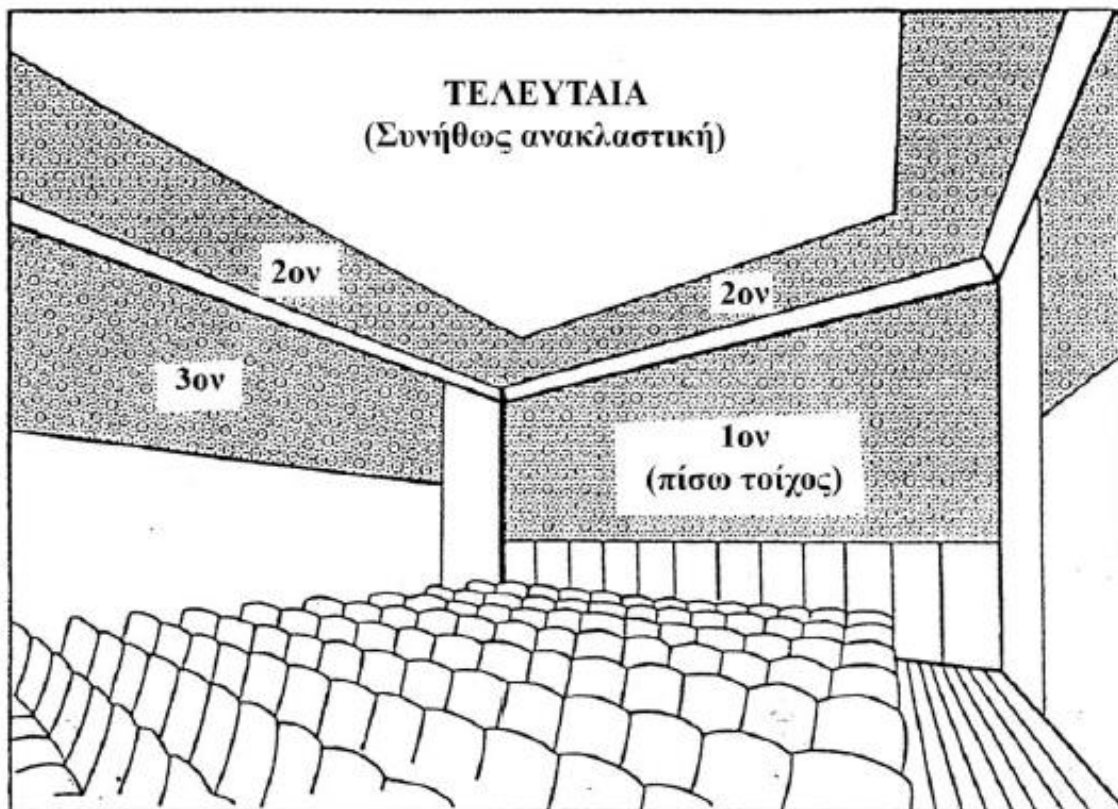
Απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύει ο παραπάνω τύπος είναι το διάχυτο ηχητικό πεδίο.

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

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

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

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



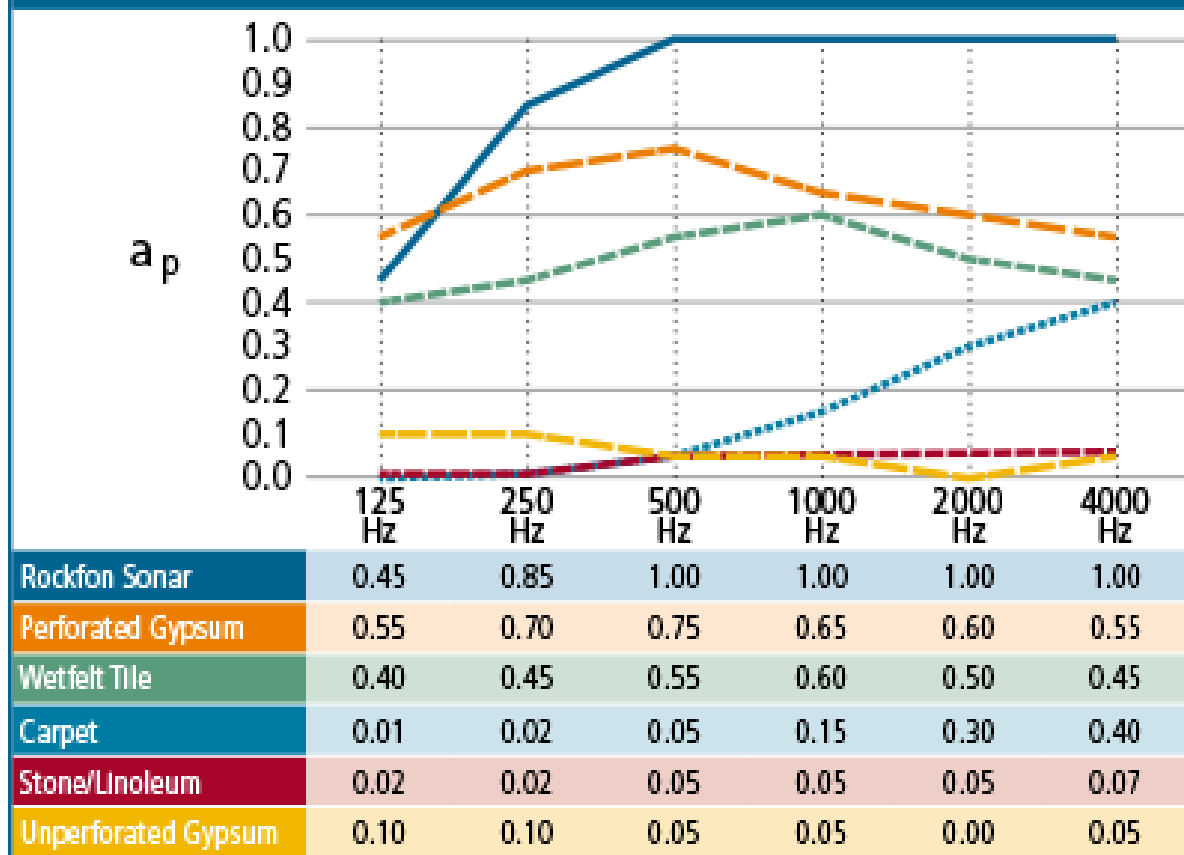
Σχήμα Α.20: Βέλτιστη τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών σε αίθουσα ομιλίας

Α.7.8.2 Χρόνος αντήχησης με ακροατήριο


Στις περισσότερες περιπτώσεις ο χρόνος αντήχησης μετريέται 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.

Sound Absorption Coefficients

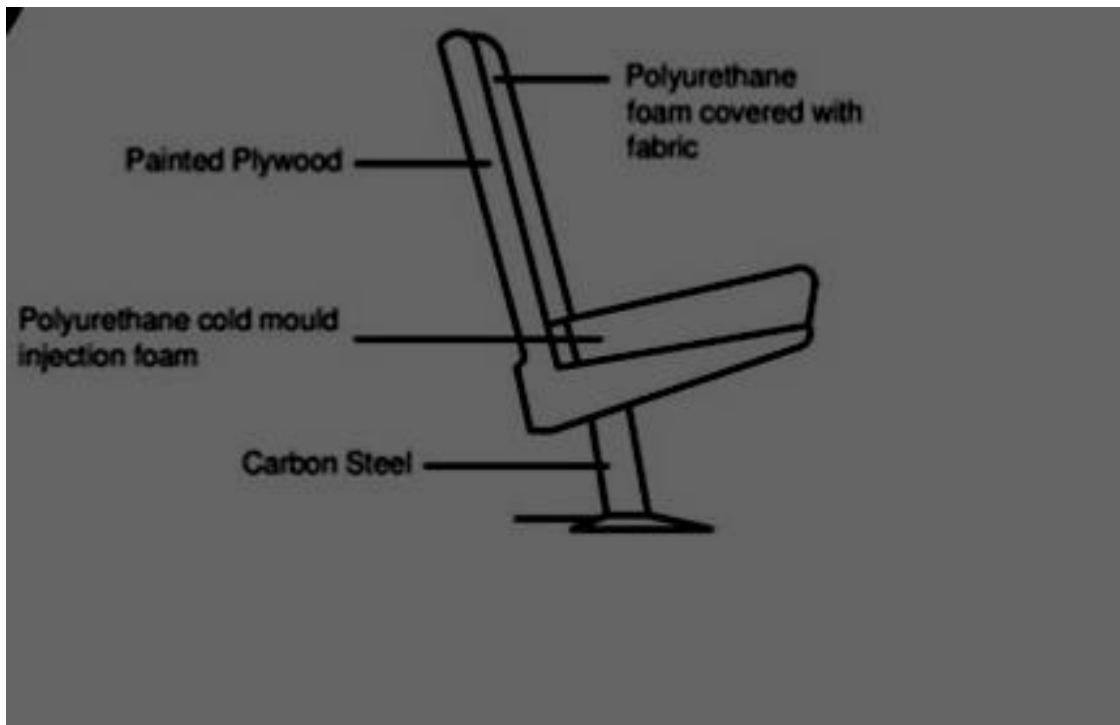


AREA	COMPONENT	MATERIALS			COLOUR	SURFACE FINISHES	COEFFICIENT		
		PHOTO	MATERIAL	DESCRIPTION			125 Hz	500 Hz	2000 Hz
Exterior	Curtain		Velour fabric	Exterior curtain, Entrance door curtain	Red	Soft	0.03	0.25	0.5
	Entrance Door	-	Plywood	Entrance door	Brown	Smooth	0.1	0.05	0.04
			+ Rockwool	Entrance door	Brown	Smooth	-	0.1	-
Interior: Sitting area	Seat		Fabric Upholstered	Empty	Red	Soft	0.49	0.8	0.82
				Fully Occupied	Red	Soft	0.6	0.88	0.93
			Plywood	Empty	Brown	Smooth	0.32	0.42	0.43
				Fully Occupied	Brown	Smooth	0.5	0.76	0.86
	Flooring		Concrete	-	Grey	Rough	0.1	0.1	0.2
	Staircase		Steel	The riser is steel	Dark grey	Hard	-	0.08	-
			Plywood	The tread is plywood	Brown	Smooth	0.05	0.05	0.05
	Reflector Panel		Plywood	Suspended on the front and side ceiling	Black	Smooth	0.05	0.05	0.05
	Zig-Zag Steel Panel		Steel	Steel panel is covering the wall	Black	Smooth	-	0.88	-

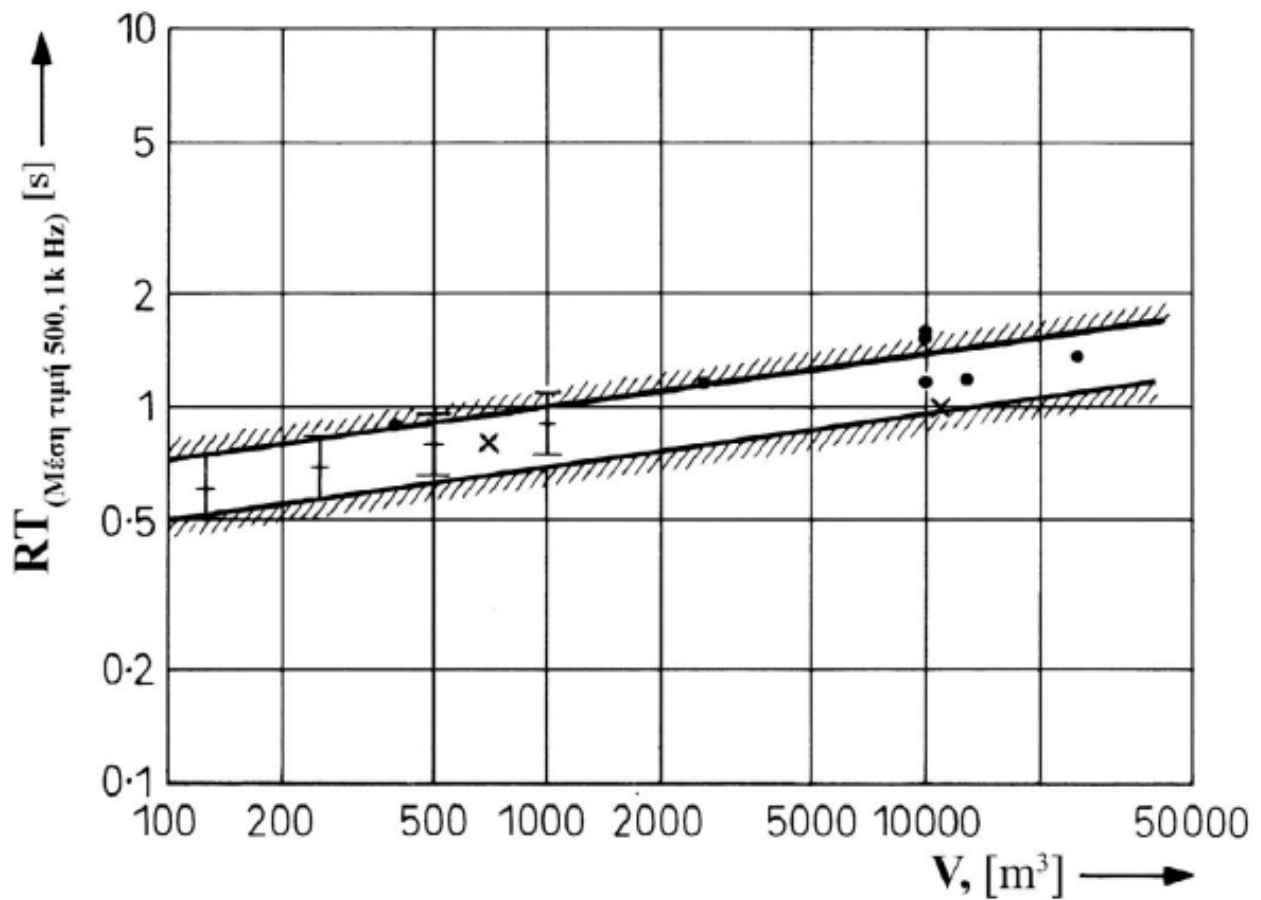
AREA	COMPONENT	MATERIALS			COLOUR	SURFACE FINISHES	COEFFICIENT		
		PHOTO	MATERIAL	DESCRIPTION			125 Hz	500 Hz	2000 Hz
	Acoustically treated wall	-	Concrete + Rock wool + Fibreboard	250mm: concrete 100mm: rockwool 10mm: Fibreboard	Grey	Smooth	-	0.55	-
	Curtain		Bolton twill fabric	Covered the service room's door	Black	Soft	-	0.1	-
	Upper floor slab		Concrete	Concrete slab + Spray form	Grey	Rough	-	0.15	-
Interior: Stage area	Cyclorama	-	Plywood	Back panel	Brown	Smooth	0.05	0.05	0.05
	Curtain		Duvetyn	Layering of curtain	Black	Soft	-	0.2	-
	Proscenium		Plywood	A frame separating stage and auditorium	Dark grey	Smooth	0.05	0.05	0.05
	Flooring		Plywood + Vinyl sheet	Vinyl sheet is applied on the plywood flooring	Grey	Uneven	0.02	0.03	0.03

Σχήμα Α.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 Α.22: Ηχοαπορροφητικά υλικά καθισμάτων



Σχήμα Α.23: 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^3]

Ελάχιστος 2,3 m^3

Βέλτιστος 3,1 m^3

Μέγιστος 4,3 m^3

A.7.9 Ηχώ

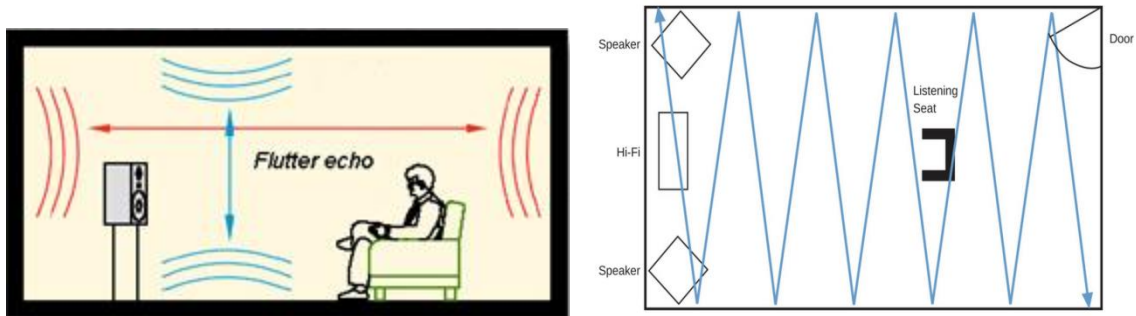
Ένας ακροατής, που βρίσκεται σε έναν χώρο δέχεται διαδοχικά το απευθείας ηχητικό κύμα, καθώς και εκείνα που έρχονται από τις διάφορες ανακλάσεις σε διαφορές χρόνου, που εξαρτώνται από τις διαφορές δρόμου των διαφόρων ηχητικών κυμάτων.

Αν από μια πηγή που βρίσκεται σε έναν κλειστό χώρο 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.

A.7.10 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.



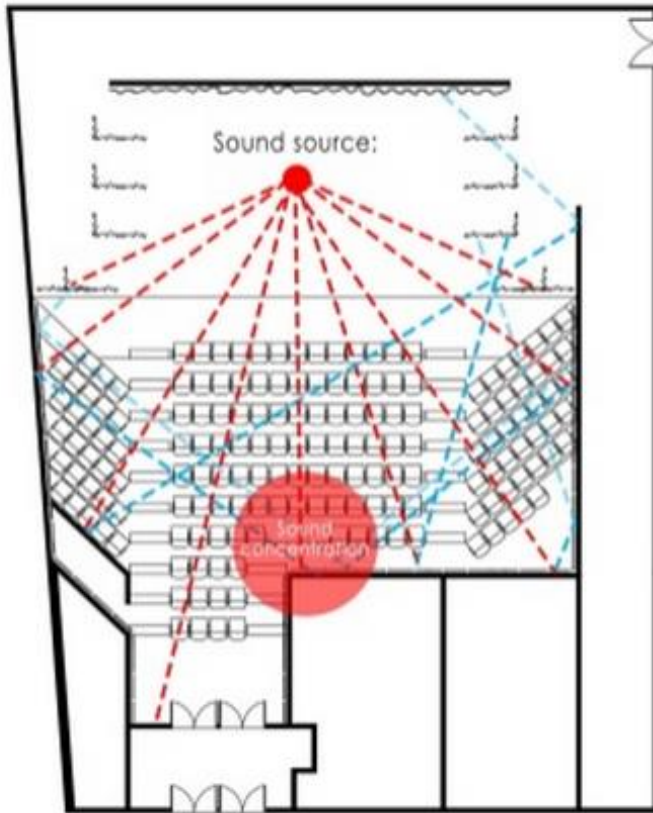
Σχήμα A.25: Σχηματικές απεικόνισεις ανάπτυξης πλαταγισμού (SRL, 1976)

Ορισμένοι τρόποι σχεδιασμού αποφυγής πλαταγισμού είναι η εξής :

- Αποφυγή παραλληλίας μεταξύ αντικρυστών 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.

A.7.11 Εστιασμός του ήχου

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



Σχήμα Α.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.

A.7.12 Στάθμη θορύβου σε χώρους ομιλίας

Ο έλεγχος του θορύβου είναι πρωταρχικής σημασίας στόχος στον ακουστικό σχεδιασμό χώρων ομιλίας. Για ομιλία σε κλειστούς χώρους σχετικά χαμηλού χρόνου αντήχησης (<1 sec) με απόσταση μεταξύ ομιλητή και ακροατή περίπου ενός μέτρου, 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 .

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, 2 4 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 δυσχερές. 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 Β: Θεωρητικά στοιχεία σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

B.1 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

B.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 κλασική παραγοντική ανάλυση εκφράζεται ως:

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 αιμαποκαλείται φόρτιση παραγόντων.

B.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.

B.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.

B.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:

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

Όπου n :το πλήθος των μεταβλητών

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

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

Τιμές των συσχετίσεων που απαιτούνται:

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.

B.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 :

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

$$H_1 \neq \mu_j$$

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 περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα είναι :

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

Όπου :

τ_i = το ποσό που επιδρά το i επίπεδο στο μοντέλο και

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

μ = σταθερό

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

Έτσι προχωράμε στον έλεγχο της υπόθεσης :

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

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

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

$$SST = SStr + SSe$$

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

Η ποσότητα SS_{tr} (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 $a(n-1)$ (οι βαθμοί ελευθερίας έχουν προσθετική ιδιότητα)

Ορίζουμε :"

$$MS_{tr} = \frac{SS_{tr}}{a-1} , \quad MS_E = \frac{SS_E}{N-a} \quad \text{και} \quad FO = \frac{MS_{tr}}{MS_E}$$

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

Αποδεικνύεται ότι :

$$FO = \frac{MS_{tr}}{MS_E} \approx F_{a,a-1,N-a}$$

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

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

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

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

Ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής της μεθοδολογίας είναι:

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

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

Μοντέλο Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης

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

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

Όπου

- Y_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην i παρατήρηση της X μεταβλητής.
- β_0, β_1 παράμετροι
- X_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην i παρατήρηση
- ε_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 διάφορο του j .
- Οι ακριβείς τιμές της Y διαφέρουν από τις αναμενόμενες κατά ένα

«ανεξήγητο» τυχαίο σφάλμα: $Y_i = E[Y_i] + e_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$

Υποθέσεις της απλής γραμμικής παλινδρόμησης

- Η σχέση ανάμεσα στα X και Y μοιάζει με μία ευθεία.
- Οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής X θεωρούνται γνωστές (όχι τυχαίες); η μοναδική τυχειότητα στις τιμές της Y εμφανίζεται από την ύπαρξη του σφάλματος e .
- Τα σφάλματα e_i κατανέμονται κανονικά με μέσο 0 και διακύμανση σ^2 . Τα σφάλματα διαδοχικών παρατηρήσεων είναι ασυσχέτιστα (δεν αλληλεξαρτώνται).

ο Άρα: $e \sim N(0, \sigma^2)$

Χαρακτηριστικά Μοντέλου Παλινδρόμησης

- Η εξαρτημένη μεταβλητή Y_i αποτελείται από 2 μέρη. Από το σταθερό όρο (ντετερμινιστικό) $\beta_0 + \beta_1 X_i$ και από τον τυχαίο όρο e_i . Επομένως η εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι μια τυχαία μεταβλητή.
- Από την στιγμή που ισχύει ότι $E(e_i) = 0$, ισχύει ότι $E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$. Η μεταβλητή Y_i απέχει από την προβλεπόμενη τιμή μέσω της εξίσωσης παλινδρόμησης εξαιτίας του τυχαίου όρου e_i .
- Ισχύει ότι $\sigma^2(Y_i) = \sigma^2(\beta_0 + \beta_1 X_i + e_i) = \sigma^2(e_i) = \sigma^2$
- τα τυχαία σφάλματα e_i θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα.

Ερμηνεία παραμέτρων παλινδρόμησης

- β_0 : Είναι ουσιαστικά το σημείο τομής της ευθείας (εξίσωσης) παλινδρόμησης με τον άξονα των Y . Δίνει ουσιαστικά το μέσο της συνάρτησης πιθανότητας στο $X=0$. Όταν η τιμή $X=0$ δεν παίζει κάποιο ρόλο στο μοντέλο, δεν έχει η παράμετρος κάποιο συγκεκριμένο νόημα.
- β_1 : Είναι η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης και σημαίνει αλλαγή στην μέση τιμή της συνάρτησης πιθανότητας του Y ανά μονάδα αύξησης του X .

Παράδειγμα

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

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

'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.

Residuals:

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

Coefficients:

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

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

Residual standard error: 2102 on 8 degrees of freedom

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

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

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

Γραμμική Παλινδρόμηση 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 δίμηνο και το ποσό που πληρώνει για την κατανάλωση αυτή συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Επίσης, το ποσό που καταθέτει κάποιος στο Ταμειυτήριο και ο τόκος που παίρνει για το ποσό αυτό, συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα σημεία του διαγράμματος διασποράς βρίσκονται όλα πάνω στην καμπύλη που έχει εξίσωση $Y = f(X)$ και όσες φορές και αν επαναλάβουμε το πείραμα θέτοντας το X στο ίδιο επίπεδο $X = x$, θα παίρνουμε πάντα την ίδια τιμή για το Y .

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

x_i	y_i
1	10
2	5
3	2
4	1
5	2
6	5
7	10

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

Γενικά, δύο μεταβλητές που συνδέονται είτε με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση είτε με στοχαστική σχέση λέγονται «εξαρτημένες». Αν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ δύο μεταβλητών, τότε μπορούμε τη μια από αυτές να τη χαρακτηρίσουμε ως «αιτία» και την άλλη ως «αποτέλεσμα». Αυτό όμως, μόνο στην περίπτωση που η εξάρτηση οφείλεται σε σχέση αιτιότητας των δύο μεταβλητών και όχι σε μια απλή συμμεταβολή η οποία μπορεί να οφείλεται σε εξάρτηση των δύο μεταβλητών από μια τρίτη μεταβλητή. Αν, για παράδειγμα, X είναι το ετήσιο εισόδημα μιας

οικογένειας και Y , Z είναι τα ποσά που ξοδεύει η οικογένεια αυτή σε ένα έτος για κρέας και για αγορά λογοτεχνικών βιβλίων, τότε: αν διαπιστώσουμε σε ένα σύνολο οικογενειών σχέση μεταξύ των X και Y (ή μεταξύ των X και Z) δεχόμαστε ότι υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των δύο μεταβλητών και τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη X ως «αιτία» και την Y (ή τη Z) ως «αποτέλεσμα». Αν όμως διαπιστωθεί σχέση μεταξύ των Y και Z (που είναι πολύ πιθανό, αφού και οι δύο μεταβάλλονται με το ετήσιο εισόδημα X) ασφαλώς θα πρόκειται για «νόθα» εξάρτηση.

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

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

Η γραμμική σχέση $Y = \alpha + \beta \cdot X$ δε μπορεί, ασφαλώς, να περιγράψει τη γραμμική στοχαστική εξάρτηση των μεταβλητών X και Y αφού αν, για παράδειγμα, X είναι η τιμή ενός προϊόντος και Y είναι η ζήτηση του προϊόντος αυτού, και διατηρήσουμε τη X στο ίδιο επίπεδο $1 \ X = x_1$ 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 ε ο οποίος, για δεδομένη τιμή της X , να περιγράφει τη διαφορά της παρατηρούμενης από τη θεωρητική $(\alpha + \beta \cdot X)$ τιμή της Y . Δηλαδή, $\varepsilon = Y - (\alpha + \beta \cdot X)$. Προκύπτει, επομένως, το στοχαστικό μοντέλο

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

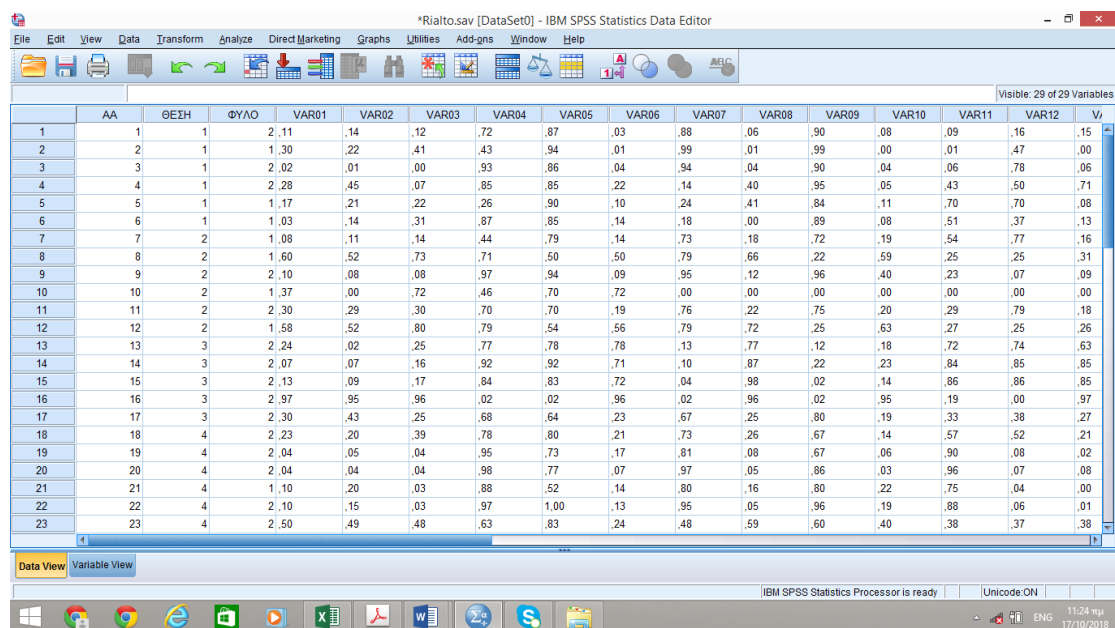
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: SPSS INPUT

Γ1 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι :

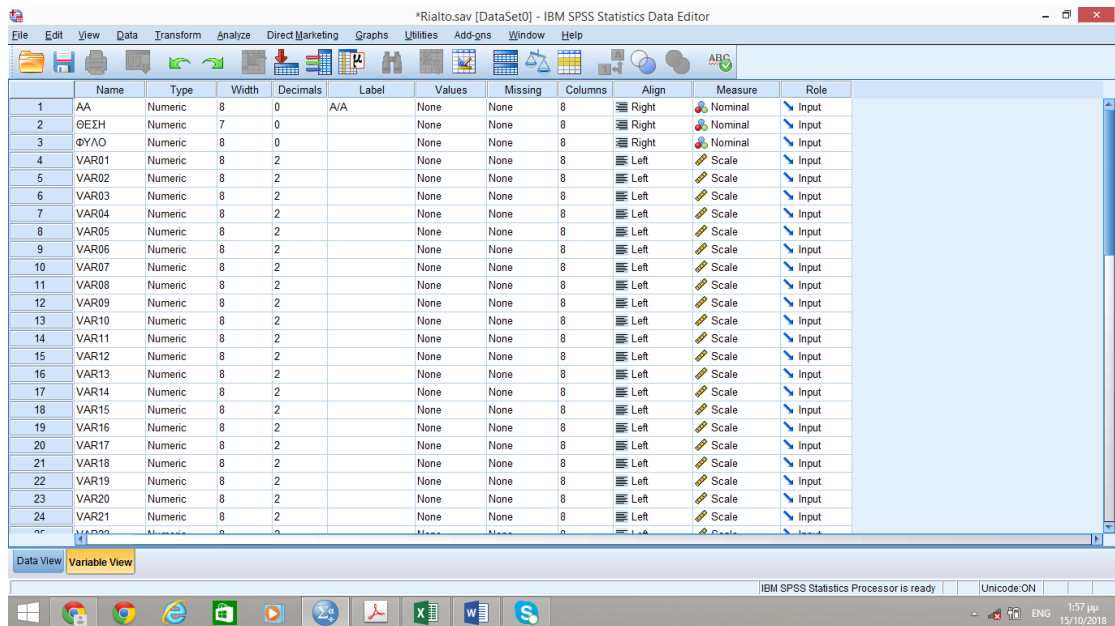
- Βήμα 1

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	ΦΥΛΟ	VAR01	VAR02	VAR03	VAR04	VAR05	VAR06	VAR07	VAR08	VAR09	VAR10	VAR11	VAR12	V.
1	1	1	1	2.11	.14	.12	.72	.87	.03	.88	.06	.90	.08	.09	.16	.15
2	2	1	1	1.30	.22	.41	.43	.94	.01	.99	.01	.99	.00	.01	.47	.00
3	3	1	1	2.02	.01	.00	.93	.86	.04	.94	.04	.90	.04	.06	.78	.06
4	4	1	1	2.28	.45	.07	.85	.85	.22	.14	.40	.95	.05	.43	.50	.71
5	5	1	1	1.17	.21	.22	.26	.90	.10	.24	.41	.84	.11	.70	.70	.08
6	6	1	1	1.03	.14	.31	.87	.85	.14	.18	.00	.89	.08	.51	.37	.13
7	7	2	1	1.08	.11	.14	.44	.79	.14	.73	.18	.72	.19	.54	.77	.16
8	8	2	1	1.60	.52	.73	.71	.50	.50	.79	.66	.22	.59	.25	.25	.31
9	9	2	1	2.10	.08	.08	.97	.94	.09	.95	.12	.96	.40	.23	.07	.09
10	10	2	1	1.37	.00	.72	.46	.70	.72	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
11	11	2	1	2.30	.29	.30	.70	.70	.19	.76	.22	.75	.20	.29	.79	.18
12	12	2	1	1.58	.52	.80	.79	.54	.56	.79	.72	.25	.63	.27	.25	.26
13	13	3	1	2.24	.02	.25	.77	.78	.78	.13	.77	.12	.18	.72	.74	.63
14	14	3	1	2.07	.07	.16	.92	.92	.71	.10	.87	.22	.23	.84	.85	.85
15	15	3	1	2.13	.09	.17	.84	.83	.72	.04	.98	.02	.14	.86	.86	.85
16	16	3	1	2.97	.95	.96	.02	.02	.96	.02	.96	.02	.95	.19	.00	.97
17	17	3	1	2.30	.43	.25	.68	.64	.23	.67	.25	.80	.19	.33	.38	.27
18	18	4	1	2.23	.20	.39	.78	.80	.21	.73	.26	.67	.14	.57	.52	.21
19	19	4	1	2.04	.05	.04	.95	.73	.17	.81	.08	.67	.06	.90	.08	.02
20	20	4	1	2.04	.04	.04	.98	.77	.07	.97	.05	.86	.03	.96	.07	.08
21	21	4	1	1.10	.20	.03	.88	.52	.14	.80	.16	.80	.22	.75	.04	.00
22	22	4	1	2.10	.15	.03	.97	1.00	.13	.95	.05	.96	.19	.88	.06	.01
23	23	4	1	2.50	.49	.48	.63	.83	.24	.48	.59	.60	.40	.38	.37	.38

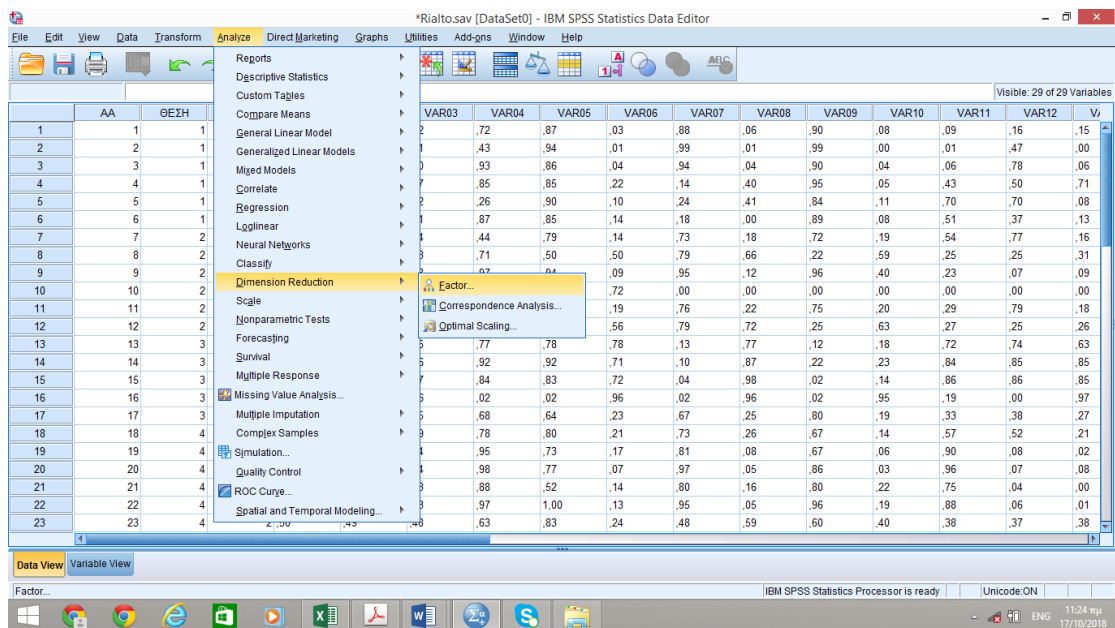
Εικόνα Γ.1: Data view



Εικόνα Γ.2: Variable view

• Βήμα 2

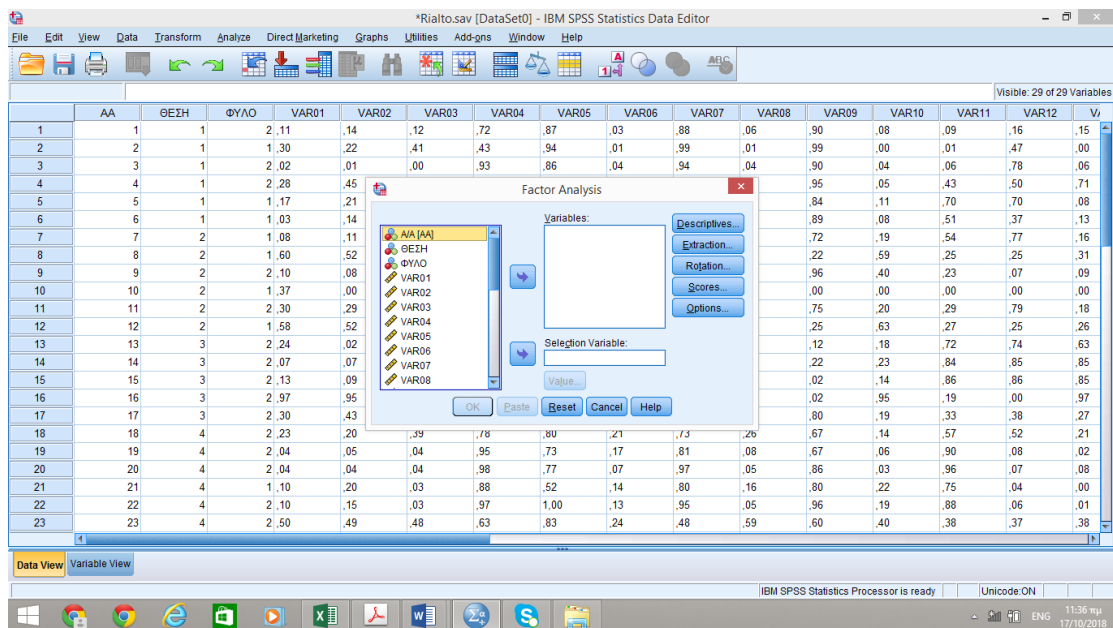
Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται επιλογή Analyze και από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Dimension Reduction.



Εικόνα Γ.3: Dimension Reduction

• Βήμα 3

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

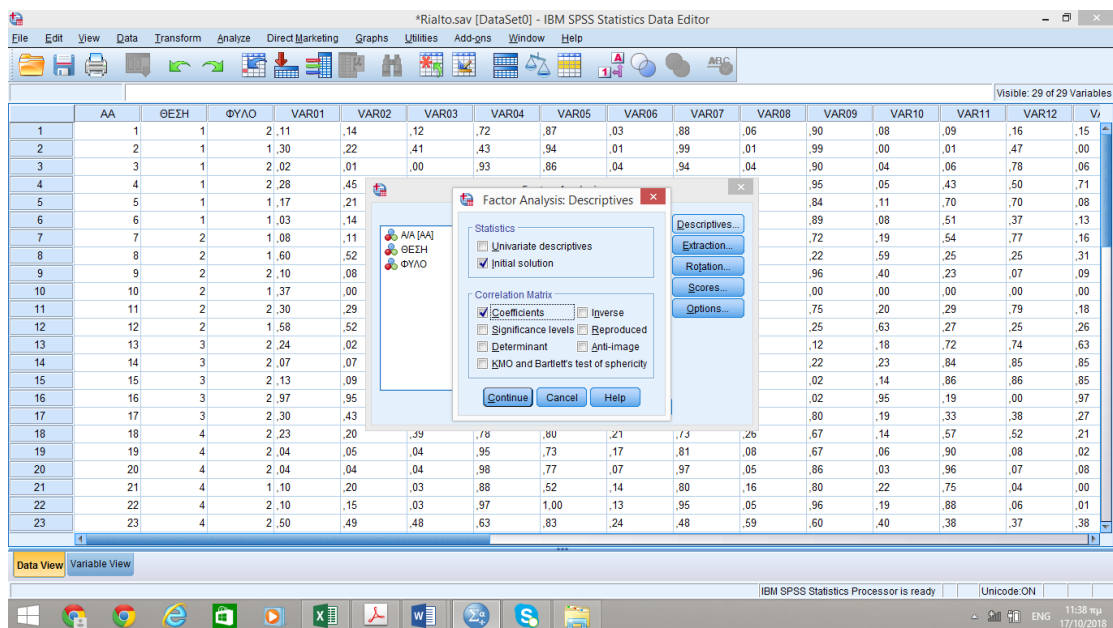


Εικόνα Γ.4: Factor Analysis

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.

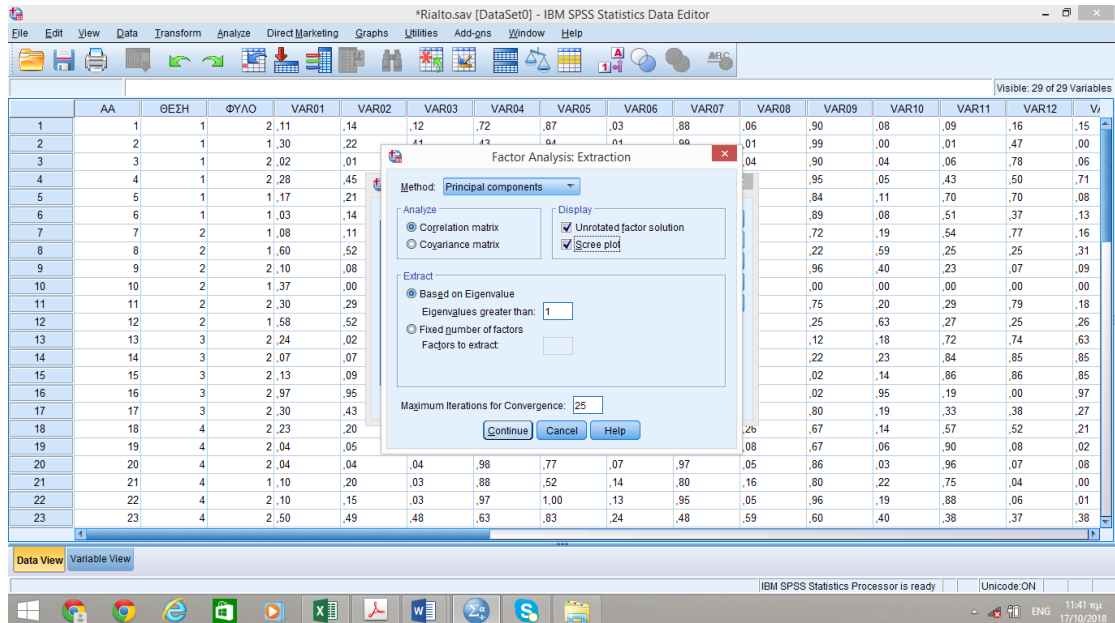


Εικόνα Γ.5: Descriptives

Επιλέγουμε το Coefficients και εν συνέχεια 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.

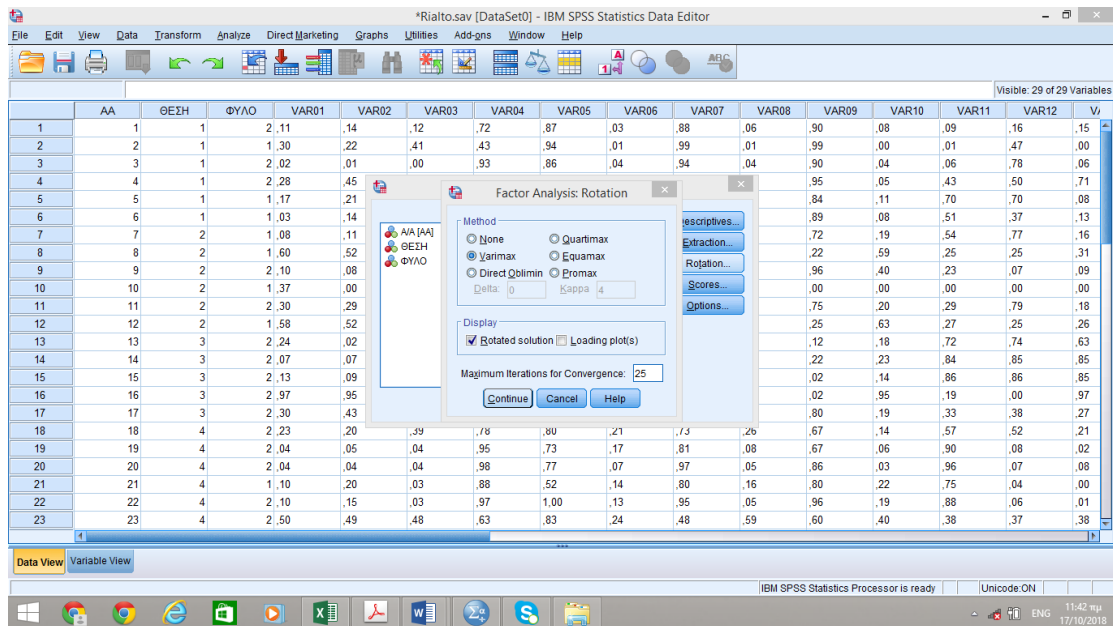


Εικόνα Γ.6: Extraction

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 .

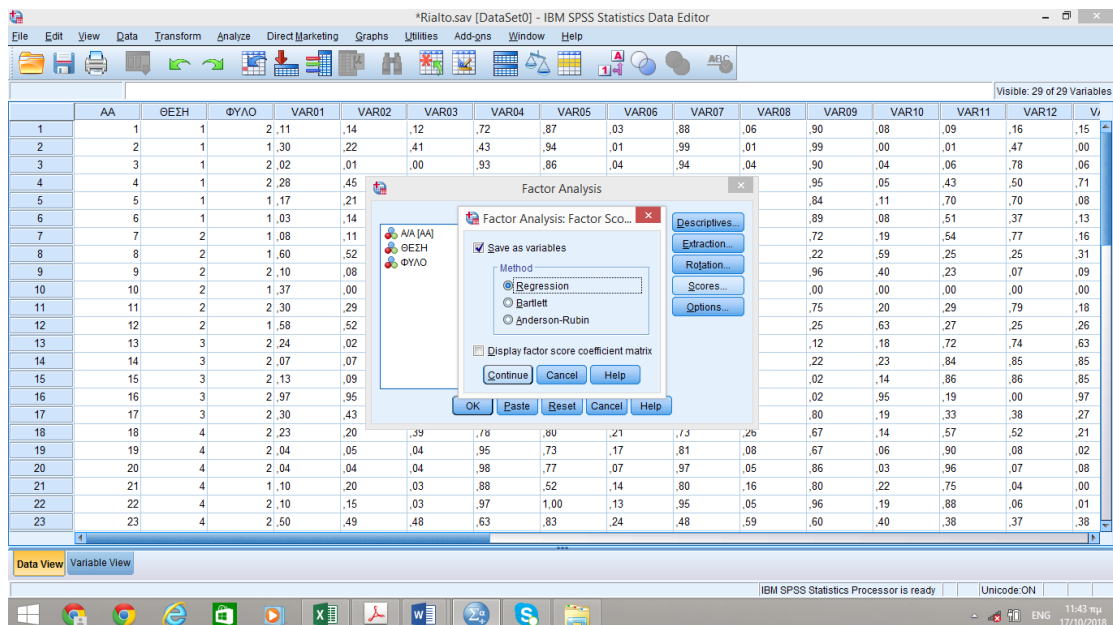


Εικόνα Γ.7: Rotation

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

• Βήμα 7

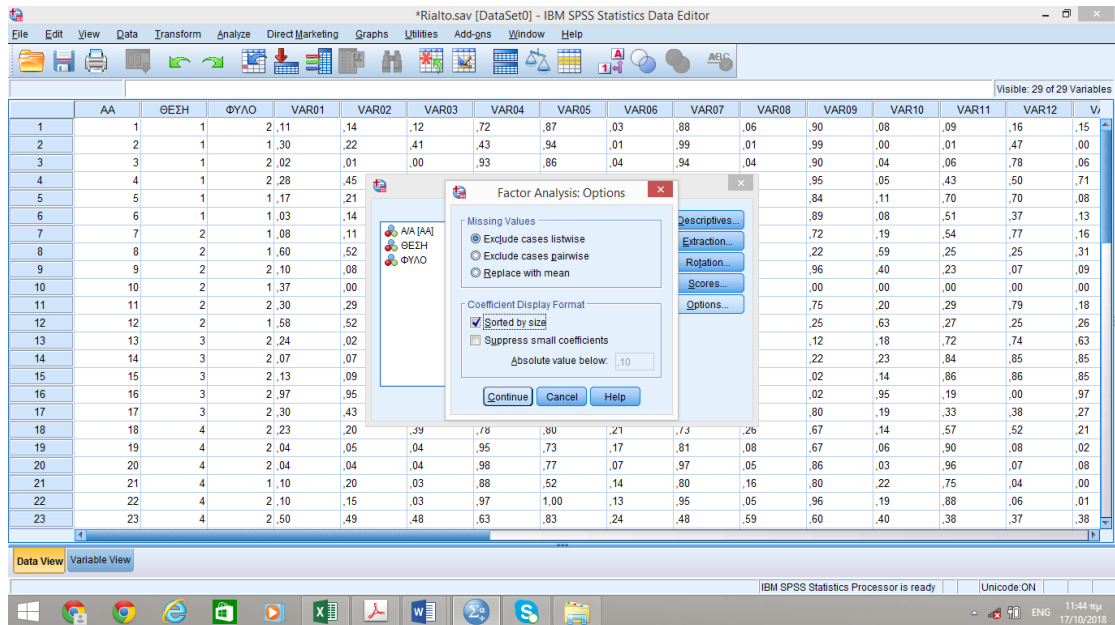
Εδώ κάνουμε την επιλογή Save as variables (Regression) έτσι ώστε τα factor scores να εμφανιστούν στο Data view μετά την ανάλυση, ακριβώς δεξιά από την τελευταία μεταβλητή, με την μορφή FACX_1 , όπου X ο αριθμός των παραγόντων.



Εικόνα Γ.8: Scores

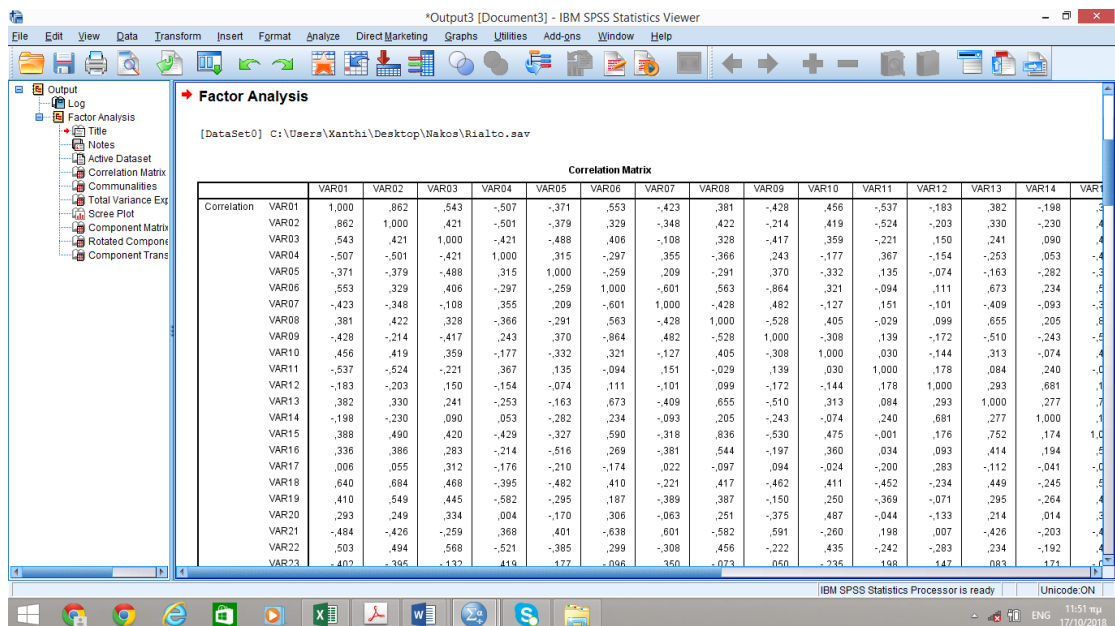
• Βήμα 8

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.

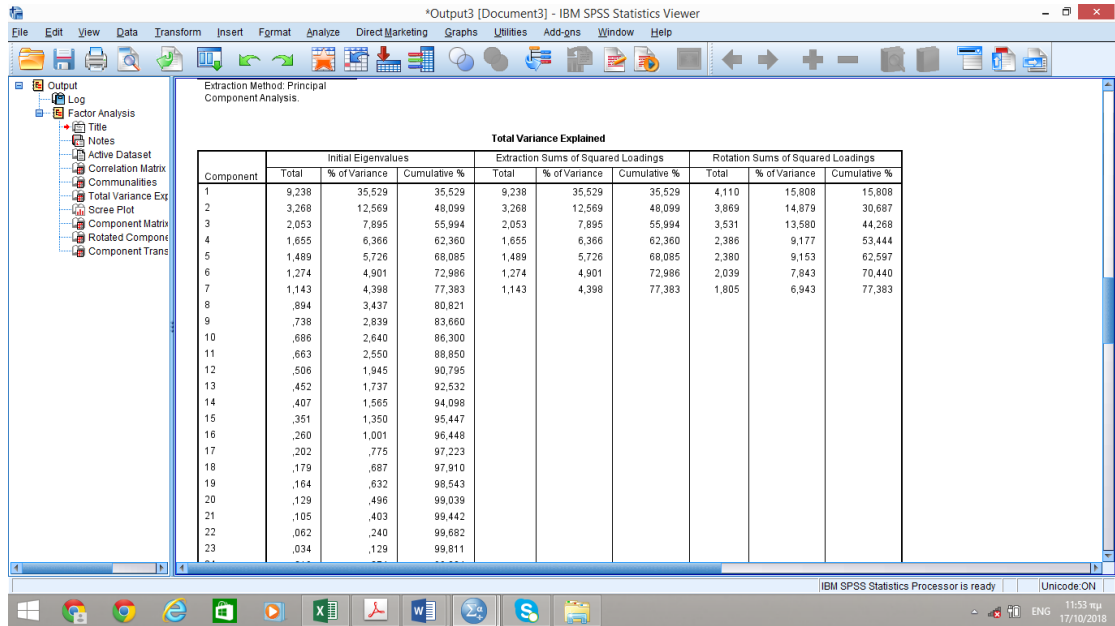


Εικόνα Γ.9: Options

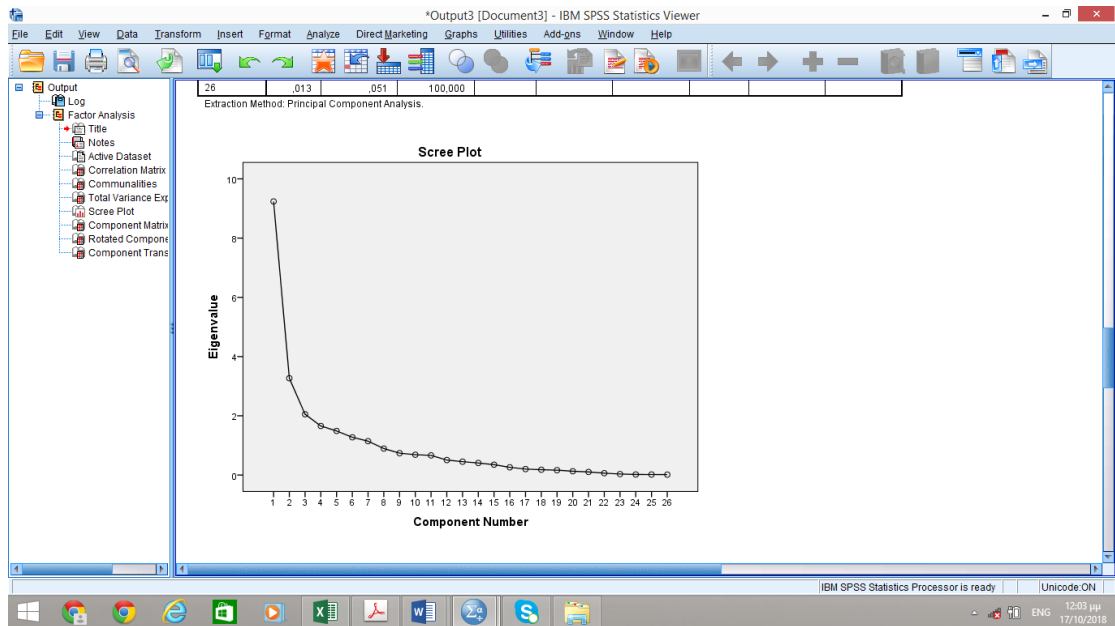
Πατώντας Continue κλείνει αυτό το παράθυρο διαλόγου και στην συνέχεια επιλέγουμε OK . Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.



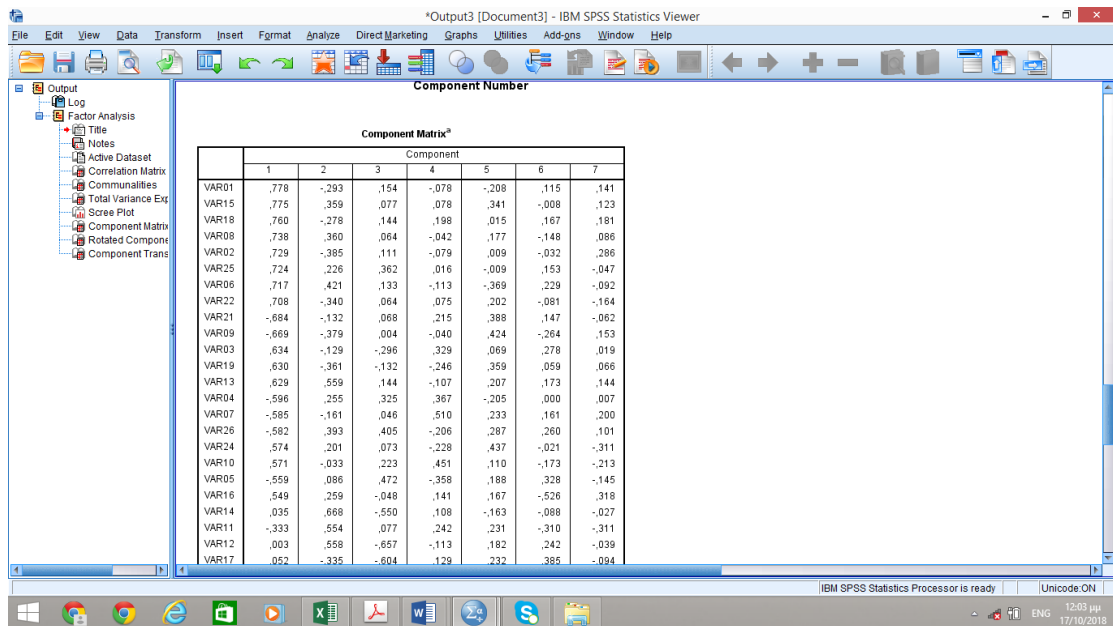
Εικόνα Γ.10: Correlation Matrix



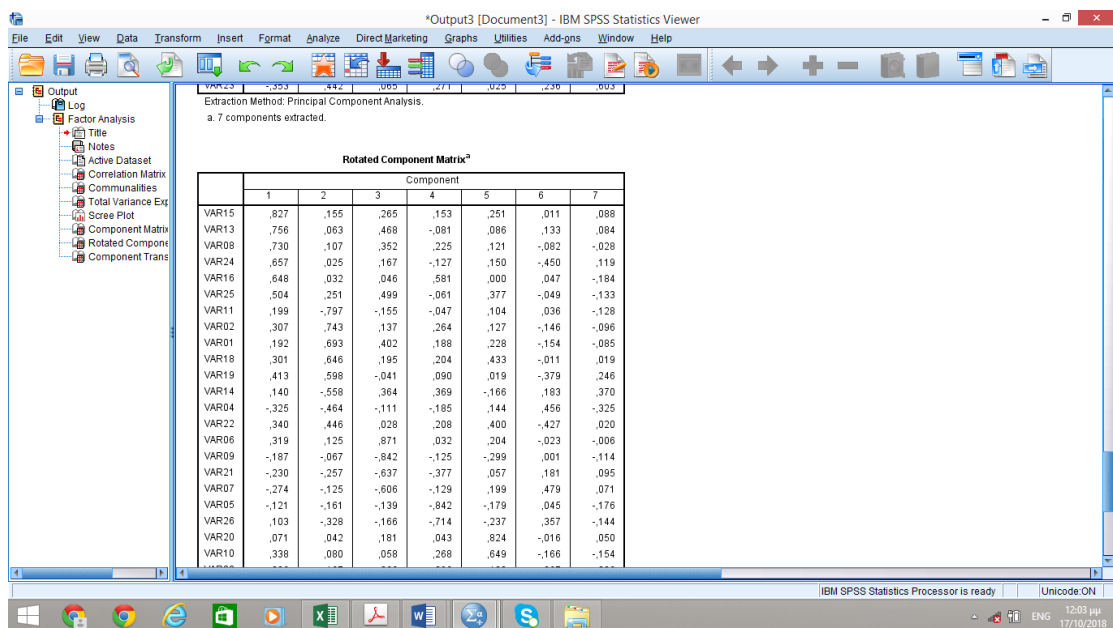
Εικόνα Γ.11: Total Variance Explained



Εικόνα Γ.12: Scree Plot



Εικόνα Γ.13: Component Matrix



Εικόνα Γ.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

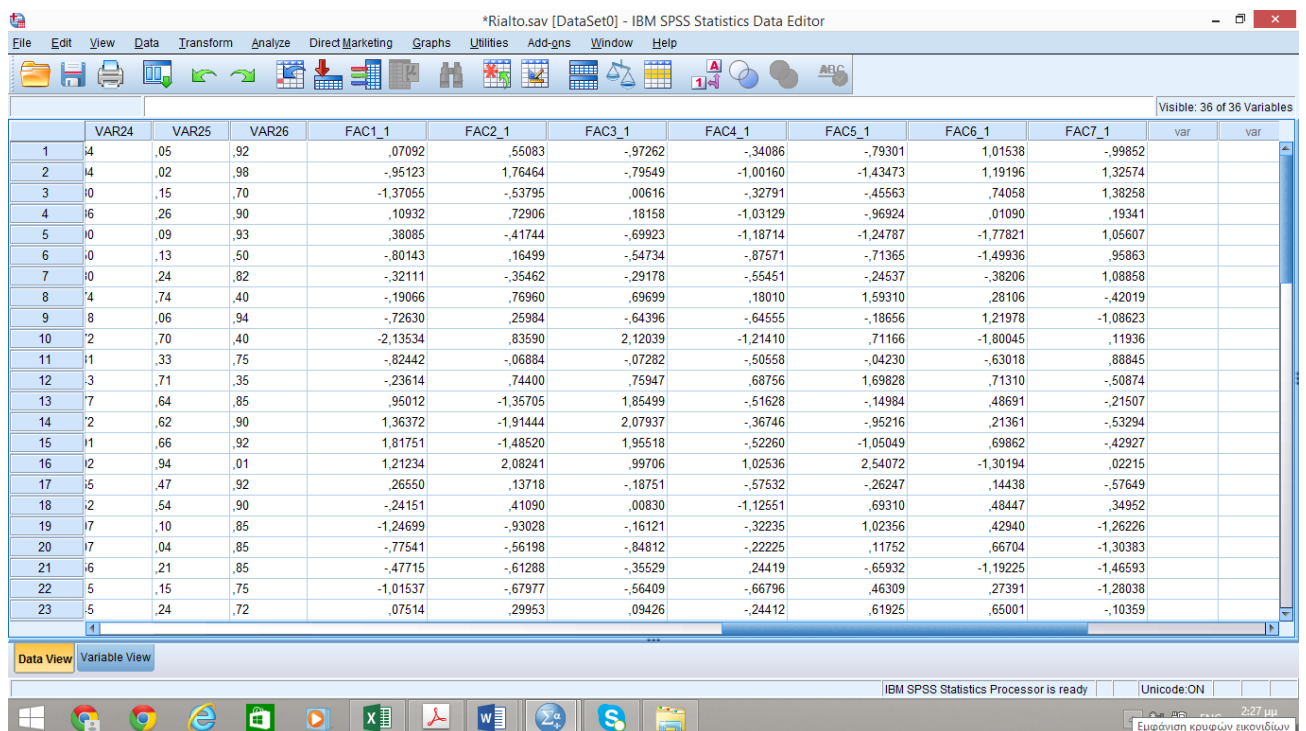
που είναι δύσκολο να ερμηνευθεί.

- 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.

Γ.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 with a rotated component matrix table. The table has 23 rows and 13 columns. The columns are labeled VAR24, VAR25, VAR26, FAC1_1, FAC2_1, FAC3_1, FAC4_1, FAC5_1, FAC6_1, FAC7_1, var, and var. The rows are numbered 1 through 23. The table contains numerical values representing the rotated component matrix.

	VAR24	VAR25	VAR26	FAC1_1	FAC2_1	FAC3_1	FAC4_1	FAC5_1	FAC6_1	FAC7_1	var	var
1	.05	.92		.07092	.55083	-.97262	-.34086	-.79301	1.01538			-.99852
2	.02	.98		-.95123	1.76464	-.79549	-1.00160	-1.43473	1.19196			1.32574
3	.15	.70		-1.37055	-.53795	.00616	-.32791	-.45563	.74058			1.38258
4	.26	.90		.10932	.72906	.18158	-1.03129	-.96924	.01090			.19341
5	.09	.93		.38085	-.41744	-.69923	-1.18714	-1.24787	-1.77821			1.05607
6	.13	.50		-.80143	.16499	-.54734	-.87571	-.71365	-1.49936			.95863
7	.24	.82		-.32111	-.35462	-.29178	-.55451	-.24537	-.38206			1.08858
8	.74	.40		-.19066	.76960	.69699	.18010	1.59310	.28106			-.42019
9	.06	.94		-.72630	.25984	-.64396	-.64555	-.18656	1.21978			-1.08623
10	.70	.40		-2.13534	.83590	2.12039	-1.21410	.71166	-1.80045			.11936
11	.33	.75		-.82442	-.06884	-.07282	-.50558	-.04230	-.63018			.88845
12	.71	.35		-.23614	.74400	.75947	.68756	1.69828	.71310			-.50874
13	.64	.85		.95012	-1.35705	1.85499	-.51628	-.14984	.48691			-.21507
14	.62	.90		1.36372	-1.91444	2.07937	-.36746	-.95216	.21361			-.53294
15	.66	.92		1.81751	-1.48520	1.95518	-.52260	-1.05049	.69862			-.42927
16	.94	.01		1.21234	2.08241	.99706	1.02536	2.54072	-1.30194			.02215
17	.47	.92		.26550	.13718	-.18751	-.57532	-.26247	.14438			-.57649
18	.54	.90		-.24151	.41090	.00830	-1.12551	.69310	.48447			.34952
19	.10	.85		-1.24699	-.93028	-.16121	-.32235	1.02356	.42940			-1.26226
20	.04	.85		-.77541	-.56198	-.84812	-.22225	.11752	.66704			-1.30383
21	.21	.85		-.47715	-.61288	-.35529	.24419	-.65932	-1.19225			-1.46593
22	.15	.75		-1.01537	-.67977	-.56409	-.66796	.46309	.27391			-1.28038
23	.24	.72		.07514	.29953	.09426	-.24412	.61925	.65001			-.10359

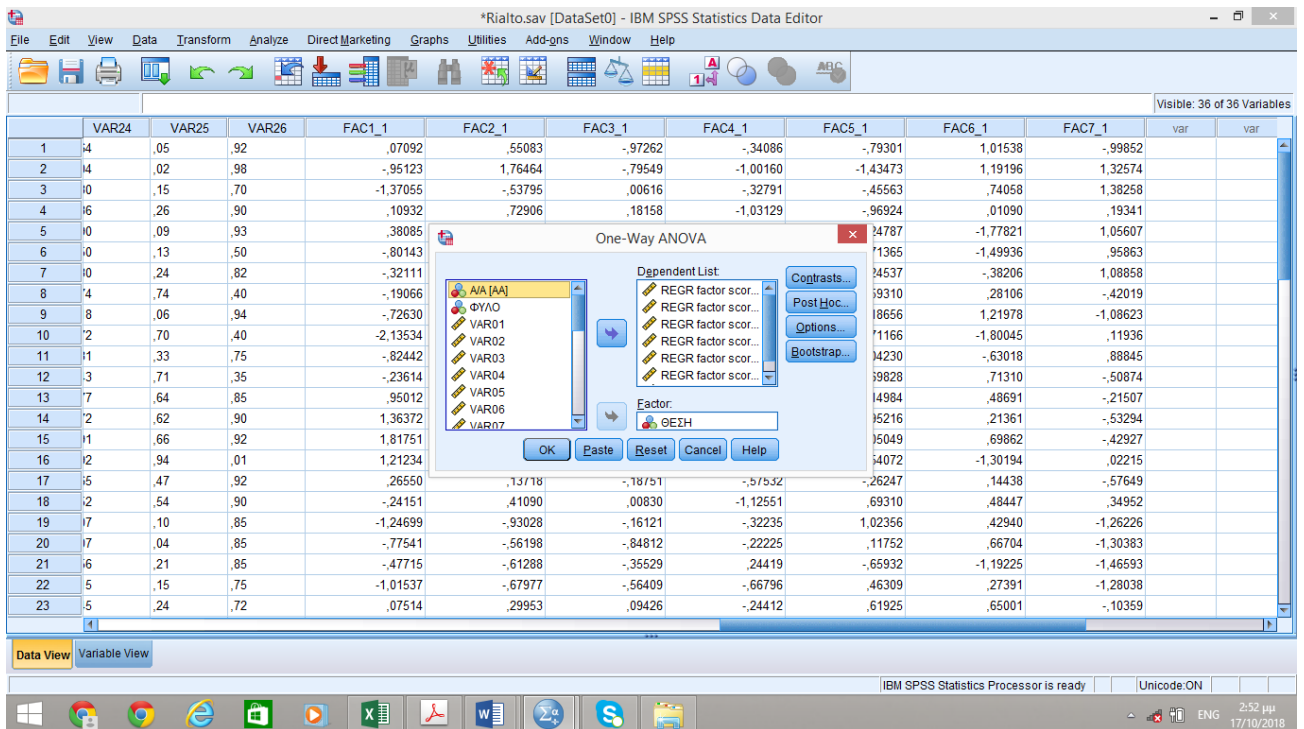
Εικόνα Γ.15: Factor Scores

	VAR24	VAR25	1	FAC5_1	FAC6_1	FAC7_1	var	var
1	.04	.05	.92	-.34086	-.79301	1.01538	-.99852	
2	.04	.02	.96	1.00160	-1.43473	1.19196	1.32574	
3	.10	.15	.70	-.32791	-.45563	.74058	1.38258	
4	.16	.26	.90	1.03129	-.96924	.01090	.19341	
5	.10	.09	.93	1.18714	-1.24787	-1.77821	1.05607	
6	.10	.13	.50	-.87571	-.71365	-1.49936	.95863	
7	.10	.24	.82	-.35462	-.29178	-.55451	-.38206	1.08858
8	.14	.74	.40	.76960	.69699	.18010	1.59310	-.42019
9	.08	.06	.94	.25984	-.64396	-.64555	-.18656	-1.08623
10	.12	.70	.40	.83590	2.12039	-1.21410	.71166	-1.80045
11	.11	.33	.75	-.06884	-.07282	-.50558	-.04230	.88845
12	.13	.71	.35	.74400	.75947	.68756	1.69828	.71310
13	.17	.64	.85	-1.35705	1.85499	-.51628	-.14984	.48691
14	.12	.62	.90	-1.91444	2.07937	-.36746	-.95216	.21361
15	.11	.66	.92	-1.48520	1.95518	-.52260	-1.05049	.69862
16	.12	.94	.01	2.08241	.99706	1.02536	2.54072	-1.30194
17	.15	.47	.92	.13718	-.18751	-.57532	-.26247	.14438
18	.12	.54	.90	.41090	.00830	-1.12551	.69310	.48447
19	.17	.10	.85	-.93028	-.16121	-.32235	1.02356	.42940
20	.17	.04	.85	-.56198	-.84812	-.22225	.11752	.66704
21	.16	.21	.85	-.61288	-.35529	.24419	-.65932	-1.19225
22	.15	.15	.75	-.67977	-.56409	-.66796	.46309	.27391
23	.15	.24	.72	.29953	.09426	-.24412	.61925	.65001

Εικόνα Γ.16: One-Way ANOVA

• Βήμα 2

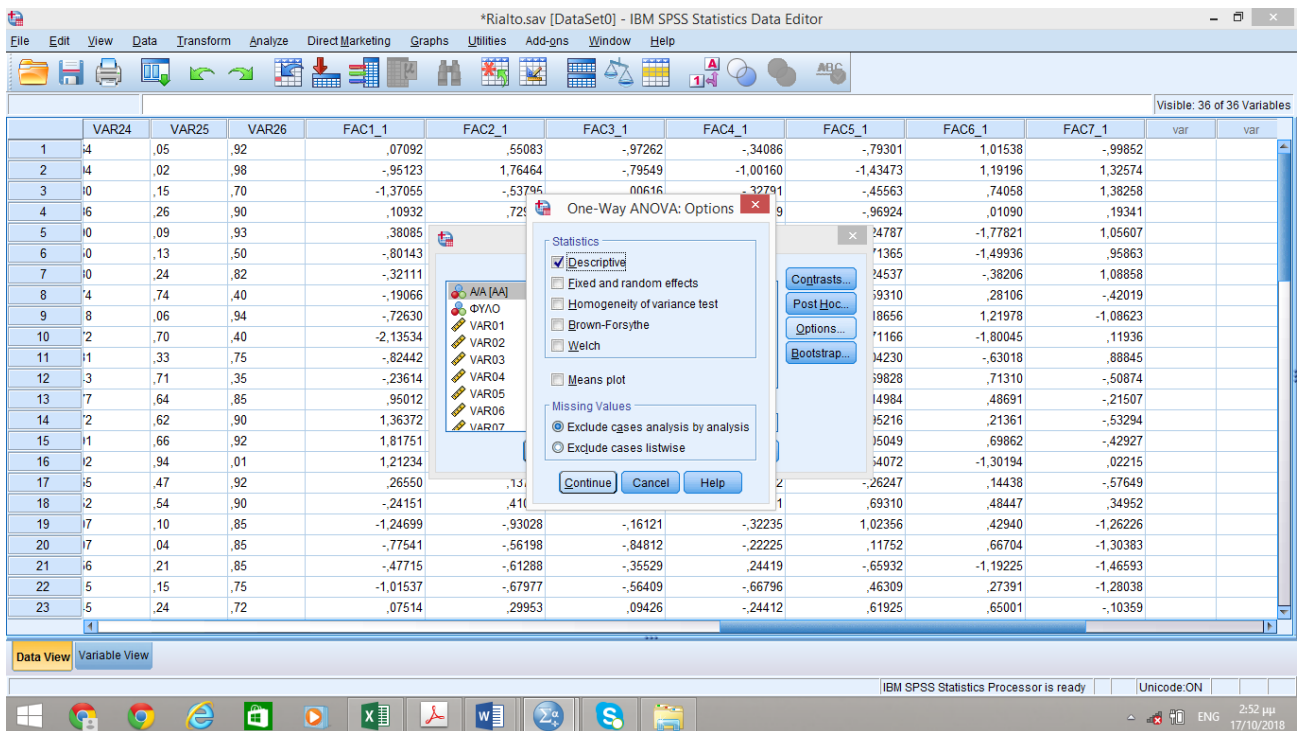
Τώρα έχει ανοίξει το πλαίσιο διαλόγου του One-Way ANOVA. Στην στήλη Dependent list τοποθετούμε όλα τα factor scores (REGR factor score 1 of X), και στην στήλη factor τοποθετούμε την στήλη θέση (δευτερη στήλη με τον κωδικό θέση που μοιράστηκαν τα ερωτηματολόγια).



Εικόνα Γ.17: Dependent list και Factor

Βήμα 3

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



Εικόνα Γ.18: Options

• Βήμα 4

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

Oneway

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	6	-.4270213	,70618520	,28829890	-1,1681173	,3140746	-1,37055	,38085
	2	6	-.7389950	,73285854	,29918825	-1,5080829	,0300929	-2,13534	-,19066
	3	5	1,1218365	,57302985	,25626674	,4103259	1,0333470	,26550	1,81751
	4	6	-.6135483	,49400704	,20167753	-1,1319769	-,0951197	-1,24699	,07514
	5	8	-.1635008	,76323167	,26984314	-,8015784	,4745769	-1,49451	1,04068
	6	5	,7863032	1,51140839	,67592238	-1,0903582	2,6629646	-,95468	3,21760
	7	5	4,889391	,64222801	,28721310	-,3084923	1,2863705	-,30932	1,26812
Total	41	,0000000	1,00000000	,15617376	-,3156389	,3156389	-2,13534	3,21760	
REGR factor score 2 for analysis 1	1	6	,3756877	,84769252	,34606902	-,5139110	1,2652865	-,53795	1,76464
	2	6	,3643145	,49924174	,20381459	-,1596076	,8882365	-,35462	,83590
	3	5	-,5074206	1,64167115	,73417766	-2,5458245	1,5309834	-1,91444	2,08241
	4	6	-,3457466	,55861947	,22805545	-,9319818	,2404885	-,93028	,41090
	5	8	-,6003755	,79788328	,28209434	-1,2674226	,0666716	-1,80715	,39304
	6	5	,3444677	,77205706	,34527441	-,6141677	1,3031032	-,51449	1,38505
	7	5	,6504470	1,29802975	,58049655	-,9612698	2,2621638	-1,19526	1,85716
Total	41	,0000000	1,00000000	,15617376	-,3156389	,3156389	-1,91444	2,08241	
REGR factor score 3 for analysis 1	1	6	-,4711569	,46225086	,18871312	-,9562595	,0139456	-,97262	,18158
	2	6	,4280485	,99643334	,40679221	-,6176442	1,4737412	-,64396	2,12039
	3	5	1,3398166	,95410019	,42668657	,1551448	2,5244885	-,18751	2,07937
	4	6	-,3043598	,35857241	,14638657	-,6806585	,0719388	-,84812	,09426
	5	8	-,5033264	,65303898	,23088415	-1,0492807	,0426278	-1,19841	,78377
	6	5	-,4836773	,91144137	,40760897	-1,6153813	,6480266	-1,90216	,45415
	7	5	,3661449	1,3736599	,61423267	-1,3392383	2,0715282	-,60508	2,74968

Εικόνα Γ.19: Descriptives

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	17,423	6	2,904	4,373	,002
Between Groups	17,423	6	2,904	4,373	,002
Within Groups	22,577	34	,664		
Total	40,000	40			
REGR factor score 2 for analysis 1	9,240	6	1,540	1,702	,151
Between Groups	9,240	6	1,540	1,702	,151
Within Groups	30,760	34	,905		
Total	40,000	40			
REGR factor score 3 for analysis 1	15,829	6	2,638	3,711	,006
Between Groups	15,829	6	2,638	3,711	,006
Within Groups	24,171	34	,711		
Total	40,000	40			
REGR factor score 4 for analysis 1	11,617	6	1,936	2,319	,055
Between Groups	11,617	6	1,936	2,319	,055
Within Groups	28,383	34	,835		
Total	40,000	40			
REGR factor score 5 for analysis 1	8,362	6	1,394	1,498	,209
Between Groups	8,362	6	1,394	1,498	,209
Within Groups	31,638	34	,931		
Total	40,000	40			
REGR factor score 6 for analysis 1	,459	6	,077	,066	,999
Between Groups	,459	6	,077	,066	,999
Within Groups	39,541	34	1,163		
Total	40,000	40			
REGR factor score 7 for analysis 1	9,523	6	1,587	1,771	,135
Between Groups	9,523	6	1,587	1,771	,135
Within Groups	30,477	34	,896		
Total	40,000	40			

Εικόνα Γ.20: ANOVA

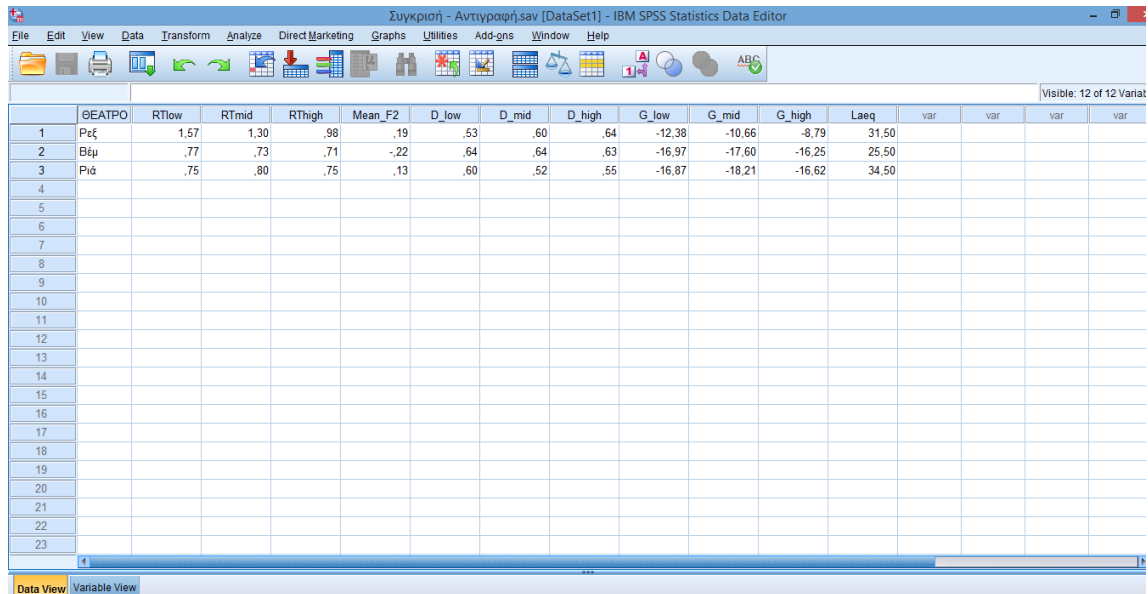
Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

- **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).

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

Πρώτα από όλα έχουμε μορφώσει τον πίνακα στο πρόγραμμα με τις στήλες που θα χρειαστούμε. Δηλαδή, τα ονόματα των θεάτρων, τα μεγέθη των φυσικών παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στις πρώτες στήλες και τα Mean Factor Scores στις τελευταίες στήλες, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



	ΘΕΑΤΡΟ	RTlow	RTmid	RThigh	Mean_F2	D_low	D_mid	D_high	G_low	G_mid	G_high	Laeq	var	var	var	var
1	Ρεξ	1,57	1,30	,98	,19	,53	,60	,64	-12,38	-10,66	-8,79	31,50				
2	Βέμ	,77	,73	,71	-.22	,64	,64	,63	-16,97	-17,60	-16,25	25,50				
3	Ριά	,75	,80	,75	,13	,60	,52	,55	-16,87	-18,21	-16,62	34,50				
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

Εικόνα Γ.21: Data View

Προσέχουμε όμως στην Variable View οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν να επιλεγθούν ως μεγέθη «Scale» κάτω από την επιλογή Measure, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Συγκριση - Αντιγραφή.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

File Edit View Data Transform Analyze Direct Marketing Graphs Utilities Add-ons Window Help

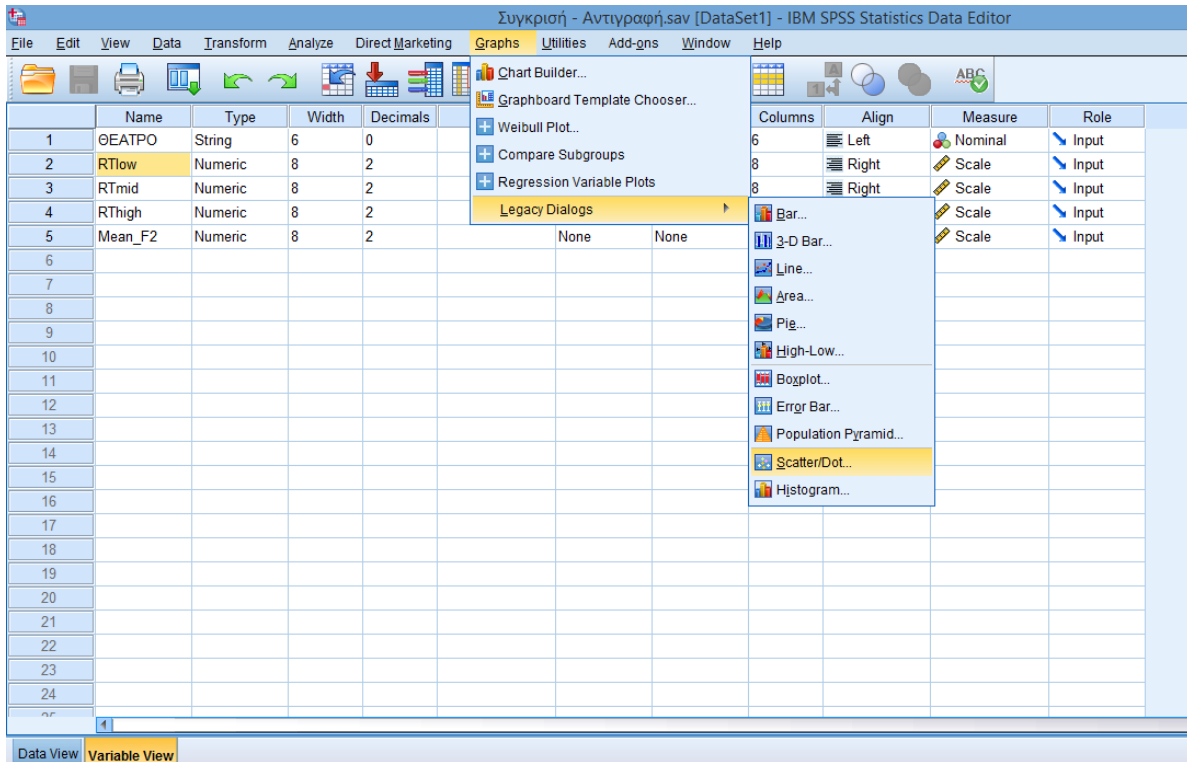
	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	ΘΕΑΤΡΟ	String	6	0		None	None	6	Left	Nominal	Input
2	RTlow	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
3	RTmid	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
4	RThigh	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
5	Mean_F2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale	Input
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											

Data View Variable View

Εικόνα Γ.22: Variable View

• Βήμα 1

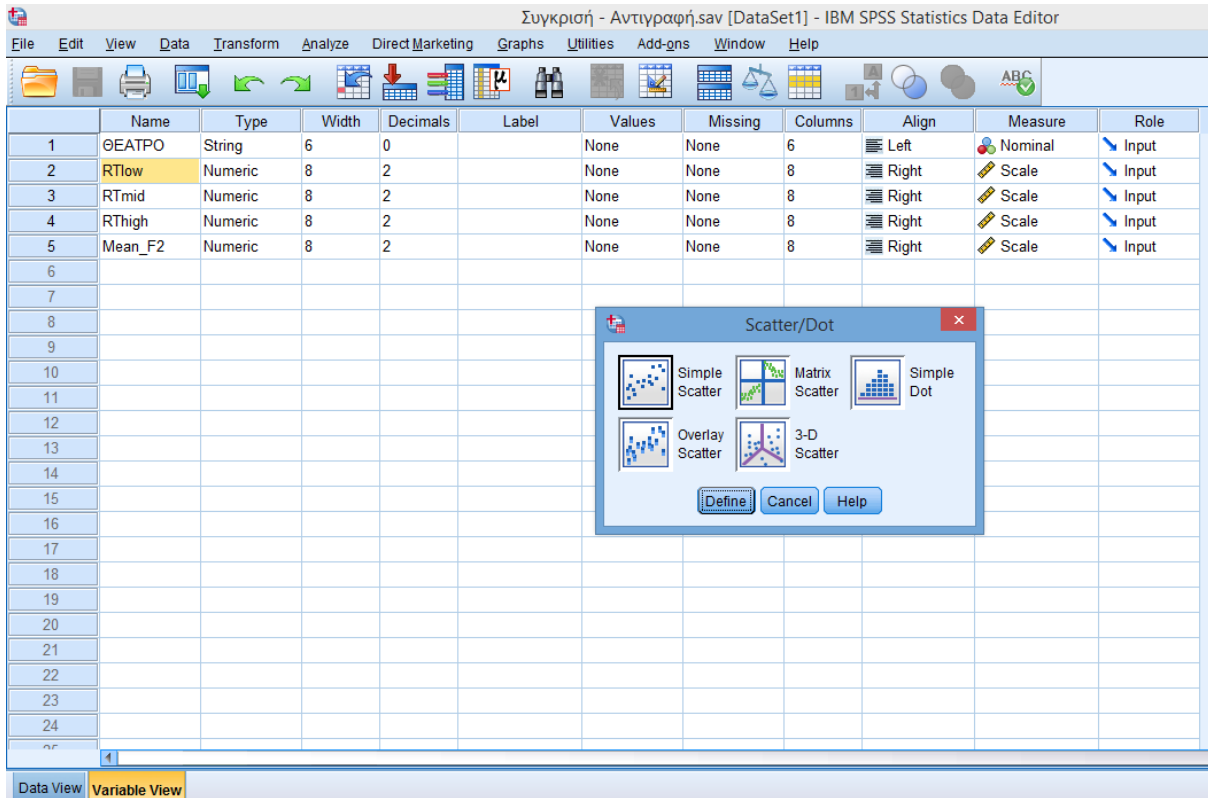
Αρχικά φτιάχνουμε ένα απλό γράφημα για να δούμε οπτικά εάν ο ισχυρισμός μας για γραμμικότητα έχει βάση. Όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα αρχικά επιλέγουμε Graphs, έπειτα τοποθετώντας τον κέρσορα επάνω στο Legacy Dialogs ανοίγουν νέες επιλογές από τις οποίες επιλέγουμε Scatter/Dot.



Εικόνα Γ.23: Scatter/Dot

• Βήμα 2

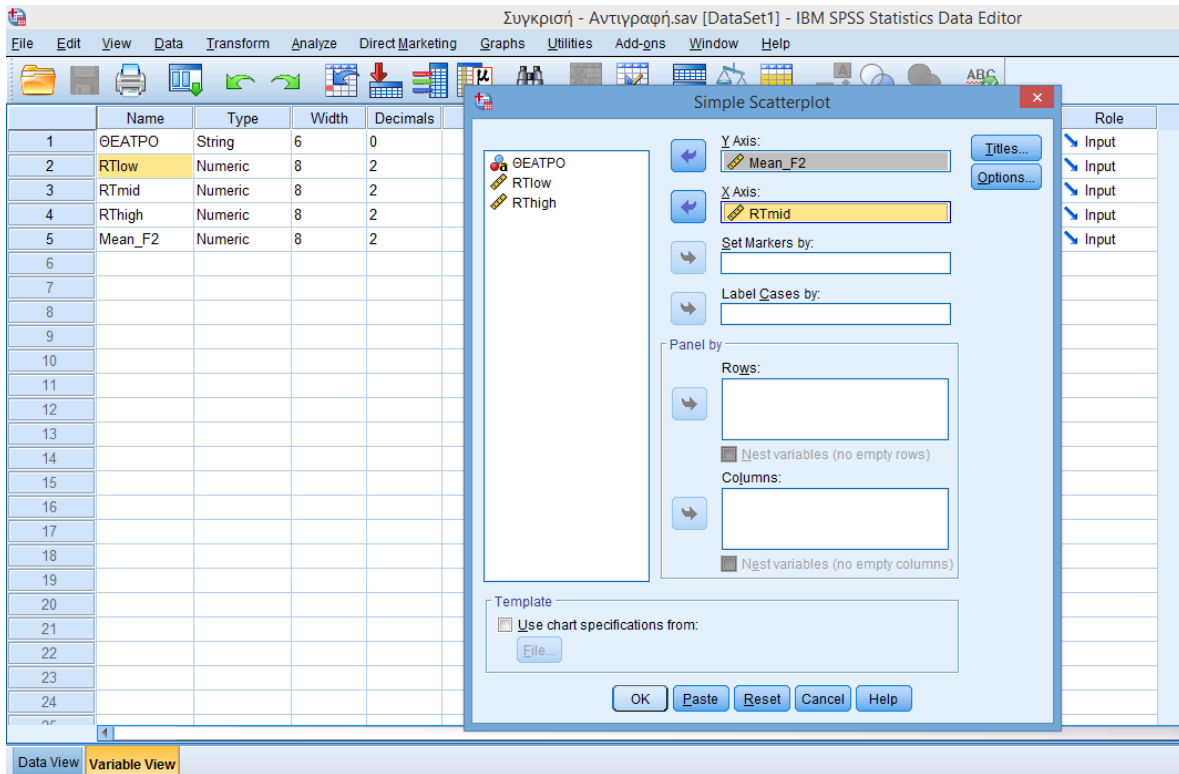
Από το νέο παράθυρο που ανοίγεται επιλέγουμε το Simple Scatter και τέλος για επικύρωση το Define όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα Γ.24: Simple Scatter

• Βήμα 3

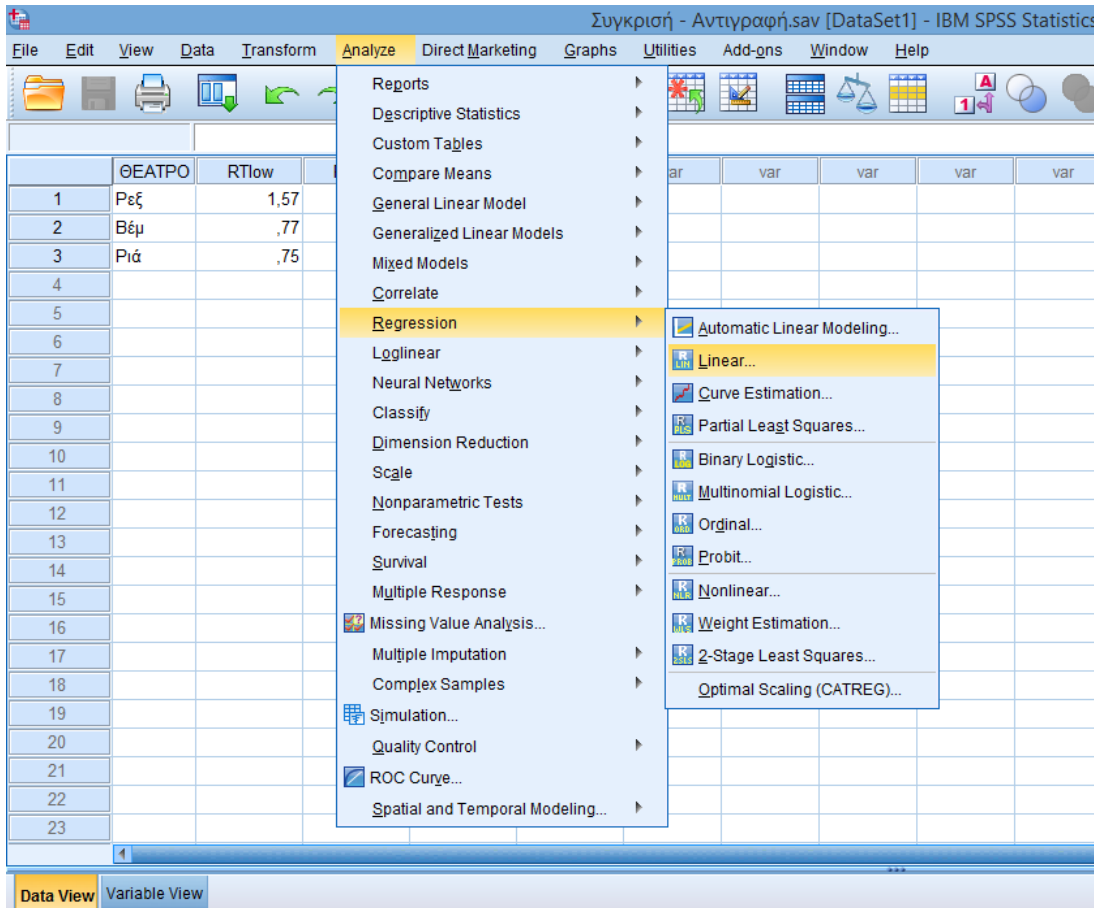
Στο νέο παράθυρο που ανοίγεται τοποθετούμε την εξαρτημένη μεταβλητή στον άξονα y (Y_Axis) και την/τις ανεξάρτητη/τες μεταβλητή/τές στον άξονα x (X_Axis) και επικυρώνουμε με OK, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα Γ.25: Y_Axis και X_axis

• Βήμα 4

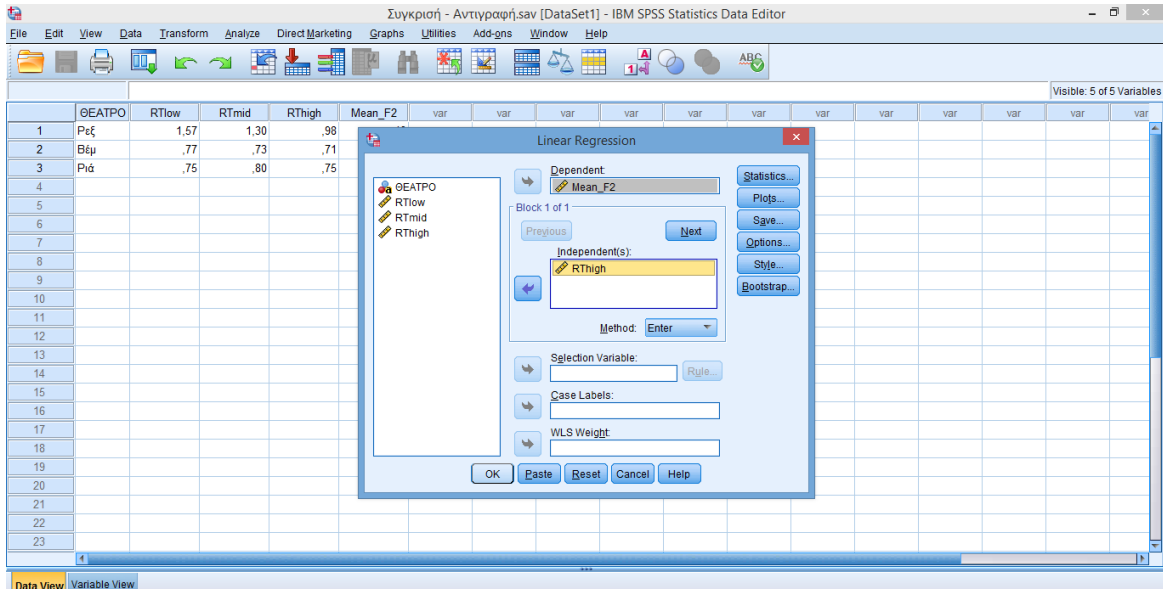
Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται επιλογή Analyze και από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Regression και από το επόμενο πτυσσόμενο μενού γίνεται η τελική επιλογή Linear.



Εικόνα Γ.26: Linear Regression

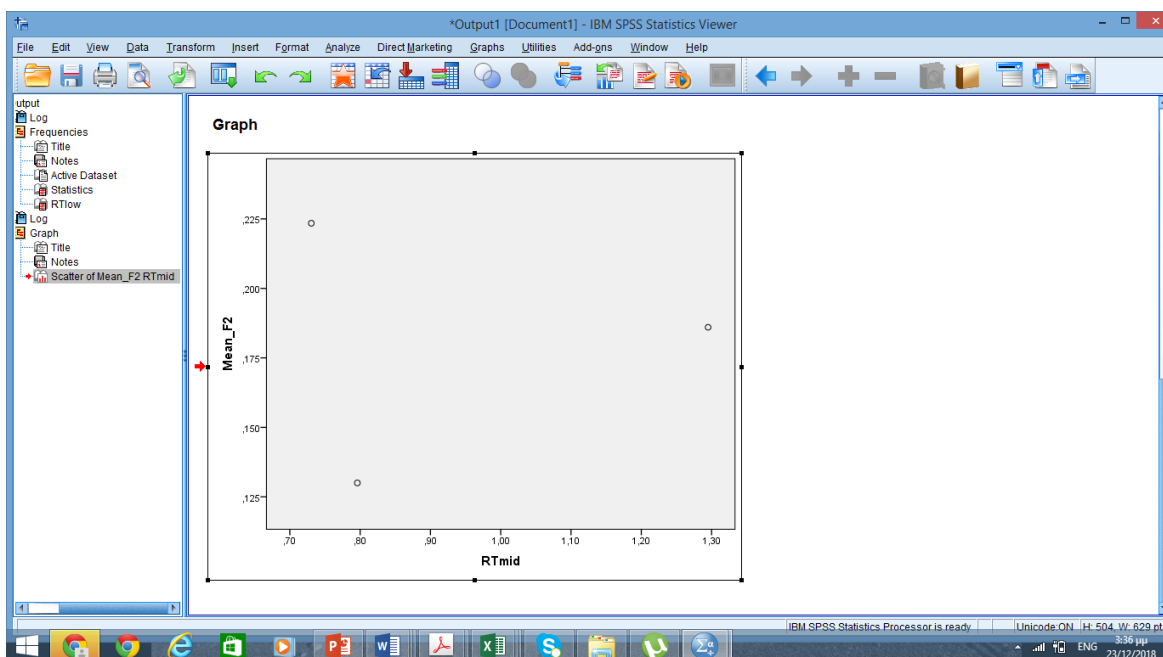
• Βήμα 5

Από το νέο παράθυρο που ανοίγει τοποθετούμε κατάλληλα την εξαρτημένη (Dependent) και τις ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent(s)). Τελικά επικυρώνουμε με OK.

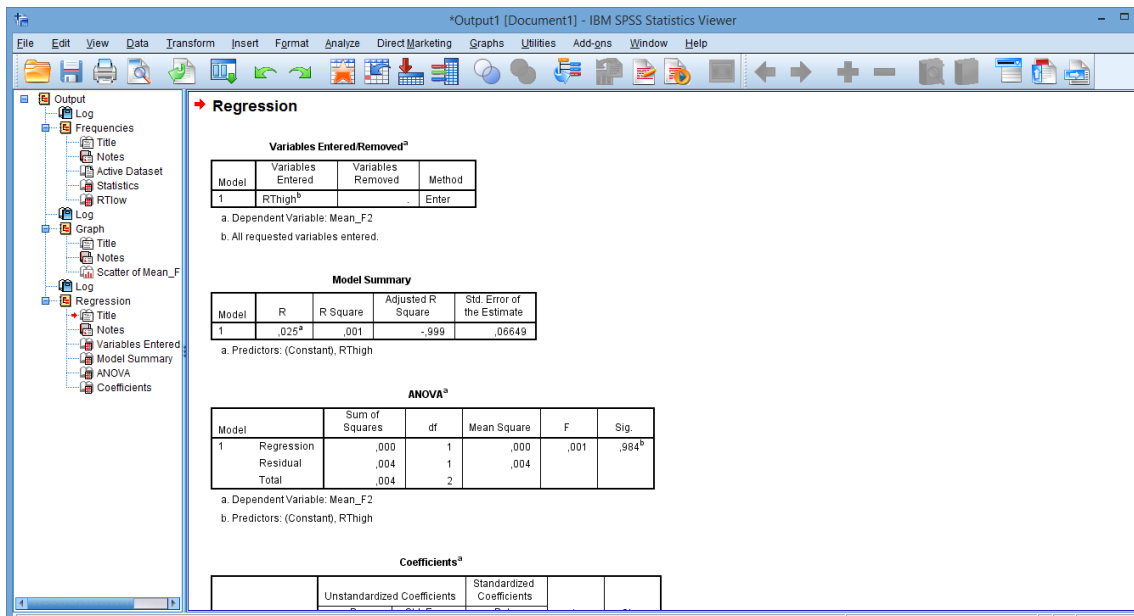


Εικόνα Γ.27: Dependent και Independent

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.



Εικόνα Γ.28: Graph



Εικόνα Γ.29: Model Summary και ANOVA^b

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

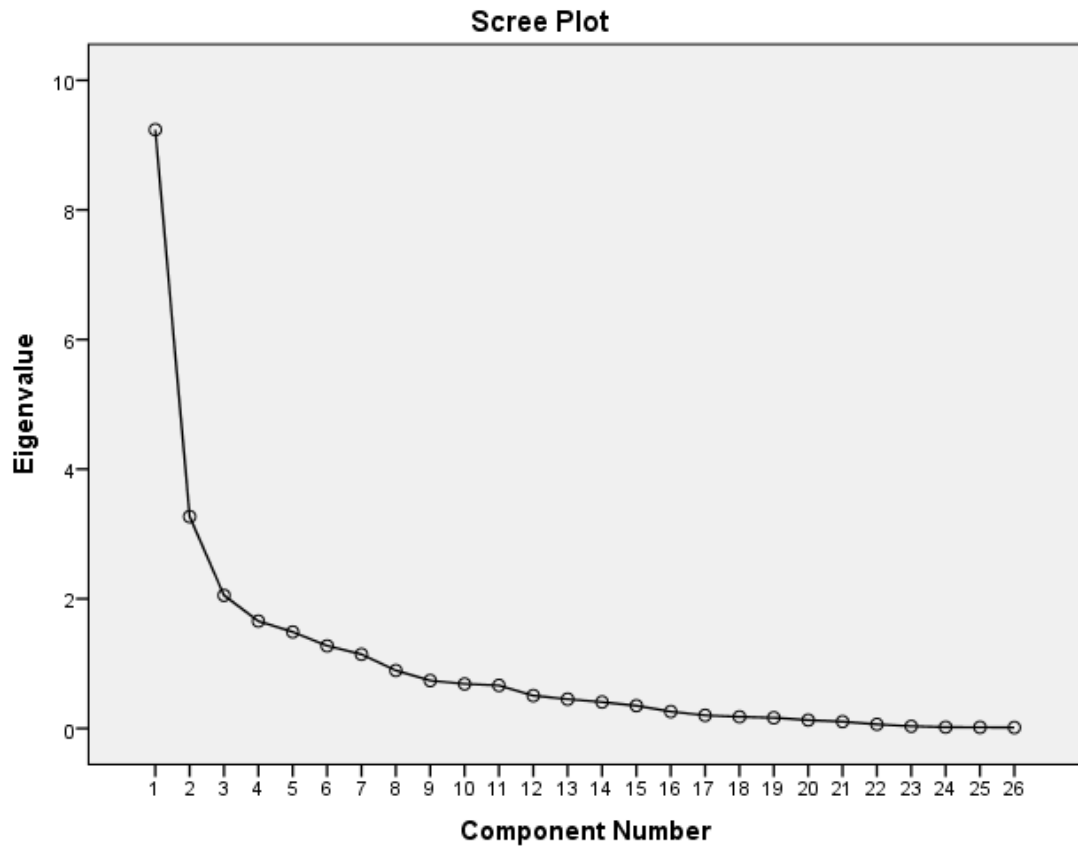
- Το πρώτο γράφημα μας δείχνει με μια πρώτη πρόχειρη ματιά εάν υπάρχει γραμμικότητα μεταξύ των μεταβλητών.
- Ο πίνακας Model Summary περιέχει την τιμή R² που πολύ απλοϊκά δείχνει πόσο πιθανό είναι να υπάρχει γραμμικότητα ανάμεσα στις ζητούμενες μεταβλητές. Για το παραπάνω παράδειγμα έχουμε $R^2 = 0,434 \rightarrow R^2 \times 100\% = 43,4\%$ πιθανότητα να είναι ορθή η αρχική μας υπόθεση ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών Mean Factor score και της φυσικής παραμέτρου EDT στις χαμηλές συχνότητες.
- Ο πίνακας ANOVA περιέχει την τιμή του επιπέδου σημαντικότητας (Significance Level) το οποίο συγκρινόμενο με το επίπεδο σημαντικότητας που έχει υιοθετηθεί κάνει δεκτή ή όχι την αρχική υπόθεση (για να είναι αποδεκτή πρέπει το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας να είναι μικρότερο ή ίσο με αυτό που έχει υιοθετηθεί).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : SPSS OUTPUT

Θεατρο Ριαλτο

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	9,238	35,529	35,529	9,238	35,529	35,529	7,627	29,334	29,334
2	3,268	12,569	48,099	3,268	12,569	48,099	4,879	18,764	48,099
3	2,053	7,895	55,994						
4	1,655	6,366	62,360						
5	1,489	5,726	68,085						
6	1,274	4,901	72,986						
7	1,143	4,398	77,383						
8	,894	3,437	80,821						
9	,738	2,839	83,660						
10	,686	2,640	86,300						
11	,663	2,550	88,850						
12	,506	1,945	90,795						
13	,452	1,737	92,532						
14	,407	1,565	94,098						
15	,351	1,350	95,447						
16	,260	1,001	96,448						
17	,202	,775	97,223						
18	,179	,687	97,910						
19	,164	,632	98,543						
20	,129	,496	99,039						
21	,105	,403	99,442						
22	,062	,240	99,682						
23	,034	,129	99,811						
24	,019	,074	99,884						
25	,017	,064	99,949						
26	,013	,051	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Γεμάτος - Κενός	,849	,096
Δυνατός - Αδύναμος	,832	,013
Υψηλός - Χαμηλός	,828	-,151
Διαυγής - Μπερδεμένος	,818	,076
Εξασθενημένος - δυνατός	-,769	-,024
Με αμεσότητα - απόμακρος	,736	,183
Απόμακρος – Εγγύς	-,653	-,242
Προτιμητέος – Μη προτιμητέος	,604	,064
Στρογγυλεμένος - Αιχμηρός	,595	,127
Πτωχός σε τονική ποιότητα – Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,583	-,166
Με υψηλή ακουστότητα – Με χαμηλή ακουστότητα	,474	,439
Ευδιάκριτος - Δυσδιάκριτος	,471	,325
Άψυχος - Ζωντανός	-,433	-,364
Υψηλής αντίληξης - Ξηρός	,355	,237
Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,423	,707
Πλούσιος - Πτωχός	,429	,658
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,513	,654
Τραχύς - Μαλακός	,003	-,647
Με κακή εντύπωση – Με καλή γενική εντύπωση	-,294	-,638
Με όγκο – Χωρίς όγκο	,350	,636
Λαμπρός - Σκοτεινός	,505	,632
Με παρουσία θορύβου – Απουσία θορύβου	-,073	-,561
Διαπεραστικός – Μη διαπεραστικός	,377	-,553
Δυσχερής στην ακρόαση – Ευχερής στην ακρόαση	-,377	-,527
Οξύς – Μη Οξύς	,292	-,476
Με υπόσταση – Χωρίς υπόσταση	-,130	,313

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 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	6	-,9105840	,46895054	,19144826	-1,4027174	-,4184506	-1,56821	-,20908
	2	6	-,1792144	,79310450	,32378356	-1,0115265	,6530978	-1,23194	,80351
	3	5	1,5387682	1,00205793	,44813393	,2945489	2,7829874	-,17119	2,40930
	4	6	-,7267187	,57887248	,23632370	-1,3342081	-,1192293	-1,27217	,16486
	5	8	-,2528165	,44424198	,15706326	-,6242120	,1185791	-1,12384	,31189
	6	5	,3503364	,53826176	,24071798	-,3180038	1,0186767	-,13040	1,00070
	7	5	,6952222	,97543916	,43622966	-,5159455	1,9063899	-,47685	1,91996
Total	41		,0000000	1,0000000	,15617376	-,3156389	,3156389	-1,56821	2,40930
REGR factor score 2 for analysis 1	1	6	,0112894	,50157296	,20476631	-,5150792	,5376579	-,79158	,54977
	2	6	,4338928	,66254005	,27048084	-,2614004	1,1291859	-,34560	1,27998
	3	5	-,7885603	2,25222107	1,00722388	-3,5850621	2,0079416	-2,43691	2,88684
	4	6	-,2610011	,32834038	,13404440	-,6055732	,0835710	-,59187	,07429
	5	8	-,2168664	,61599341	,21778656	-,7318498	,2981169	-1,20705	,61472
	6	5	,3433437	,81236241	,36329952	-,6653374	1,3520249	-,38158	1,64889
	7	5	,5711856	,89124611	,39857738	-,5354427	1,6778138	-,61222	1,71210
Total	41		,0000000	1,0000000	,15617376	-,3156389	,3156389	-2,43691	2,88684

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					REGR factor 1	6		
score 1 for	6	-,1792144	,79310450	,32378356	-1,0115265	,6530978	-1,23194	,80351
analysis 1	5	1,5387682	1,00205793	,44813393	,2945489	2,7829874	-,17119	2,40930
	6	-,7267187	,57887248	,23632370	-1,3342081	-,1192293	-1,27217	,16486
	8	-,2528165	,44424198	,15706326	-,6242120	,1185791	-1,12384	,31189
	5	,3503364	,53826176	,24071798	-,3180038	1,0186767	-,13040	1,00070
	5	,6952222	,97543916	,43622966	-,5159455	1,9063899	-,47685	1,91996
Total	41	,0000000	1,00000000	,15617376	-,3156389	,3156389	-1,56821	2,40930
REGR factor 1	6	,0112894	,50157296	,20476631	-,5150792	,5376579	-,79158	,54977
score 2 for	6	,4338928	,66254005	,27048084	-,2614004	1,1291859	-,34560	1,27998
analysis 1	5	-,7885603	2,25222107	1,00722388	-3,5850621	2,0079416	-2,43691	2,88684
	6	-,2610011	,32834038	,13404440	-,6055732	,0835710	-,59187	,07429
	8	-,2168664	,61599341	,21778656	-,7318498	,2981169	-1,20705	,61472
	5	,3433437	,81236241	,36329952	-,6653374	1,3520249	-,38158	1,64889
	5	,5711856	,89124611	,39857738	-,5354427	1,6778138	-,61222	1,71210
Total	41	,0000000	1,00000000	,15617376	-,3156389	,3156389	-2,43691	2,88684

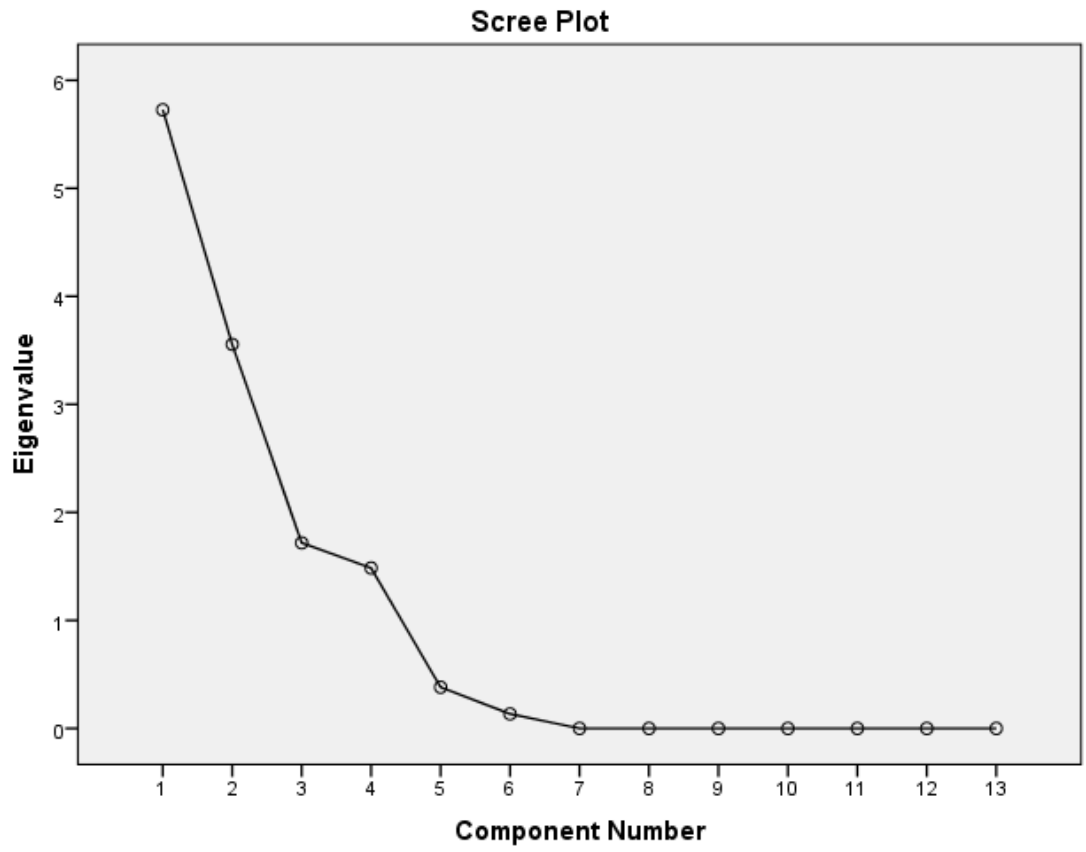
ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	23,717	6	3,953	8,254	,000
	Within Groups	16,283	34	,479		
	Total	40,000	40			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	7,245	6	1,208	1,253	,305
	Within Groups	32,755	34	,963		
	Total	40,000	40			

Principal Component Analysis – Omnidirectional Source

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	5,726	44,049	44,049	5,726	44,049	44,049	5,409	41,608	41,608
2	3,555	27,350	71,398	3,555	27,350	71,398	2,800	21,535	63,143
3	1,718	13,214	84,613	1,718	13,214	84,613	2,791	21,469	84,613
4	1,485	11,421	96,034						
5	,382	2,935	98,969						
6	,134	1,031	100,000						
7	8,071E-16	6,208E-15	100,000						
8	5,776E-16	4,443E-15	100,000						
9	3,196E-16	2,458E-15	100,000						
10	1,698E-16	1,306E-15	100,000						
11	#####	#####	100,000						
12	#####	#####	100,000						
13	#####	#####	100,000						



Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Ghigh	,976	,131	-,132
Gmid	,953	,245	-,129
Glow	,950	,224	-,136
Υψος	,881	,339	,122
D50mid	,878	,152	-,025
C80high	,659	-,586	,073
C80mid	,636	-,557	,502
C80low	,202	,839	,358
EDTlow	-,338	-,819	,204
D50high	,478	-,669	,307
EDThigh	-,358	,654	,339
D50low	-,234	,558	,726
EDTmid	-,099	,274	-,698

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Gmid	,988	-,073	,064
Glow	,978	-,093	,070
Ghigh	,971	-,162	,137
Υψος	,920	,175	,168
D50mid	,873	-,058	,171
EDTlow	-,620	-,398	,533
D50low	-,121	,929	,122
C80low	,428	,812	-,176
EDThigh	-,155	,762	-,259
C80mid	,339	-,177	,906
D50high	,178	-,361	,780
EDTmid	,090	-,251	-,708
C80high	,405	-,490	,616

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 5 iterations.

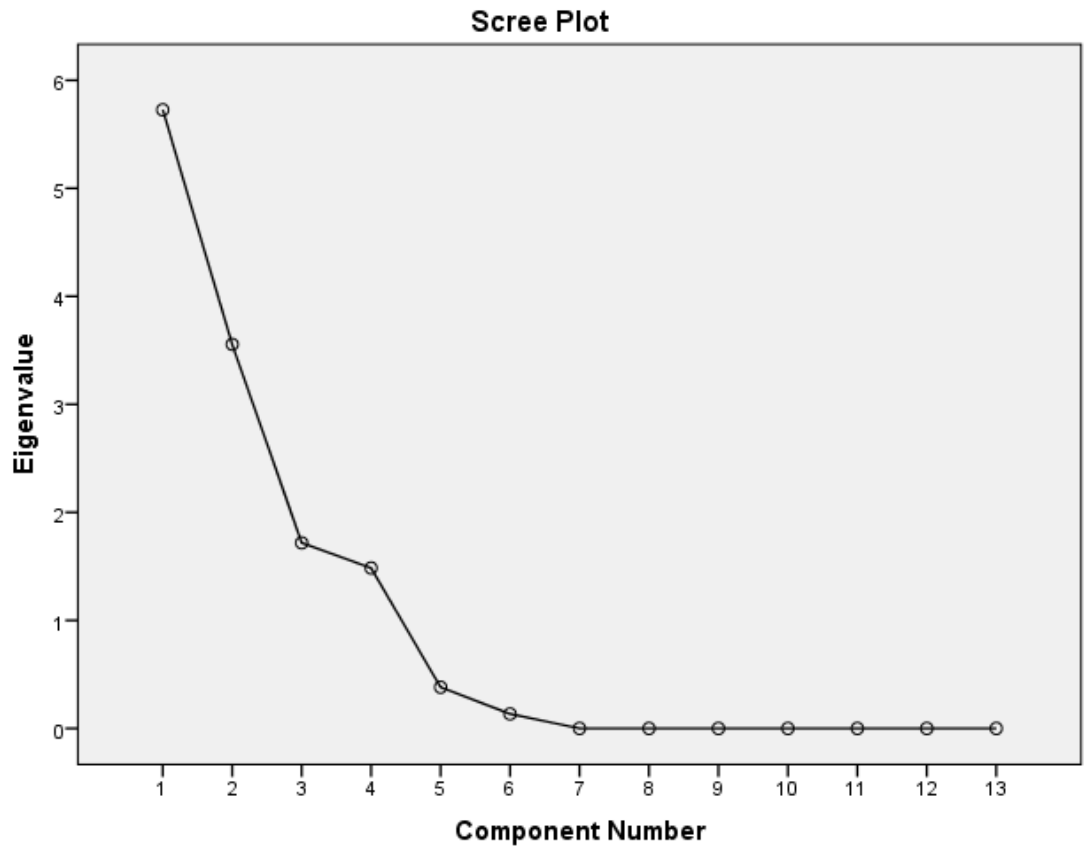
Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	,932	-,172	,320
2	,340	,724	-,600
3	-,128	,668	,733

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser

Normalization.



Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Ghigh	,976	,131	-,132
Gmid	,953	,245	-,129
Glow	,950	,224	-,136
Υψος	,881	,339	,122
D50mid	,878	,152	-,025
C80high	,659	-,586	,073
C80mid	,636	-,557	,502
C80low	,202	,839	,358
EDTlow	-,338	-,819	,204
D50high	,478	-,669	,307
EDThigh	-,358	,654	,339
D50low	-,234	,558	,726
EDTmid	-,099	,274	-,698

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Gmid	,988	-,073	,064
Glow	,978	-,093	,070
Ghigh	,971	-,162	,137
Υψος	,920	,175	,168
D50mid	,873	-,058	,171
EDTlow	-,620	-,398	,533
D50low	-,121	,929	,122
C80low	,428	,812	-,176
EDThigh	-,155	,762	-,259
C80mid	,339	-,177	,906
D50high	,178	-,361	,780
EDTmid	,090	-,251	-,708
C80high	,405	-,490	,616

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a

a. Rotation converged in 5 iterations.

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	,932	-,172	,320
2	,340	,724	-,600
3	-,128	,668	,733

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser

Normalization.

Regression – Omnidirectional Source F1PC1

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	prinemeanf1 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: meanF1

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,143 ^a	,020	-,176	,92733

a. Predictors: (Constant), prinemeanf1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,090	1	,090	,104	,760 ^b
	Residual	4,300	5	,860		
	Total	4,389	6			

a. Dependent Variable: meanF1

b. Predictors: (Constant), prinemeanf1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,074	,350		,210	,842
	prinemeanf1	-,122	,379	-,143	-,323	,760

a. Dependent Variable: meanF1

Regression – Omnidirectional Source F1PC2

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	prinemeanf2 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: meanF1

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,526 ^a	,277	,132	,79681

a. Predictors: (Constant), prinemeanf2

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,215	1	1,215	1,913	,225 ^b
	Residual	3,175	5	,635		
	Total	4,389	6			

a. Dependent Variable: meanF1

b. Predictors: (Constant), prinemeanf2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,074	,301		,244	,817
	prinemeanf2	-,450	,325	-,526	-1,383	,225

a. Dependent Variable: meanF1

Regression – Omnidirectional Source F1PC3

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	princmeanf3 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: meanF1

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,745 ^a	,555	,466	,62490

a. Predictors: (Constant), princmeanf3

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,437	1	2,437	6,240	,055 ^b
	Residual	1,952	5	,390		
	Total	4,389	6			

a. Dependent Variable: meanF1

b. Predictors: (Constant), princmeanf3

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,074	,236		,311	,768
	princmeanf3	-,637	,255	-,745	-2,498	,055

a. Dependent Variable: meanF1

Regression – Omnidirectional Source F2PC1

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	prinemeanf1 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: meanf2

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,620 ^a	,385	,262	,41027

a. Predictors: (Constant), prinemeanf1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,527	1	,527	3,129	,137 ^b
	Residual	,842	5	,168		
	Total	1,368	6			

a. Dependent Variable: meanf2

b. Predictors: (Constant), prinemeanf1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,013	,155		,086	,935
	prinemeanf1	-,296	,167	-,620	-1,769	,137

a. Dependent Variable: meanf2

Regression – Omnidirectional Source F2PC2

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	prinemeanf2 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: meanf2

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,498 ^a	,248	,097	,45369

a. Predictors: (Constant), prinemeanf2

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,339	1	,339	1,647	,256 ^b
	Residual	1,029	5	,206		
	Total	1,368	6			

a. Dependent Variable: meanf2

b. Predictors: (Constant), prinemeanf2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,013	,171		,078	,941
	prinemeanf2	,238	,185	,498	1,283	,256

a. Dependent Variable: meanf2

Regression – Omnidirectional Source F2PC3

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	princmeanf3 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: meanf2

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,035 ^a	,001	-,199	,52280

a. Predictors: (Constant), princmeanf3

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,002	1	,002	,006	,941 ^b
	Residual	1,367	5	,273		
	Total	1,368	6			

a. Dependent Variable: meanf2

b. Predictors: (Constant), princmeanf3

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,013	,198		,067	,949
	princmeanf3	-,017	,213	-,035	-,078	,941

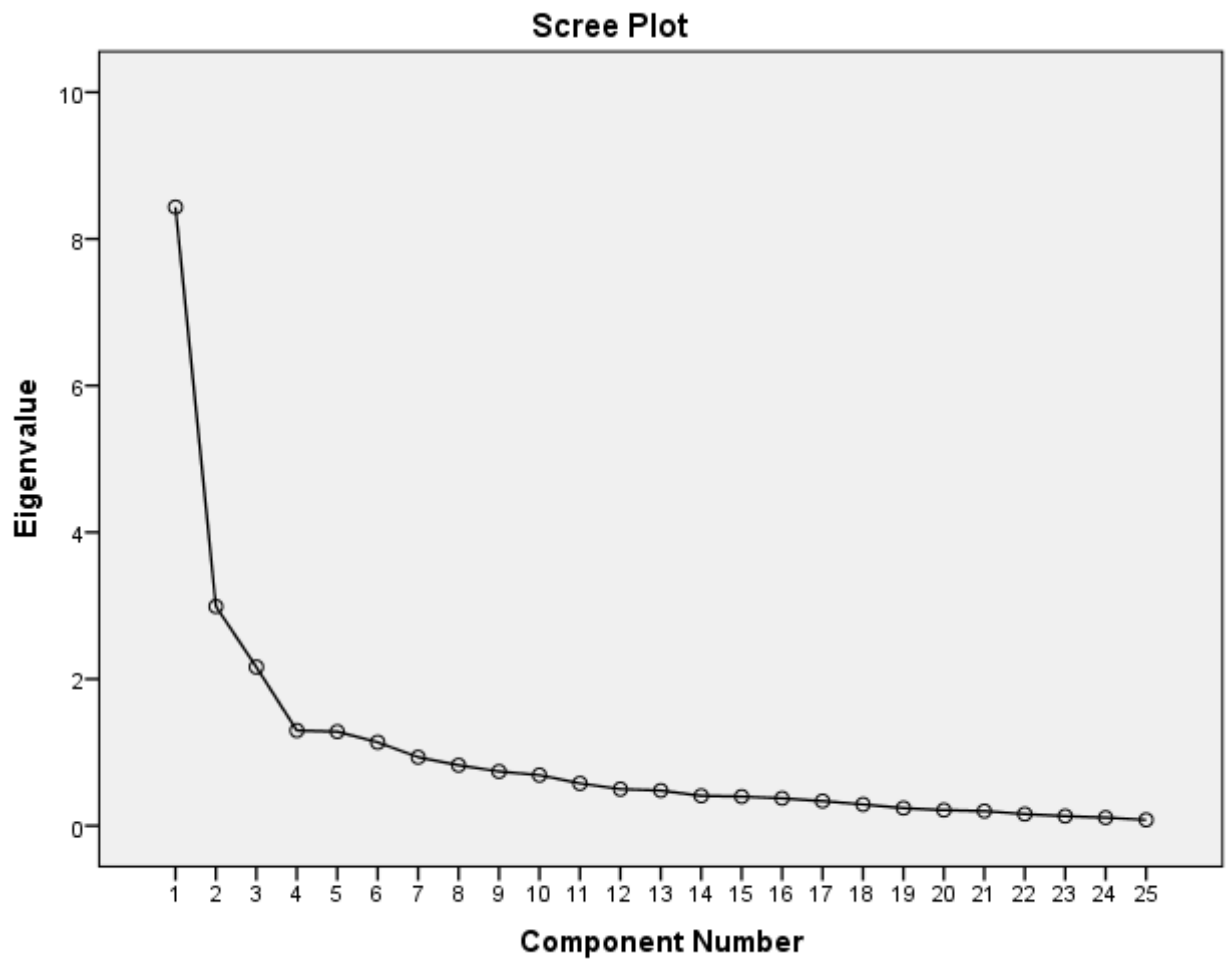
a. Dependent Variable: meanf2

Θεατρο Ρεξ

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	8,433	33,734	33,734	8,433	33,734	33,734	5,470	21,882	21,882
2	2,989	11,957	45,691	2,989	11,957	45,691	4,679	18,715	40,597
3	2,164	8,657	54,348	2,164	8,657	54,348	3,438	13,751	54,348
4	1,299	5,195	59,542						
5	1,283	5,133	64,675						
6	1,138	4,554	69,229						
7	,935	3,739	72,968						
8	,826	3,305	76,273						
9	,740	2,958	79,232						
10	,690	2,762	81,994						
11	,578	2,312	84,306						
12	,499	1,997	86,303						
13	,481	1,923	88,225						
14	,408	1,631	89,857						
15	,398	1,592	91,448						
16	,373	1,494	92,942						
17	,336	1,344	94,287						
18	,291	1,163	95,450						
19	,241	,963	96,412						
20	,213	,853	97,265						
21	,201	,803	98,069						
22	,160	,638	98,707						
23	,132	,528	99,235						
24	,110	,442	99,677						
25	,081	,323	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
VAR14	,803	-,010	,035
VAR24	,778	,197	,209
VAR16	,762	-,031	-,057
VAR02	,744	-,083	-,191
VAR15	,742	-,184	,498
VAR21	,710	,274	,039
VAR04	-,703	,235	,419
VAR25	-,659	,315	-,130
VAR05	,656	,297	,005
VAR07	,627	-,278	,159
VAR17	,615	,260	-,005
VAR08	-,591	,200	,470
VAR06	-,586	,146	,426
VAR12	,581	,367	,135
VAR03	-,559	,383	,285
VAR20	-,550	,112	,550
VAR09	,546	-,289	,383
VAR18	,527	,318	,304
VAR01	,318	-,250	,014
VAR10	-,150	,733	-,159
VAR13	,326	,691	-,190
VAR11	,249	,631	-,216
VAR19	,395	,490	,126
VAR22	-,206	,428	-,191
VAR23	,388	,085	,639

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
VAR24	,734	-,280	,266
VAR12	,681	-,164	,028
VAR21	,677	-,340	,086
VAR18	,671	-,021	,143
VAR05	,642	-,325	,029
VAR19	,627	-,020	-,135
VAR13	,598	-,151	-,490
VAR17	,587	-,316	,036
VAR14	,558	-,479	,323
VAR23	,544	,247	,457
VAR11	,497	-,139	-,491
VAR04	-,189	,810	-,181
VAR20	-,115	,777	,040
VAR08	-,116	,768	-,085
VAR06	-,162	,718	-,070
VAR03	-,042	,664	-,314
VAR02	,393	-,628	,220
VAR16	,485	-,527	,269
VAR15	,568	-,152	,698
VAR10	,307	,180	-,677
VAR09	,326	-,142	,634
VAR25	-,299	,405	-,545
VAR07	,311	-,353	,524
VAR22	,063	,108	-,496
VAR01	,065	-,257	,305

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	,689	-,625	,367
2	,635	,277	-,721
3	,349	,730	,588

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 2	Between Groups	36,066	33	1,093	1,201	,299
	Within Groups	30,934	34	,910		
	Total	67,000	67			
REGR factor score 2 for analysis 2	Between Groups	43,414	33	1,316	1,896	,034
	Within Groups	23,586	34	,694		
	Total	67,000	67			
REGR factor score 3 for analysis 2	Between Groups	28,334	33	,859	,755	,789
	Within Groups	38,666	34	1,137		
	Total	67,000	67			

Θεατρο Βεμπτο

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	10,254	39,440	39,440	10,254	39,440	39,440	9,791	37,657	37,657
2	3,438	13,222	52,662	3,438	13,222	52,662	3,901	15,005	52,662
3	2,466	9,485	62,147						
4	2,064	7,940	70,087						
5	1,998	7,686	77,772						
6	1,273	4,895	82,668						
7	1,017	3,911	86,579						
8	,713	2,741	89,320						
9	,531	2,043	91,363						
10	,517	1,990	93,353						
11	,386	1,486	94,838						
12	,332	1,277	96,115						
13	,247	,949	97,064						
14	,170	,653	97,717						
15	,135	,518	98,235						
16	,126	,486	98,721						
17	,111	,428	99,149						
18	,083	,320	99,469						
19	,062	,239	99,708						
20	,041	,159	99,867						
21	,020	,078	99,945						
22	,007	,028	99,973						
23	,005	,020	99,994						
24	,001	,005	99,999						
25	,000	,001	100,000						
26	-5,879E-16	-2,261E-15	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Component Matrix^a

	Component	
	1	2
VAR16	,855	-,019
VAR05	-,811	-,294
VAR22	,810	,001
VAR17	,795	-,069
VAR15	,793	,047
VAR24	,777	-,129
VAR18	,742	-,183
VAR25	,733	,140
VAR02	,730	,484
VAR03	,730	,393
VAR08	,721	-,143
VAR01	,679	,492
VAR13	,676	,073
VAR10	,673	-,115
VAR19	,660	-,135
VAR20	,593	-,085
VAR06	,589	,285
VAR09	-,523	,379
VAR07	-,491	,141
VAR04	-,313	-,166
VAR14	,161	,771
VAR21	-,477	,633
VAR26	-,237	,610
VAR12	-,152	,606
VAR11	-,469	,606
VAR23	-,064	,453

Extraction Method: Principal Component Analysis.
a. 2 components extracted.

Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
VAR05	-,860	-,072
VAR02	,831	,277
VAR16	,821	-,241
VAR03	,807	,190
VAR01	,783	,298
VAR22	,782	-,210
VAR15	,778	-,161
VAR17	,749	-,274
VAR25	,744	-,056
VAR24	,716	-,327
VAR13	,671	-,106
VAR18	,668	-,370
VAR08	,658	-,326
VAR06	,643	,122
VAR10	,620	-,287
VAR19	,602	-,302
VAR20	,550	-,236
VAR07	-,437	,264
VAR04	-,346	-,079
VAR21	-,296	,735
VAR11	-,295	,707
VAR14	,357	,702
VAR26	-,070	,651
VAR12	,012	,625
VAR09	-,406	,503
VAR23	,056	,454

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^a
a. Rotation converged in 3 iterations.

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	3	1,4008055	,16978151	,09802340	,9790449	1,8225662	1,22228	1,56022
2	3	-,4321906	,90128962	,52035981	-	1,8067369	-,96646	,60840
3	3	-,0891504	1,21709247	,70268866	2,6711181	-	-1,42606	,95456
4	2	-,1631653	1,44529937	1,02198098	3,1125757	2,9342749	-1,42606	,95456
5	2	,3911634	,56267955	,39787452	#####	12,8223343	-1,18515	,85882
6	2	-,7871280	,12969907	,09171109	-	5,4466386	-,00671	,78904
7	3	-,4607705	,84009291	,48502787	4,6643117	-,3781719	-,87884	-,69542
8	1	-,1313596	-	-	1,9524280	1,6261360	-1,13493	,48037
9	2	,1111315	,65800141	,46527726	2,5476770	-	-1,13136	-,13136
10	1	1,9435472	-	-	5,8007766	6,0230396	-,35415	,57641
11	2	,1850659	,51205794	,36207964	-	4,7857240	-1,17701	,54715
12	1	-	-	-	4,4155922	-	-1,26802	-1,26802
13	1	1,2680162	-	-	-	-	-1,27439	-1,27439
Total	26	,0000000	1,00000000	,19611614	1,2743886	-	-1,42606	1,94355
REGR factor score 2 for analysis 1	3	-,0087560	,52686619	,30418634	-	1,3000522	-,58256	,45321
2	3	1,2859158	,94556215	,54592056	1,3175641	-	,30379	2,19009
3	3	-,8139598	,59271482	,34220406	1,0629908	3,6348224	-1,49175	-,39284
4	2	-,6745816	,08927175	,06312466	2,2863451	-,6584254	-1,49175	-,39284
5	2	-,8278642	,72509872	,51272222	1,4766565	-,1274933	-,73771	-,61146
6	2	,5556564	,84765941	,59938572	7,3426177	5,6868894	-1,34059	-,31514
7	3	-,0954031	1,11654599	,64463813	-	8,1715741	-,04373	1,15504
8	1	1,7523783	-	-	7,0602612	-	1,75238	1,75238
9	2	,6948518	,07597295	,05372099	2,8690571	2,6782509	-1,36789	,72042
10	1	-,4011082	-	-	-,0122619	1,3774416	-,40111	-,40111
11	2	-,1709659	,12725775	,08998482	-	-,9723996	-,26095	-,08098
12	1	,3707782	-	-	1,3143315	-	,37078	,37078
13	1	-	-	-	-	-	-1,97963	-1,97963
Total	26	,0000000	1,00000000	,19611614	1,9796322	-	-1,97963	2,19009

ANOVA

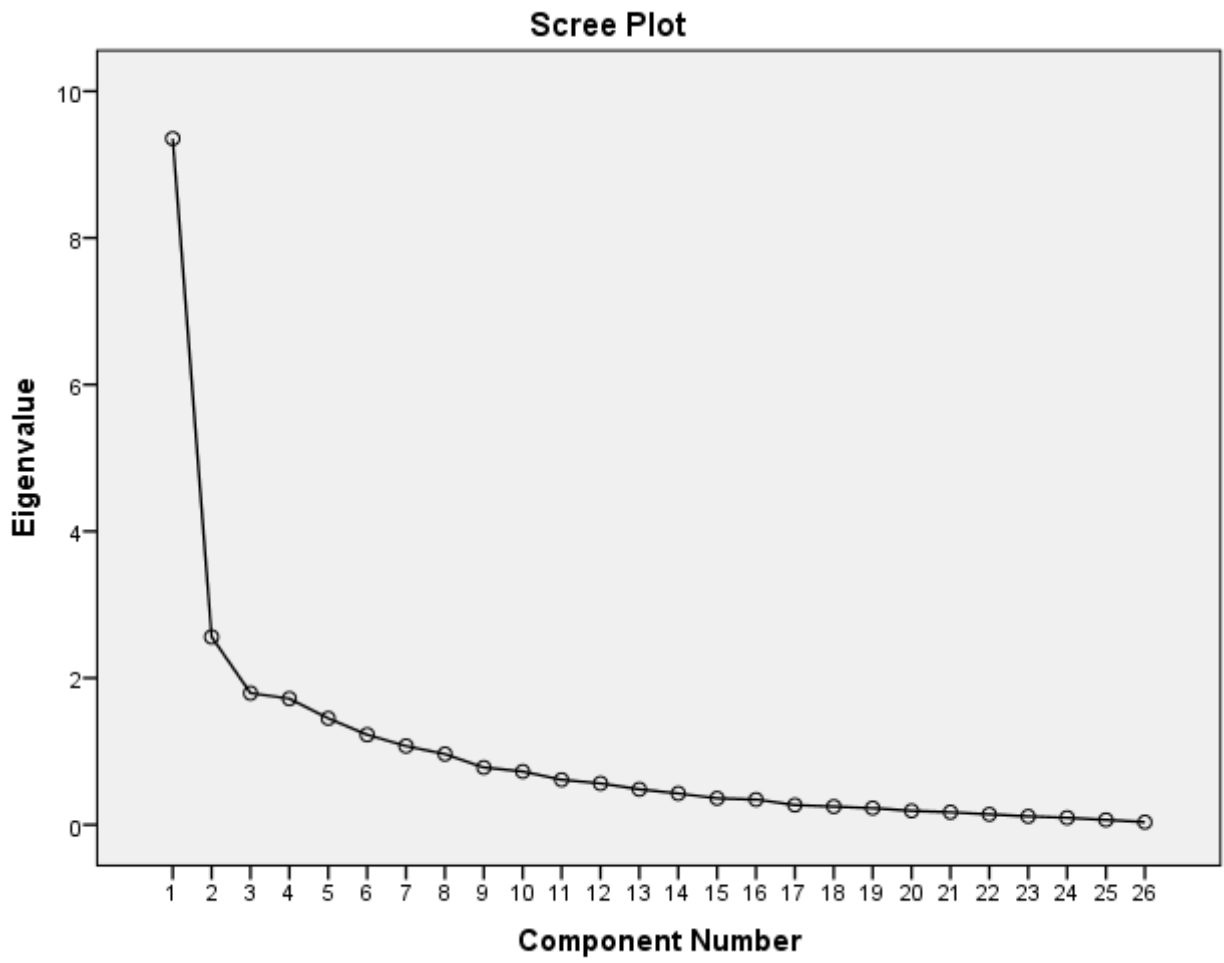
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	15,826	12	1,319	1,869	,139
	Within Groups	9,174	13	,706		
	Total	25,000	25			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	18,186	12	1,516	2,892	,035
	Within Groups	6,814	13	,524		
	Total	25,000	25			

Όλα τα Θεατρα Μαζί

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	9,354	35,978	35,978	9,354	35,978	35,978	6,460	24,847	24,847
2	2,561	9,848	45,826	2,561	9,848	45,826	4,454	17,131	41,978
3	1,795	6,902	52,729	1,795	6,902	52,729	2,795	10,751	52,729
4	1,720	6,614	59,343						
5	1,450	5,579	64,921						
6	1,227	4,718	69,639						
7	1,074	4,130	73,769						
8	,963	3,705	77,475						
9	,781	3,003	80,477						
10	,726	2,792	83,269						
11	,614	2,362	85,631						
12	,564	2,169	87,800						
13	,484	1,860	89,660						
14	,427	1,641	91,301						
15	,360	1,386	92,687						
16	,345	1,325	94,012						
17	,268	1,033	95,045						
18	,248	,955	96,000						
19	,226	,870	96,870						
20	,190	,729	97,599						
21	,171	,656	98,255						
22	,143	,549	98,804						
23	,114	,438	99,242						
24	,095	,367	99,609						
25	,066	,254	99,863						
26	,036	,137	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
VAR15	,794	,200	,194
VAR18	,746	-,170	,251
VAR22	,745	-,168	,105
VAR8	,734	,083	,291
VAR26	,728	,176	,115
VAR16	,701	,159	,280
VAR3	,691	,169	-,325
VAR5	-,681	-,122	,210
VAR2	,680	,097	-,392
VAR25	,677	,007	,277
VAR19	,663	-,206	,067
VAR1	,658	,127	-,481
VAR6	,655	,266	-,239
VAR13	,649	,404	,224
VAR10	,632	-,120	,160
VAR9	-,609	-,027	-,025
VAR21	-,576	,302	,011
VAR7	-,545	,072	,306
VAR20	,518	-,014	,367
VAR4	-,466	,103	,337
VAR17	,442	-,010	,159
VAR14	,095	,765	-,280
VAR12	-,056	,660	-,212
VAR24	-,221	,567	,469
VAR27	-,412	,556	,200
VAR11	-,396	,530	,074

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
VAR15	,767	,342	,054
VAR8	,763	,214	-,048
VAR16	,741	,214	,033
VAR18	,715	,219	-,299
VAR25	,700	,181	-,111
VAR13	,698	,260	,282
VAR26	,664	,363	,041
VAR20	,627	,012	-,100
VAR22	,626	,335	-,300
VAR10	,577	,231	-,232
VAR19	,533	,311	-,324
VAR9	-,497	-,344	,086
VAR17	,441	,134	-,088
VAR21	-,405	-,309	,404
VAR1	,241	,789	-,011
VAR2	,309	,727	-,041
VAR3	,367	,690	,029
VAR6	,405	,613	,133
VAR5	-,423	-,586	,013
VAR7	-,233	-,556	,180
VAR4	-,148	-,530	,197
VAR14	,006	,381	,726
VAR12	-,085	,224	,653
VAR27	-,129	-,328	,628
VAR24	,186	-,428	,610
VAR11	-,196	-,222	,597

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 3	68	-,0184780	,81275379	,09856087	-,2152064	,1782503	-2,38961	1,61753
1	41	,2040246	,96029549	,14997296	-,0990820	,5071313	-,97967	3,16706
2	26	-,2734040	1,40259502	,27507151	-,8399244	,2931164	-2,75240	2,46738
Total	135	,0000000	1,00000000	,08606630	-,1702241	,1702241	-2,75240	3,16706
REGR factor score 2 for analysis 3	68	,0382769	,96820088	,11741160	-,1960777	,2726314	-2,63518	1,58515
1	41	-,0248947	1,02314688	,15978870	-,3478397	,2980503	-3,17053	1,87556
2	26	-,0608517	1,07886676	,21158318	-,4966154	,3749121	-2,60265	1,59303
Total	135	,0000000	1,00000000	,08606630	-,1702241	,1702241	-3,17053	1,87556
REGR factor score 3 for analysis 3	68	,0274642	,86937724	,10542748	-,1829699	,2378983	-2,33340	1,98460
1	41	-,0255401	1,01221550	,15808150	-,3450348	,2939545	-2,23010	2,25977
2	26	-,0315545	1,30035600	,25502079	-,5567797	,4936706	-2,33714	2,18774
Total	135	,0000000	1,00000000	,08606630	-,1702241	,1702241	-2,33714	2,25977

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 3	Between Groups	3,673	2	1,837	1,860	,160
	Within Groups	130,327	132	,987		
	Total	134,000	134			
REGR factor score 2 for analysis 3	Between Groups	,221	2	,111	,109	,897
	Within Groups	133,779	132	1,013		
	Total	134,000	134			
REGR factor score 3 for analysis 3	Between Groups	,104	2	,052	,051	,950
	Within Groups	133,896	132	1,014		
	Total	134,000	134			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ:

Αναλυτικά αποτελέσματα φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις σε πινακοποιημένη μορφή. Συγκεκριμένα ο λόγος των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων C80, το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων EEF50, ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT, ο χρόνος αντήχησης RT ή T30 (πτώση 30 dB), καθώς και η απόσβεση της στάθμης έντασης ήχου G.

Δ.1.1 Θέατρο «Βέμπο» με ισότροπη πηγή

Πίνακας Ε.1: Πίνακας του λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων 80 (E-to-L) ή C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

80 (E-to-L) [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	9,27	9,32	9,82	8,52	6,96	9,19
2	4,59	9,54	9,12	6,35	6,17	7,24
3	6,98	7,23	6,63	6,86	7,53	9,6
4	4,78	6,16	6,75	7,33	6,57	7,92
5	4,82	3,8	8,14	9	9,33	9,15
6	3,17	4,21	6,65	6,4	5,63	6,67
7	3,25	4,87	7,35	7,15	7,27	7,08
8	5,47	6,53	8,48	6,62	7,06	9,09
9	5,13	7,61	7,96	8,09	8,89	8,05
10	6,35	9,72	10,37	7,48	6,36	7,86
11	7,85	7,84	5,84	6,93	7,15	8,9
12	7,97	8,24	9,09	6,89	6,67	8,12
13	6,16	8,37	9,97	6,87	10,27	10,26
14	10,89	11,12	7,97	8,68	8,57	9,09
15	3,03	8,25	7,65	7,76	9,31	10,22

Πίνακας Δ.2: Πίνακας του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50, για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50 EEF						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,78	0,86	0,86	0,81	0,71	0,8
2	0,48	0,8	0,83	0,7	0,67	0,71
3	0,77	0,78	0,73	0,72	0,73	0,82
4	0,6	0,7	0,69	0,74	0,71	0,75
5	0,61	0,56	0,73	0,77	0,81	0,79
6	0,61	0,5	0,69	0,71	0,62	0,68
7	0,42	0,55	0,68	0,71	0,71	0,7
8	0,68	0,66	0,74	0,68	0,75	0,77
9	0,34	0,63	0,77	0,76	0,8	0,79
10	0,6	0,77	0,8	0,71	0,67	0,69
11	0,69	0,77	0,63	0,69	0,72	0,75
12	0,67	0,76	0,76	0,7	0,64	0,7
13	0,67	0,64	0,81	0,73	0,81	0,82
14	0,75	0,77	0,73	0,79	0,79	0,79
15	0,56	0,66	0,69	0,71	0,75	0,77

Πίνακας Δ.3: Πίνακας του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,64	0,66	0,47	0,64	0,76	0,58
2	0,8	0,54	0,54	0,77	0,71	0,65
3	0,81	0,82	0,71	0,75	0,73	0,59
4	0,83	0,93	0,81	0,74	0,72	0,57
5	0,84	0,77	0,57	0,55	0,55	0,55
6	0,89	0,68	0,66	0,74	0,7	0,63
7	0,95	0,75	0,61	0,69	0,63	0,61
8	0,71	0,67	0,51	0,72	0,67	0,47
9	0,59	0,6	0,56	0,59	0,5	0,59
10	0,65	0,46	0,44	0,62	0,74	0,57
11	0,57	0,6	0,71	0,67	0,59	0,48
12	0,51	0,53	0,53	0,68	0,67	0,53
13	0,67	0,47	0,36	0,71	0,49	0,44
14	0,47	0,38	0,61	0,63	0,55	0,45
15	0,81	0,48	0,57	0,62	0,57	0,45

Πίνακας Δ.4: Πίνακας απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	-12,34	-13,82	-12,72	-12,27	-13,9	-12,61
2	-17,2	-13,28	-11,39	-12,49	-16,01	-15,34
3	-11,45	-13,24	-12,73	-12,11	-13,09	-11,62
4	-14,31	-16,67	-14,97	-12,51	-14,22	-13,59
5	-15,68	-17,91	-15,04	-12,74	-13,46	-14,77
6	-17,3	-17,71	-16,92	-15,72	-17,25	-17,41
7	-17,37	-17,33	-15,37	-14,3	-15,28	-16,12
8	-17,44	-18,21	-16,28	-15,71	-15,69	-15,71
9	-15,31	-17,2	-17,72	-15,06	-15,7	-18,21
10	-15,15	-15,91	-13,95	-14,26	-17,23	-17,27
11	-16,91	-18,76	-18,9	-18,94	-20,18	-19,99
12	-14,53	-18,89	-16,92	-18,14	-19,69	-20,57
13	-19,96	-18,39	-16,21	-16,59	-15,21	-16,63
14	-18,59	-20,1	-20,13	-18,38	-19,74	-20,41
15	-19,89	-16,67	-17,59	-16,68	-17,06	-17,75

Πίνακας Δ.5: Πίνακας χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων καθώς και το μέσο όρο ανά συχνότητα.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1		0,81	0,75	0,69	0,66	0,6
2	1		0,68	0,67	0,75	0,67
3		0,73		0,73	0,74	0,64
4	0,83	0,77	0,69	0,75	0,73	0,65
5	0,67			0,73	0,73	0,68
6	0,74			0,71	0,7	0,61
7	0,83	0,73	0,79	0,7	0,75	0,66
8	0,79	0,7	0,72	0,77	0,74	0,7
9		0,74	0,71	0,75	0,76	0,69
10			0,74	0,71	0,72	0,66
11	0,75	0,64	0,67	0,8	0,82	0,72
12		0,73	0,73	0,75	0,73	0,68
13	0,88		0,74	0,76	0,74	0,65
14			0,74	0,78	0,83	0,74
15			0,74	0,74	0,76	0,69
M.O.	0,811	0,731	0,725	0,736	0,744	0,669

Δ.1.2 Θέατρο «Βέμπο» με κατευθυντική πηγή

Πίνακας Ε.6: Πίνακας του λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων 80 (E-to-L) ή C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

80 (E-to-L) [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	8,45	9,89	9,41	8,17	6,07	7,56
2	4,58	9,05	4,47	3,95	1,37	1,75
3	6,48	6,59	5	4,38	1,74	3,07
4	3,27	4,65	3,62	4,82	3,81	3,71
5	3,47	4,84	4,7	3,03	1,6	2,8
6	5,81	4,75	3,35	2,95	3,72	4,91
7	9,37	5,32	4,97	2,04	2,05	4,89
8	5,68	4,45	6,41	4,75	7,72	9,85
9	7,77	5,66	6,23	2,67	3,65	4,84
10	8,37	4,56	5,04	4,96	4,61	5,58
11	4,55	7,43	5,49	4,68	5,52	7,14
12	7,74	3,75	7,92	6,38	5,71	6,47
13	6,78	7,05	8,28	7,47	9,06	11,95
14	3,89	7,31	8,83	6,62	7,99	9
15	9,64	6,98	7,04	4,11	6,51	7,35

Πίνακας Δ.7: Πίνακας του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50, για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50 EEF						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,85	0,83	0,82	0,79	0,65	0,76
2	0,62	0,76	0,46	0,52	0,35	0,32
3	0,77	0,71	0,58	0,45	0,37	0,45
4	0,6	0,48	0,5	0,54	0,49	0,52
5	0,59	0,62	0,49	0,37	0,34	0,37
6	0,46	0,64	0,52	0,43	0,47	0,52
7	0,64	0,54	0,5	0,41	0,35	0,3
8	0,57	0,46	0,49	0,42	0,78	0,84
9	0,81	0,56	0,59	0,32	0,3	0,39
10	0,61	0,47	0,56	0,58	0,48	0,55
11	0,65	0,57	0,47	0,34	0,32	0,26
12	0,79	0,49	0,61	0,5	0,42	0,47
13	0,77	0,51	0,69	0,73	0,78	0,87
14	0,45	0,68	0,74	0,57	0,71	0,69
15	0,77	0,65	0,7	0,6	0,64	0,69

Πίνακας Δ.8: Πίνακας του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	1,24	0,77	0,64	0,78	0,89	0,86
2	0,98	0,51	0,76	0,79	0,93	0,84
3	0,61	0,67	0,76	0,76	1,01	0,95
4	1,23	0,93	0,8	0,77	0,76	0,79
5	0,9	0,9	0,75	0,84	0,85	0,74
6	0,62	0,71	0,86	0,83	0,77	0,68
7	0,37	0,6	0,6	0,75	0,75	0,63
8	0,84	0,72	0,57	0,67	0,48	0,34
9	0,57	0,61	0,62	0,72	0,68	0,64
10	0,53	0,75	0,65	0,79	0,62	0,56
11	0,84	0,57	0,72	0,65	0,57	0,47
12	0,51	0,71	0,54	0,7	0,59	0,5
13	0,65	0,53	0,46	0,5	0,41	0,27
14	0,74	0,59	0,53	0,58	0,46	0,41
15	0,34	0,68	0,59	0,7	0,55	0,55

Πίνακας Δ.9: Πίνακας απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	-8,83	-10,66	-9,88	-14,1	-11,09	-11,36
2	-13,33	-13,3	-15,11	-18,5	-14,24	-15,9
3	-14,66	-18,88	-17,89	-21,58	-17,82	-18,68
4	-20,06	-22,39	-20,66	-21,47	-15,45	-17,64
5	-13,93	-18,03	-17,22	-21,1	-15,66	-17,09
6	-14,11	-17,19	-17,96	-20,84	-14,52	-15,78
7	-19,76	-23,2	-19,89	-23,82	-18,75	-19,48
8	-15,09	-20,69	-17,95	-21,6	-12	-11,85
9	-17,65	-22,24	-19,66	-25,34	-18,28	-19,57
10	-12,28	-18,82	-17,1	-20,77	-15,13	-16,04
11	-14,65	-19,26	-20,27	-22,6	-16,29	-17,64
12	-12,7	-23,03	-19,06	-23,71	-17,46	-19,52
13	-16,11	-20,62	-18,08	-21,01	-12,14	-12,87
14	-12,96	-21,57	-17,74	-22,86	-15,81	-18,17
15	-19,44	-25,43	-21,19	-24,22	-17,68	-19,31

Δ.2.1 Θέατρο «ριάτο» με ισότροπη πηγή

Πίνακας Ε.10: Πίνακας του λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων 80 (E-to-L) ή C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

80 (E-to-L) [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	3,34	7,33	7,41	7,29	7,39	8,51
2	9,73	6,86	5,79	4,98	5,42	6,05
3	5,19	5,91	6,45	5,19	6,39	6,99
4	7,58	6,8	6,63	6,92	4,79	7,34
5	4,25	5,3	7,09	5,56	6,21	6,17
6	6,44	6,39	5,59	5,71	4,59	5,89
7	4,71	3,31	5,77	5,38	6,13	6,53
8	3,29	2,67	5,55	4,06	4,33	6,3

Πίνακας Δ.11: Πίνακας του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50, για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50 EEF						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,59	0,71	0,7	0,63	0,75	0,77
2	0,81	0,69	0,69	0,62	0,62	0,63
3	0,44	0,59	0,74	0,63	0,63	0,69
4	0,65	0,55	0,72	0,68	0,56	0,71
5	0,6	0,63	0,72	0,59	0,66	0,67
6	0,69	0,63	0,59	0,67	0,57	0,68
7	0,57	0,61	0,63	0,6	0,66	0,65
8	0,44	0,49	0,55	0,6	0,52	0,62

Πίνακας Δ.12: Πίνακας του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	1	0,77	0,73	0,69	0,79	0,65
2	0,37	0,61	0,72	0,83	0,81	0,76
3	0,78	0,64	0,79	0,81	0,74	0,67
4	0,63	0,62	0,69	0,65	0,79	0,59
5	0,82	0,63	0,65	0,76	0,77	0,7
6	1,1	0,74	0,65	0,78	0,79	0,69
7	0,73	0,81	0,79	0,76	0,73	0,7
8	0,88	0,87	0,76	0,93	0,84	0,68

Πίνακας Δ.13: Πίνακας απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	-15,31	-13,33	-12,34	-13,55	-10,79	-8,41
2	-13,66	-14,93	-12,64	-13,43	-11,03	-10,24
3	-13,5	-12,66	-11,75	-11,73	-9,56	-8,25
4	-13,83	-12,95	-13,67	-11,96	-10,87	-8,64
5	-15,82	-14,99	-14,97	-14,61	-12,79	-11,8
6	-19,75	-20,14	-18,04	-17,64	-16,48	-15,74
7	-18,13	-17,74	-17,37	-16,15	-14,26	-13,36
8	-19,53	-18,51	-17,72	-19,52	-18,44	-16,84

Πίνακας Δ.14: Πίνακας χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων καθώς και το μέσο όρο ανά συχνότητα.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1				0,87	0,81	0,74
2	0,82	0,79	0,79	0,84	0,84	0,79
3		0,72	0,77	0,75	0,74	0,69
4	0,74	0,76	0,84	0,81	0,73	0,69
5	0,72		0,78	0,78	0,76	0,7
6		0,72		0,78	0,76	0,75
7		0,73	0,81	0,78	0,78	0,74
8			0,74	0,82	0,75	0,7
M.O.	0,760	0,744	0,788	0,804	0,771	0,725

Δ.2.2 Θέατρο «Ριάλτο» με κατευθυντική πηγή

Πίνακας Ε.15: Πίνακας του λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων 80 (E-to-L) ή C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

80 (E-to-L) [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	10,32	5,72	4,5	2,28	2,51	2,01
2	6,92	3,84	2,08	2,13	1,13	1,78
3	7,96	5,32	3,87	4,21	3,65	5,04
4	9,19	5,77	3,87	5,49	4,1	4,06
5	5,17	2,29	4,11	3,42	5,49	7,91
6	3,3	0,91	2,02	3,21	6,34	7,59
7	5,91	3,58	2,79	2,96	3,7	2,96
8	7,01	4,45	1,73	3,42	3,68	2,71

Πίνακας Δ.16: Πίνακας του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50, για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50 EEF						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,87	0,72	0,57	0,42	0,24	0,34
2	0,65	0,49	0,29	0,26	0,16	0,16
3	0,82	0,59	0,59	0,57	0,6	0,7
4	0,66	0,58	0,4	0,38	0,51	0,51
5	0,6	0,5	0,33	0,39	0,62	0,72
6	0,39	0,34	0,27	0,49	0,58	0,73
7	0,66	0,49	0,31	0,38	0,37	0,39
8	0,54	0,59	0,33	0,42	0,32	0,27

Πίνακας Δ.17: Πίνακας του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,62	0,96	0,83	0,96	0,89	0,96
2	0,67	0,84	0,72	0,87	0,92	0,92
3	0,45	0,79	0,81	0,71	0,79	0,63
4	0,47	0,73	0,79	0,65	0,8	0,86
5	0,72	0,78	0,65	0,82	0,7	0,49
6	0,76	0,93	0,94	0,79	0,68	0,58
7	0,66	0,83	0,84	0,85	0,84	0,95
8	0,7	1,03	0,92	0,93	0,79	0,77

Πίνακας Δ.18: Πίνακας απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	-9,96	-15,41	-15,78	-17,73	-19,15	-18,88
2	-13,18	-19,08	-19,86	-20,14	-20,18	-20,3
3	-11,7	-17,6	-18,48	-19,4	-19,51	-17,09
4	-11,84	-20,32	-20,08	-20,34	-20,54	-20,53
5	-14,81	-20,99	-21,06	-22,2	-19,61	-17,63
6	-23,66	-26,76	-26,18	-26,68	-24,68	-23,39
7	-16,05	-23,83	-24,37	-25,82	-24,16	-23,61
8	-18,23	-21,77	-23,58	-23,81	-22,88	-22,24

Δ.3 Θέατρο «Ρεξ» με ισότροπη πηγή

Πίνακας Ε.19: Πίνακας του λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων 80 (E-to-L) ή C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

Θέσεις μέτρησης	80 (E-to-L) [dB]					
	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	2,57	2,43	4,52	5,21	5,44	3,96
2	0,46	4,84	4,04	3,75	4,39	4,27
3	-1,19	4,26	4,62	3,98	4,42	4,37
4	1,38	3,71	3,91	4,69	2,26	4,1
5	3,99	6,67	5,02	3,22	5,7	6,79
6	3,37	2,92	2,46	4,58	5,75	6,41
7	1,85	3	3,75	5,16	4,6	4,36
8	5,29	4,68	4,23	4,68	4,21	4,43
9	1,4	-0,04	2,59	5,03	3,1	3,55
10	2,89	4,05	5,27	6,31	3,65	4,58
11	3,58	3,65	3,75	3,6	4,38	5,75
12	0,23	-0,05	5,33	5,58	7,41	6,32
13	3,97	2,01	5,01	5,67	6,77	6,21
14	-0,16	4,84	3,89	5,74	6,11	4,41
15	1,22	2,17	5,09	4,18	3,6	3,55
16	1,88	2,88	2,91	4,08	6,88	7,35
17	1,6	0,98	4,04	4,89	7,41	7,99
18	3,56	1,43	5,19	5,81	5,99	6,93
19	4,7	4,17	5,16	4,41	7,19	8,4
20	4,4	2,5	4,29	4,26	4,07	4,21
21	4,32	2,41	3,28	3,18	2,9	4,23
22	5,73	3,93	4,72	4,13	4,49	5,83
23	5,27	3,76	2,26	2,09	3,63	5,05
24	3,8	3,28	1,8	2,85	4,73	6,36
25	3,83	5,25	2,89	4,82	4,71	5,71
26	3,38	5,81	2,94	4,72	4,67	6,98
27	6,89	5,11	1,5	3,91	5,14	7,34
28	3,5	6,08	5,92	8,2	3,87	6,39
29	2,02	5,46	4,12	3,79	3,69	5,45
30	1,32	5,72	5,67	4,6	4,1	4,24
31	-1,04	0,72	4,62	3,36	3,2	3,88
32	0,01	3,37	3,89	5,34	5,07	6,86
33	6,62	1,6	6,96	5,06	5,59	4,81
34	0,17	3,47	2,37	4,47	3,65	3,59
35	4,45	3,18	0,72	4,28	3,89	4,12
36	8,43	6,95	5,54	5,49	5,89	6,18
37	5,07	4,73	6,19	4,02	4,73	6,49
38	2,39	2,08	5,55	5,44	3,98	6,76
39	2,61	5,65	5,46	2,83	5,21	6,82
40	3,15	2,88	4,11	4,15	3,17	5,07
41	4,58	3,11	4,29	4,58	5,24	6,18
42	8,86	5,16	5,18	5,11	4,85	6,33
43	6,36	3,25	4,19	5,32	4,56	6,19

Πίνακας Δ.20: Πίνακας του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων 50EEF ή D50, για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

50 EEF						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	0,6	0,58	0,65	0,72	0,74	0,68
2	0,48	0,48	0,49	0,59	0,62	0,6
3	0,35	0,54	0,56	0,54	0,59	0,61
4	0,41	0,47	0,59	0,56	0,46	0,59
5	0,59	0,69	0,63	0,48	0,59	0,63
6	0,39	0,49	0,5	0,59	0,62	0,62
7	0,36	0,44	0,57	0,68	0,66	0,65
8	0,57	0,4	0,68	0,68	0,67	0,69
9	0,29	0,42	0,51	0,62	0,52	0,56
10	0,41	0,48	0,58	0,65	0,5	0,49
11	0,34	0,54	0,45	0,56	0,57	0,59
12	0,38	0,36	0,6	0,73	0,79	0,75
13	0,6	0,55	0,65	0,67	0,77	0,75
14	0,32	0,63	0,56	0,69	0,65	0,6
15	0,43	0,53	0,47	0,51	0,46	0,51
16	0,48	0,37	0,5	0,59	0,75	0,72
17	0,51	0,47	0,56	0,65	0,75	0,79
18	0,64	0,45	0,6	0,7	0,7	0,74
19	0,66	0,64	0,57	0,61	0,78	0,8
20	0,59	0,58	0,67	0,55	0,57	0,6
21	0,5	0,53	0,59	0,57	0,55	0,64
22	0,63	0,54	0,6	0,56	0,58	0,67
23	0,55	0,58	0,46	0,45	0,53	0,65
24	0,64	0,55	0,45	0,57	0,63	0,72
25	0,63	0,64	0,54	0,68	0,7	0,71
26	0,59	0,76	0,59	0,7	0,7	0,79
27	0,69	0,68	0,51	0,64	0,69	0,8
28	0,53	0,71	0,73	0,83	0,59	0,74
29	0,51	0,65	0,55	0,6	0,56	0,64
30	0,4	0,6	0,67	0,62	0,57	0,59
31	0,25	0,41	0,64	0,52	0,51	0,54
32	0,43	0,65	0,59	0,69	0,66	0,75
33	0,74	0,45	0,79	0,67	0,73	0,69
34	0,39	0,52	0,44	0,6	0,59	0,58
35	0,58	0,58	0,45	0,59	0,55	0,62
36	0,85	0,8	0,71	0,71	0,71	0,72
37	0,61	0,69	0,72	0,62	0,64	0,7
38	0,5	0,43	0,65	0,65	0,58	0,74
39	0,51	0,56	0,67	0,49	0,65	0,7
40	0,59	0,61	0,54	0,61	0,55	0,66
41	0,57	0,46	0,61	0,61	0,61	0,66
42	0,8	0,56	0,61	0,59	0,59	0,64
43	0,8	0,53	0,63	0,63	0,62	0,69

Πίνακας Δ.21: Πίνακας του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	1,25	1,35	1,05	1,1	0,92	1,04
2	1,35	1,01	1,1	1,01	0,94	0,93
3	1,13	1,02	0,96	0,95	0,92	0,91
4	1,02	1,24	1,17	0,99	0,99	0,91
5	1,39	1,41	0,98	1,05	0,92	0,82
6	1,35	1,09	1,09	0,95	0,81	0,75
7	1,17	1,01	0,96	1,09	1	0,99
8	1,16	0,82	1,11	1,07	1,09	0,92
9	1,38	1,41	0,97	1,03	1	0,92
10	0,85	1,2	0,88	0,84	0,99	0,83
11	1,53	1,47	1,05	1,01	0,87	0,75
12	0,89	0,96	0,93	1,03	0,81	0,96
13	1,14	1,28	1,03	1,01	1,17	1,17
14	1,17	0,88	0,98	0,96	0,82	0,92
15	1,21	0,98	0,83	0,87	0,84	0,83
16	1,09	0,97	1,06	0,96	0,83	0,79
17	0,95	1,19	1,05	1,05	0,79	0,76
18	1,5	1,15	0,83	0,9	0,93	0,74
19	1,23	1,42	0,95	1,09	1,01	0,94
20	1,07	1,22	1,05	0,98	0,96	0,9
21	1,18	1,19	1,13	1,08	1,03	0,92
22	0,88	1,07	0,93	1,06	0,89	0,71
23	1,33	1,11	1,24	1,06	0,9	0,75
24	1,17	1,15	1,1	0,93	0,8	0,74
25	1,21	1,3	1,1	1,08	1,12	1,12
26	1,52	0,79	0,85	1,09	1,02	0,85
27	0,95	1,01	0,91	1,01	0,93	0,94
28	0,92	0,79	1,15	1,06	0,94	0,99
29	1,25	0,7	0,93	0,99	0,86	0,79
30	1,25	0,92	0,88	0,98	0,92	0,87
31	1,09	1,24	1,06	1,03	0,92	0,85
32	1,6	1,08	1,15	1,05	0,96	0,91
33	0,7	1,65	0,92	0,92	0,99	0,85
34	1,49	1,17	1,02	0,84	0,89	0,82
35	1,8	1,37	1,17	0,94	0,82	0,87
36	0,76	0,8	1,08	1	0,91	0,8
37	0,82	0,81	0,94	0,91	0,92	0,83
38	0,98	1,3	1,06	0,9	0,83	0,81
39	1,06	0,86	1,04	0,94	0,81	0,71
40	0,96	1,16	1,01	1,09	0,95	0,84
41	0,82	1,07	1,05	1,04	0,83	0,72
42	0,58	0,88	0,88	0,84	0,83	0,72
43	0,68	0,97	1,04	0,82	0,79	0,67

Πίνακας Δ.22: Πίνακας απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	-15,07	-15,56	-14,84	-12,76	-10,98	-10,31
2	-12,13	-10,69	-11,11	-10,6	-8,68	-9,04
3	-12,84	-11,8	-9,67	-9,91	-8,62	-7,83
4	-11,86	-11,65	-9,88	-9,92	-9,24	-8,04
5	-8,79	-7,95	-7,36	-7,86	-5,33	-4,4
6	-11,09	-9,58	-9,33	-8,35	-5,76	-5,15
7	-12,75	-12,5	-12,14	-11,8	-11,04	-9,96
8	-14,64	-12,46	-12,92	-12,24	-11,06	-10,22
9	-12,83	-13,12	-11,18	-10,95	-10,56	-10,12
10	-9,4	-8,15	-8,25	-7,53	-7,84	-6,72
11	-11,72	-10,49	-9,91	-8,79	-8,03	-6,52
12	-15,48	-14,08	-12,85	-12,67	-9,68	-8,5
13	-16,1	-14,95	-14,32	-12,65	-8,7	-7,81
14	-13,24	-12,38	-12,06	-11,64	-9,6	-11,45
15	-13,02	-11,66	-9,04	-10,8	-9,8	-9,37
16	-12,12	-12,17	-12,69	-10,72	-8,01	-7,28
17	-13,07	-11,55	-10,15	-9,86	-6,41	-5,77
18	-11,31	-10,26	-9,47	-9,17	-7,88	-6,46
19	-10,21	-8,53	-7,8	-8,39	-4,4	-3,15
20	-11,97	-10,55	-8,55	-9,9	-9,43	-9,66
21	-12,67	-13,38	-10,69	-10,35	-9,4	-9
22	-11,64	-9,72	-9,67	-10,29	-9,06	-7,75
23	-11,18	-10,24	-10,18	-10,31	-8,72	-7,06
24	-12,99	-10,79	-11,03	-9,78	-8,45	-7,17
25	-14,58	-13,04	-13,04	-10,1	-10,06	-8,94
26	-15,38	-9,19	-11,5	-10,07	-9,82	-7,87
27	-13,24	-11,35	-12,59	-11,18	-9,46	-7,94
28	-11,33	-7,41	-12,25	-7,57	-10,23	-9,38
29	-14,38	-10,11	-9,74	-9,94	-9,25	-7,96
30	-15,09	-10,57	-9,99	-9,95	-9,65	-9,17
31	-15,32	-13	-10,71	-11,75	-9,74	-9,92
32	-13,85	-8,48	-8,6	-7,92	-7,5	-7,03
33	-11,8	-18,84	-11,86	-11,76	-10,58	-10,86
34	-16,21	-13,02	-11,72	-10,14	-10,06	-10,01
35	-17,34	-12,38	-11,36	-10,75	-9,86	-9,55
36	-11,95	-13,17	-11,2	-11,45	-9,94	-10,36
37	-14,81	-13,6	-12,04	-12,19	-11,38	-9,34
38	-17,57	-16,63	-13,21	-12,39	-11,66	-10,37
39	-14,62	-12,8	-11,49	-12,52	-10,61	-9,52
40	-13,47	-11,99	-10,97	-11,45	-10,22	-9,5
41	-14,07	-11,45	-10,57	-11,44	-10,09	-9,04
42	-9,37	-9,84	-10,17	-11,01	-9,82	-8,61
43	-11,21	-10,39	-9,02	-8,92	-8,22	-7,48

Πίνακας Δ.23: Πίνακας χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων καθώς και το μέσο όρο ανά συχνότητα.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [s]						
Θέσεις μέτρησης	Οκταβικές ζώνες					
	125	250	500	1000	2000	4000
1	1,73	1,55		1,19	1,09	0,95
2			1,5	1,08	1,06	0,95
3	1,66			1,24	1,09	0,93
4	1,57			1,19	1,06	0,92
5		1,56		1,03	0,99	0,9
6	1,32	1,52		1,1	1,01	0,89
7				1,19	1,06	0,93
8		1,58		1,19	1,05	0,96
9				1,15	1,05	0,93
10	1,65			1,17	1	0,9
11	1,56	1,5		1,15	1,04	0,95
12		1,12	1,4	1,26	1,06	0,88
13		1,57		1,19	1,03	0,9
14		1,64		1,16	1,04	0,97
15		1,68		1,23	1,07	0,96
16		1,63		1,1	1,05	0,91
17	1,78	1,59		1,15	1,05	0,92
18				1,18	1,05	0,92
19				1,16	0,98	0,89
20	1,73			1,2	1,08	0,89
21			1,38	1,15	1,05	0,92
22				1,25	1,07	0,93
23			1,41	1,2	1,06	0,91
24	1,64			1,16	1,07	0,92
25		1,54		1,19	1,06	0,94
26	1,33			1,15	1,05	0,91
27				1,21	1,05	0,92
28				1,24	1,11	0,98
29	1,64	1,49		1,16	1,09	0,91
30	1,66			1,16	1,07	0,93
31				1,26	1,07	0,95
32	1,56	1,47		1,18	1,06	0,95
33		1,5		0,99	1,08	0,9
34	1,65			1,2	1,01	0,92
35	1,62	1,56		1	1,05	0,92
36	1,55			1,24	1,05	0,91
37		1,54		1,2	1,07	0,88
38	1,69			1,03	0,94	0,93
39		1,52		1,18	1,08	0,9
40		1,5		1,15	0,91	0,88
41	1,67			1,18	1,06	0,92
42	1,58			1,17	1,05	0,92
43		1,53		1,21	1,04	0,87
M.O.	1,610	1,530	1,423	1,167	1,048	0,920

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε:Ερωτηματολόγιο

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΕ ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΣΚΗΝΕΣ

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. Η άποψή σας διευκρινίζεται ότι καλείστε να κρίνεται 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 εκκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων |-----| Χωρίς εκκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων

Με εκκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων |-----| Χωρίς εκκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων

Με υψηλή ακουστότητα |-----| Με χαμηλή ακουστότητα

Δυσχερής στην ακρόαση |-----| Ευχερής 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
Λαμπρός	—————	Σκοτεινός
Με όγκο	—————	Χωρίς όγκο
Υψηλής αντήχησης	—————	Ξηρός
Απόμακρος	—————	Εγγύς
Πλούσιος	—————	Πτωχός
Με παρουσία θορύβου	—————	Απουσία θορύβου
Στρογγυλεμένος	—————	Αιχμηρός
Με αμεσότητα	—————	Απόμακρος
Με κακή γενική εντύπωση	—————	Με καλή γενική εντύπωση

Ακούω τη φωνή μου:

Άριστα |—————| **Προβληματικά**

Ακούω τις φωνές των άλλων ηθοποιών:

Άριστα |—————| **Προβληματικά**

Λαμβάνω τις αντιδράσεις του ακροατηρίου

Καθόλου |—————| **Με λεπτομέρεια**

Αισθάνομαι ότι η φωνή μου "φθάνει" στο ακροατήριο:

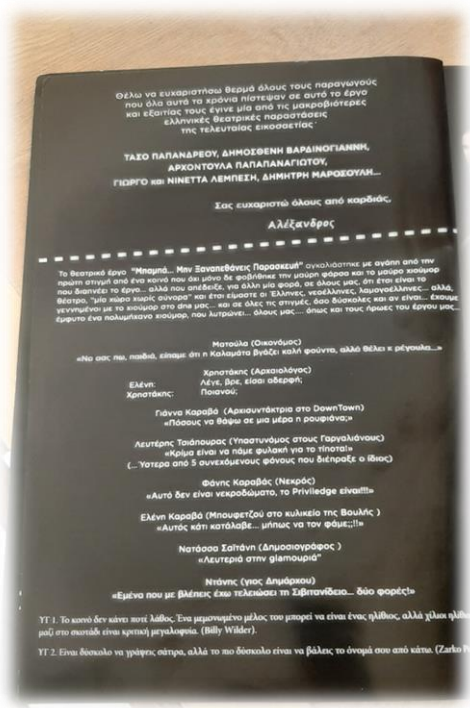
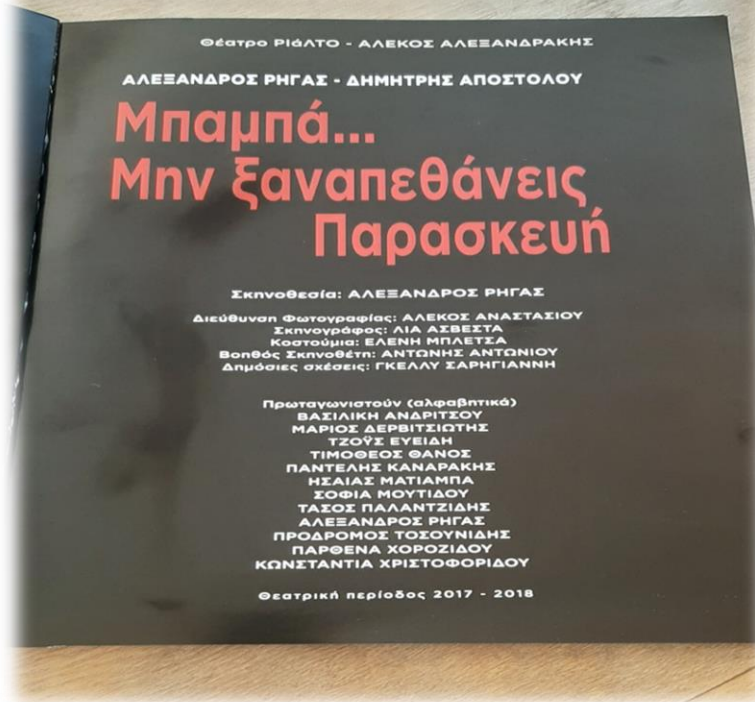
Εύκολα |—————| **Δύσκολα**

Η ακουστική του θεάτρου επηρεάζει την απόδοσή μου:

Πολύ |—————| **Καθόλου**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Προγράμματα Θεατρικών Παραστάσεων και
φωτογραφικό υλικό**

Θέατρο ΡΙΑΛΤΟ

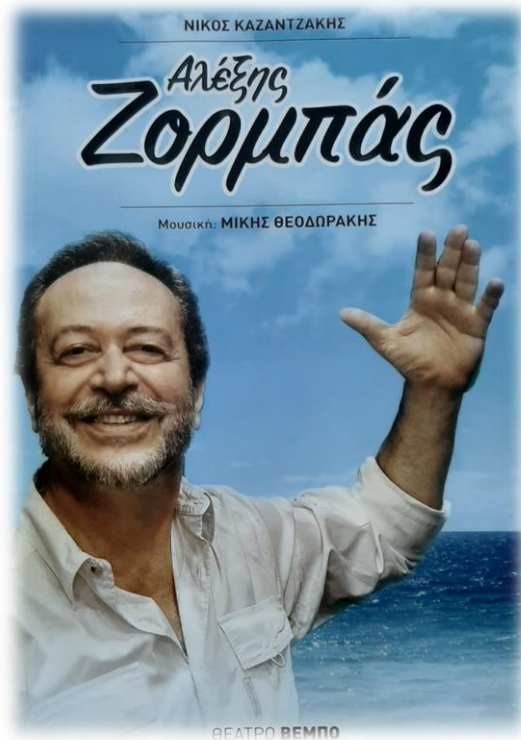








Θέατρο ΒΕΜΠΟ



ΘΕΑΤΡΟ ΒΕΜΠΟ
Καρόλου 18 - τηλ. 210 52 29 519

Φεστιβάλ
Επιχειρηματίας
Τάγαρη

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

Επιπλοκή: Μανόλης Παντελιδάκης
Χορογραφίες: Δημήτρης Παπαζογλου
Κοστούμια: Ντένν Βαχλιώτη
Χοροδιδασκαλία - Μουσική Διδασκαλία: Αλέξιος Πρίφτης
Παιδαγωγοί: Λευτέρης Παυλόπουλος

Πρωτόβλη - Σκηνογραφική Σκηνοθεσία: Βασίλης Σακκής
Καθίσματα Σκηνοθεσία: Παύλος Σακκεκίδης

Χορογραφίες: Γιώργος Καβαλιεράκης
Παλέτα Προγράμματος: Αντώνης Γαλιός
Προγραμματισμός Προγράμματος: Artwork: Κάρλος Πορφύρας

Πρωτόβλη Παραγωγή: Ντόρα Βαλασάκη
Πρωτόβλη Παραγωγή: Αθανάσιος Πασιούλης
Πρωτόβλη Παραγωγή: Μαριέλλα Καζέμια

Πρωτόβλη Παραγωγή: Δημήτρης Μπουράλης
Πρωτόβλη Παραγωγή: Παναγιώτης Φαλιεράκης
Πρωτόβλη Παραγωγή: Νίκος Παπαδόπουλος
Πρωτόβλη Παραγωγή: Τάγιας Σάνια Σέλλιου

Πρωτόβλη Παραγωγή: για τη συμβολή τους
Στίνα Δράκου, τη Χριστίνα Τσουτσουλίδη, τη Μαρία Πετρόπουλο, τη Βίνα Ευστρατιάδου,
Μάρκα και Έννι Γκαζομπίλη, τον Νίκο Βασιλάκη και τη Ρίτα Σίσιου.

Πρωτόβλη Παραγωγή: Θεατρικές επιχειρήσεις Αφαι Τάγαρη ΟΕ εξασφάλισαν από τη Δικαιοσύνη των
έργων του Νίκου Καζαντζάκη και Διευθυντρία των Εκδόσεων Καζαντζάκη,
Ε. Τάγαρου, τα δικαιώματα για το ανέβασμα στο θέατρο του μεγαλειώδους έργου
του Νίκου Καζαντζάκη «Βίος και Πολιτεία του Αλέξη Ζορμπά».

ΝΙΚΟΣ ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗΣ
Αλέξης Ζορμπάς
Μουσική: ΜΙΚΗΣ ΘΕΟΔΩΡΑΚΗΣ
Διασκευή: ΘΑΝΑΣΗΣ ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ - ΜΙΧΑΛΗΣ ΡΕΠΠΑΣ
Σκηνοθεσία: ΣΤΑΜΑΤΗΣ ΦΑΣΟΥΛΗΣ

Πρωταγωνιστούν

Αλέξης Ζορμπάς: Γρηγόρης Βαλτινός
Ορθίνα: Ταμίλα Κουλιέβα
Νίκος: Μέμος Μπεγγής
Χίρα Άννα: Ναταλία Δραγούμη
Παύλος: Ρένος Ρώτας

Μυμνός: ο Τάκης Παπαματθαίου και Μουρνιάννης ο Νίκος Βερλέκης

Γυναικό Μουρνιάννη: Στέλλα Γκίκα
Ηγούμενος: Γρηγόρης Στομούλης
Μανάλας: Γιώργος Παράσχος
Γαρουφαλιά: Άννα Μοναγού

Συμπέτονοι αλφειάτικοι οι:
Κωνσταντίνος Γιουρνάς, Βασίλης Ζαϊφίδης, Βασίλης Λέμπερος,
Αλεξία Μουστάκα, Αρετή Πασαλά, Δέσποινα Πολυκανδριτση,
Μαριλένα Ροζάκη, Αλέξανδρος Σιάτρας, Γιώργος Τσούρμας,
Νικολέττα Χανιωτάκης, Χριστίνα Ψάλτη

Πρώτη Παραστάση: Σάββατο 8 Ιουλίου 2017, Κρήτη



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: 8 Πανελλήνιο Συνέδριο ακουστικής 2016



8^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2016

Αιγάλεω, Οκτώβριος 3-4, 2016

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΣΥΝΕΔΡΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
Α.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ

Χορηγοί Επικοινωνίας

ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΚΤΙΡΙΟ
30
ΕΤΕ

alive
FOR BUSINESS AND SOCIAL INNOVATION
FOR THE PEOPLE & COMMUNITIES

avmentor



Ένωση Ελλήνων Φυσικών

ΤΕΕ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ακουστική απόδοση θεάτρων του νεοκλασικισμού και του μεσοπολέμου στην Αθήνα

Ιωάννης Καραγιάννης^{1,α}, Οδυσσέας Μαργάρης^{2,β}, Ιωάννης Νάκος^{2,γ}, Γεώργιος Ράλλης^{2,δ}, Μανώλης Τρουλλινός^{2,ε}, Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου^{1,2,στ}

¹ Εργαστήριο Ηχοτεχνίας, Σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Τ.Κ.157 80, Τηλ 210 7722303

² Σχολή Πολ. Μηχ/κών ΕΜΠ, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Τ.Κ.157 80, Τηλ. 210 7722309, Fax. 210 7723855

^αmediumswing@hotmail.com, ^βodysseasmar@gmail.com, ^γjannisnak@hotmail.com, ^δrallisgr@gmail.com, ^εmanolis.tr@hotmail.com, ^{στ}alexia@central.ntua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ακουστικές μετρήσεις σε τρεις ιστορικές θεατρικές σκηνές επιβεβαίωσαν την εν γένει καλή ακουστική των, καθώς και τη θετική συμβολή σε αυτήν, αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών όπως οι περιορισμένες αποστάσεις ακροατηρίου-δρώμενων, ο πλούσιος νεοκλασικός διάκοσμος, οι φατνωματικές οροφές, κλπ. Παρόλη τη διαφορετικότητα των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών ανάμεσα στις θεατρικές σκηνές του νεοκλασικισμού και του μεσοπολέμου, αυτά ως επί το πλείστον βρέθηκαν να ικανοποιούν εξ' ίσου τις ανάγκες του ακουστικού σχεδιασμού.

Acoustical performance of drama theatres of neoclassicism and early-20th-century architecture in Athens

ABSTRACT

Acoustic measurements in three historic drama theatres confirmed by and large their satisfactory acoustics. Contribution to acoustics was also confirmed, of architectural features, such as relatively small source-receiver distances, rich neoclassical decoration, coffered ceilings, etc. Despite basic differences in architectural features between neoclassicism and early-20th-century architecture, these were found to satisfy just as well acoustical design requirements.

Εισαγωγή

Η Αθήνα είναι η πόλη στην οποία γεννήθηκε το θέατρο και έχει τις περισσότερες θεατρικές σκηνές στον κόσμο, αφού επίσημα αριθμεί εκατόν σαράντα οχτώ θέατρα (έναντι εκατόν δέκα στο Λονδίνο και ογδόντα στο Παρίσι). Μάλιστα κάθε χρόνο η Ελληνική πρωτεύουσα φιλοξενεί 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.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μεγαλύτερης έρευνας του εργαστηρίου Ηχοτεχνίας της Σχολής Αρχιτεκτόνων του ΕΜΠ, όπου στόχος είναι η καταγραφή του ακουστικού στίγματος θεάτρων της πατρίδας μας από διάφορες περιόδους και η επιρροή των στοιχείων σχεδιασμού τους στην ακουστική τους απόδοση. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται αποτελέσματα από τρεις θεατρικές σκηνές της περιόδου του νεοκλασικισμού και του μεσοπολέμου στην Αθήνα και τον Πειραιά.

1. Σχεδιασμός του πειράματος και μεθοδολογία

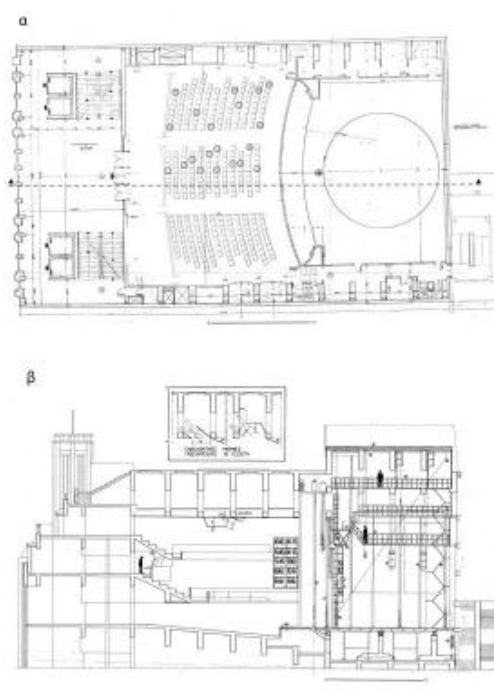
Ακουστικές μετρήσεις έγιναν στην Αθήνα στη θεατρική σκηνή «Μαρίκα Κοτοπούλη» του θεάτρου REX από την εποχή του μεσοπολέμου, και στην κεντρική αίθουσα του Φιλολογικού Συλλόγου «Παρνασσός» από την εποχή του νεοκλασικισμού. Χρησιμοποιήθηκε επίσης το νεοκλασικό Δημοτικό Θέατρο Πειραιώς (Πίν. 1.1 και Σχ. 1.1, 1.2 και 1.3). Από τις τρεις αυτές αίθουσες η πρώτη είναι σχεδιασμένη ως θεατρική σκηνή. Οι άλλες δύο χρησιμοποιούνται για θεατρικές παραστάσεις, αλλά επίσης για όπερα (Δημ. Θέατρο. Πειρ.) και για διαλέξεις, μουσική δωματίου κλπ. («Παρνασσός»). Οι αίθουσες επελέγησαν με βάση την διαθεσιμότητά τους. Διευκρινίζεται ότι η σκηνή «Κοτοπούλη» και το Δημοτικό Θέατρο Πειραιώς έχουν ανακαινισθεί πρόσφατα. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 1.2 και έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία ως αντιπροσωπευτικές για την ακουστική αιθουσών ακρόασης ομιλίας [1,2].

Πίνακας 1.1 Βασικά στοιχεία αιθουσών

Θεατρικές σκηνές	REX- Κοτοπούλη	Παρνασσός	Δημ. Θέατρο Πειρ.
Περίοδος	μεσοπολέμου	νεοκλασικισμός	νεοκλασικισμός
Ημερ/νία ανέγερσης και πρόσφατης ανακαίνισης	1937,1988	1890,-	1895,2008
Όγκος [m ³]	4130	2300	5570
Θέσεις	638	450	496

Όγκος ανά άτομο [m ³]	6.47	5.11	11.23
Πλάτος [m]	23.00	15.76	19.27
Μήκος [m]	16.56	19.66	19.27
Ύψος [m]	11.68	7.80	15.00
RTmid* [s]	1.25	1.30	1.30

*: στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο 500, 1000 Hz), χωρίς ακροατήριο



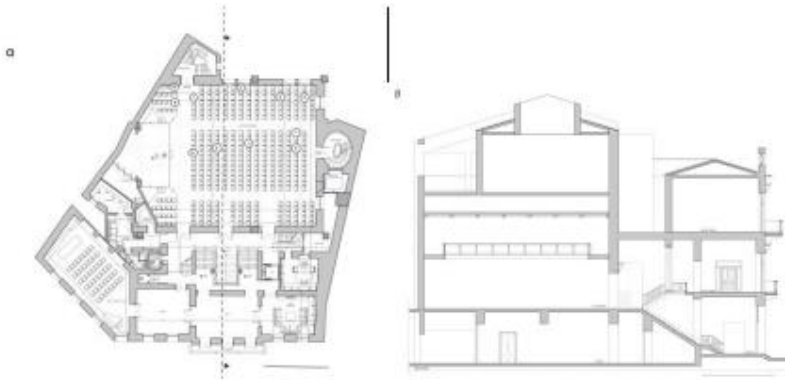
γ.



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

8^ο ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2016, ΑΙΓΑΛΕΩ

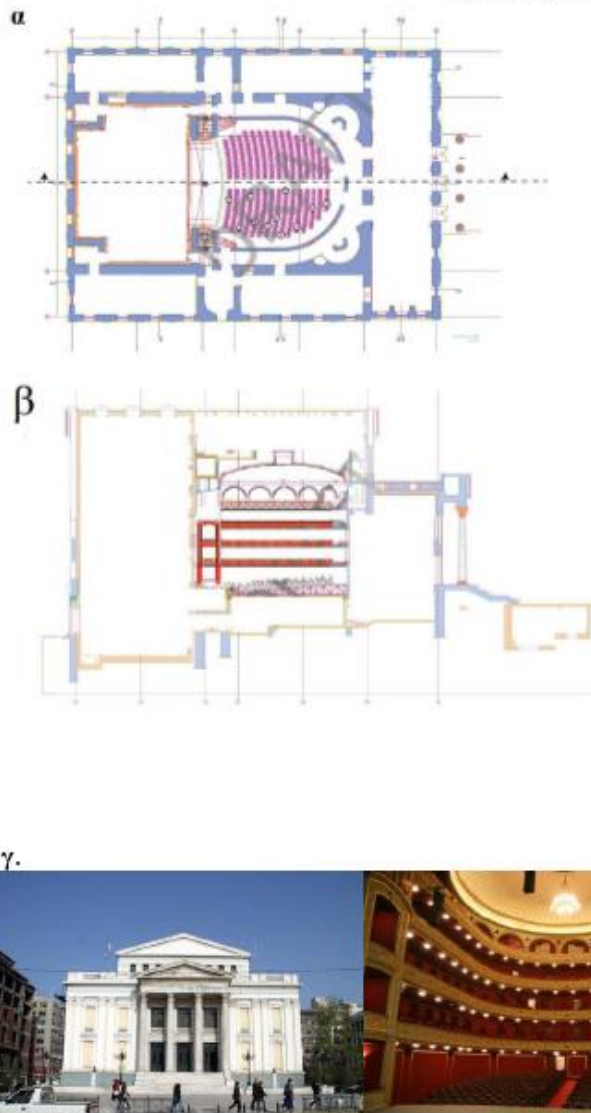
Σχήμα 1.1 Θέατρο REX – Σκηνή Κοτοπούλη. α) Κάτοψη β) Τομή γ) Γενική άποψη του θεάτρου. ○ : θέσεις μέτρησης. ⊕ : ηχητική πηγή.



γ.



Σχήμα 1.2 Φιλολογικός Σύλλογος «Παρναςός» . α) Κάτοψη β) Τομή γ) Γενική άποψη του θεάτρου. ○ : θέσεις μέτρησης. ⊕ : ηχητική πηγή.



Σχήμα 1.3 Δημοτικό Θέατρο Πειραιά. α) Κάτοψη β) Τομή γ) Γενική άποψη του θεάτρου. ○ : θέσεις μέτρησης. ⊕ : ηχητική πηγή.

Πίνακας 1.2 Φυσικές παράμετροι

Φυσική παράμετρος	Συμβολισμός	Μονάδες μέτρησης
Χρόνος αντήχησης	RT	[s]

Απόσβεση του ήχου	G	[dB]
Κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων	D50	-
Θόρυβος βάθους	L _{Aeq}	[dBA]

2. Διεξαγωγή μετρήσεων – Ανάλυση – Αποτελέσματα

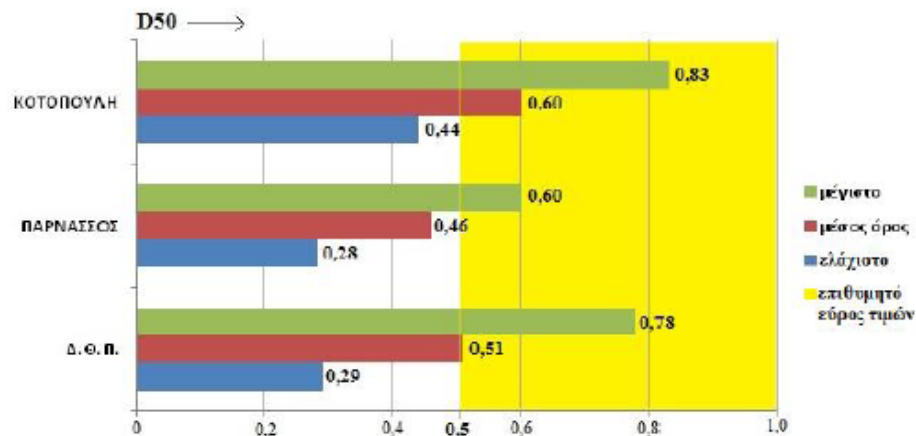
Οι ακουστικές μετρήσεις έγιναν χωρίς ακροατήριο σύμφωνα με τα σχετικά ISO και με σύγχρονο εξοπλισμό της Brüel & Kjær. Χρησιμοποιήθηκαν μονοφωνικές εγγραφές της απόκρισης της αίθουσας σε απλή κυματομορφή (impulse response) με τη βοήθεια ισότροπης ηχητικής πηγής στη θέση της σκηνής. Διάφορες θέσεις μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε αίθουσα (Σχ. 1.1, 1.2 και 1.3).

Οι μετρήσεις διενεργήθηκαν στις οκταβικές ζώνες από 125 Hz έως 4000 Hz με τη βοήθεια του λογισμικού Dirac. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα στις μεσαίες συχνότητες (500Hz, 1000 Hz), με εξαίρεση τις μετρήσεις του Χρόνου αντήχησης που δίδονται σε όλο το φάσμα (Πίν. 2.1 και Σχ. 2.1, 2.2 και 2.3).

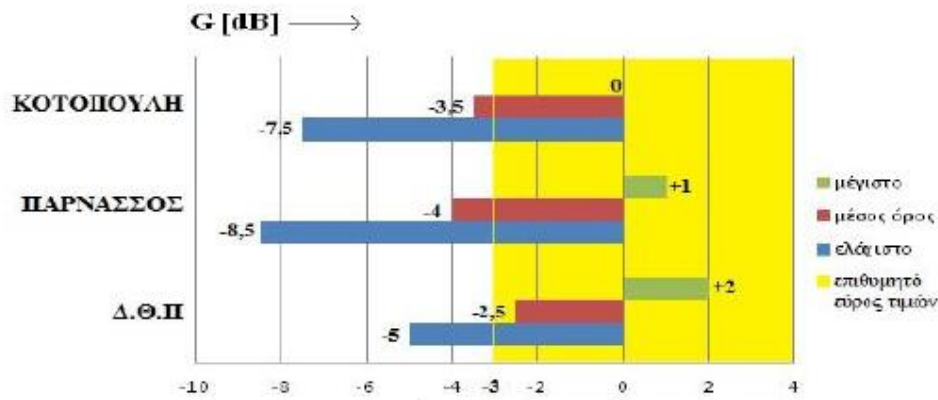
Πίνακας 2.1 Μετρήσεις Θορύβου βάθους αιθουσών

Θέατρα	REX	Παρνασσός	Δημ. Θέατρο Πειρ.
L _{Aeq} *[dBA]	31,5	34,0	30,0

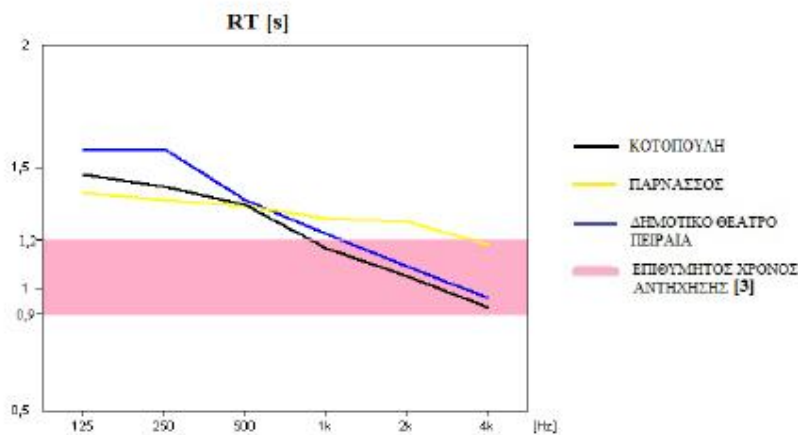
*: υιοθετείται ως μέγιστο ανεκτό όριο θορύβου το NC (Noise Criterion) 25 dB που ισοδυναμεί με 31dBA.



Σχήμα 2.1 Μετρήσεις Κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (D50) στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο. 500 Hz, 1000 Hz). Επιθυμητή τιμή ≥ 0.50 [2].



Σχήμα 2.2 Μετρήσεις της Απόσβεσης του συνολικού ήχου (G), στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο. 500 Hz, 1000 Hz). Τιμή αναφοράς (0 dB) είναι η στάθμη της ηχητικής πηγής στα πρώτα καθίσματα. Επιθυμητή τιμή $\geq -3dB$ [2].



Σχήμα 2.3 Μετρήσεις Χρόνου αντήχησης.

3. Ερμηνεία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Η σύγκριση των μετρήσεων με τις βέλτιστες τιμές για το Χρόνο αντήχησης (Σχ. 2.3), έδειξε ότι οι τιμές ευρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων, με εξαίρεση την περιοχή των μπάσων όπου παρατηρούνται σχετικά υψηλές τιμές. Αυτό το εύρημα επιβεβαιώνει το γεγονός ότι οι αίθουσες και ιδιαίτερος το Δημ. Θέατρο Πειρ. και η σκηνή «Κοτοπούλη» εν γένει διαθέτουν ηχοαπορροφητικές επενδύσεις κυρίως με πορρώδη υλικά.

Επίσης για το D50, οι μετρήσεις ευρίσκονται ως επί τον πλείστον εντός των αποδεκτών ορίων, δηλαδή ικανοποιείται το κριτήριο καταληπτότητας της ομιλίας (Σχ. 2.1). Μερικά αρχιτεκτονικά στοιχεία που ερμηνεύουν-συμβάλλουν σε αυτό είναι τα ακόλουθα. Για τη σκηνή «Κοτοπούλη» είναι προφανές ότι: πρώτον, οι πλευρικές ανακλαστικές παρειές της αίθουσας είναι ο κύριος παράγων τροφοδοσίας του ακροατηρίου σε πρώιμες ανακλάσεις και, δεύτερον, παρ' όλο το λιτό εσωτερικό κέλυφος της αίθουσας, η φατνωματική οροφή αυτής και των εξωστών της συνεισφέρουν διάχυτο ήχο που εμπλουτίζει τις πρώιμες κατοπτρικές ανακλάσεις. Αντίθετα προς την αίθουσα του μεσοπολέμου, στο Δημ. Θέατρο Πειρ. και στον «Παρνασσό» πλούσιο διάχυτο ήχο συνεισφέρει ο έντονος νεοκλασικός διάκοσμος.

Ένα επί πλέον αρχιτεκτονικό στοιχείο που συμβάλλει στις ικανοποιητικές τιμές του D50 είναι και η διάταξη του ακροατηρίου σε μικρές αποστάσεις από τα δρώμενα χάρις και στους εξώστες που διαθέτουν οι παρούσες αίθουσες. Οι περιορισμένες αποστάσεις εξάλλου σε συνδυασμό και με την απαραίτητη μόνο ηχοαπορρόφηση του χώρου μπορούν να ερμηνεύσουν και την ικανοποιητική διατήρηση της στάθμης του συνολικού ήχου που μετρήθηκε στις τρεις αίθουσες (Σχ. 2.2). Οι μετρήσεις έγιναν χωρίς ακροατήριο, παρ' όλα αυτά γίνεται η ρεαλιστική παραδοχή ότι η ηχοαπορρόφηση των κενών καθισμάτων είναι παρόμοια με την απορρόφηση των κατειλημμένων.

Τέλος, ο Θόρυβος βάθους βρέθηκε εντός των ανεκτών ορίων για δύο από τις τρεις αίθουσες που μετρήθηκαν (Πιν. 2.1). Μολονότι και οι τρεις αίθουσες διαθέτουν παχιές τοιχοποιίες, (λιθοδομές κλπ.), ο «Παρνασσός» είναι εκτεθειμένος στον αστικό θόρυβο, λόγω των ανοιγμάτων που διαθέτει σε μία από τις πλευρές του (Σχ. 1.2). Αντίθετα, οι άλλες δύο αίθουσες είναι προστατευμένες από τον εξωτερικό θόρυβο χάρις στους ουδέτερους χώρους που τις περιβάλλουν (ζώνες ανάσχεσης) (Σχ. 1.1, 1.3). Επί πλέον, το κτίριο του θεάτρου REX είναι εντεταγμένο στο συνεχές σύστημα δόμησης, με αποτέλεσμα μόνο η πρόσοψη αυτού να είναι εκτεθειμένη στην αστική ηχορρύπανση.

4. Συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός ηχοπροστασίας (ζώνες ανάσχεσης, παχιές τοιχοποιίες βαρέως τύπου, κλπ.) των παραπάνω ιστορικών αιθουσών εν γένει ικανοποιεί τις απαιτήσεις του σύγχρονου ακουστικού σχεδιασμού για την αντιμετώπιση της αστικής ηχορρύπανσης.

Οι νεοκλασικές αίθουσες της μελέτης (Δημ. Θέατρο Πειρ. και «Παρνασσός») ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της ακουστικής για θεατρικές παραστάσεις μολονότι έχουν σχεδιαστεί και για διαφορετικές χρήσεις, κυρίως λόγω των περιορισμένων αποστάσεων του ακροατηρίου από τα δρώμενα και του πλούσιου

νεοκλασικού διακόσμου των που συνεισφέρει διάχυτο ήχο. Εκ παραλλήλου, το λιτό κέλυφος της αίθουσας του μεσοπολέμου που εξετάστηκε, συνεισφέρει χρήσιμες ανακλάσεις, ενώ ο χώρος δεν υστερεί και σε διάχυτο ήχο χάρις κυρίως στην φωνηματική οροφή που τον γεφυρώνει.

Εν κατακλείδι, παρ' όλη τη διαφορετικότητα των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών ανάμεσα στις θεατρικές σκηνές του νεοκλασικισμού και του μεσοπολέμου, αυτά βρέθηκαν να ικανοποιούν εξ ίσου τις αρχές ακουστικού σχεδιασμού. Μολονότι τα συμπεράσματά μας εξάγονται με βάση τη σημερινή κατάσταση των αιθουσών (τελευταία ανακαίνιση), εν τούτοις θεωρούμε ότι αυτή δεν απέχει σημαντικά από τις βασικές επιλογές του αρχικού σχεδιασμού.

5. Ευχαριστίες

Ευχαριστίες εκφράζονται στον Κοσμήτορα της Σχολής Πολ/κών Μηχ/κών ΕΜΠ καθηγητή κ Δημήτρη Κουτσογιάννη για τη στήριξη στο έργο μας. Μέρος της παρούσας μελέτης εκπονήθηκε στο πλαίσιο επί διπλώματι εργασίας των σπουδαστών της Σχολής Πολ/κών Μηχ/κών ΕΜΠ Ο. Μαργάρη, Ι. Νάκου, Γ. Ράλλη και Εμ. Τρουλλινού.

6. Αναφορές

[1] Σωτηροπούλου, Α., (2016). *Ακουστικός σχεδιασμός χώρων ακροατηρίου*. [ηλεκτρ. βιβλ.]: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Αθήνα. Διαθέσιμο στο <http://hdl.handle.net/11419/5850>

6. [2] Barron, M. (1993). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. E & FN SPON, London.

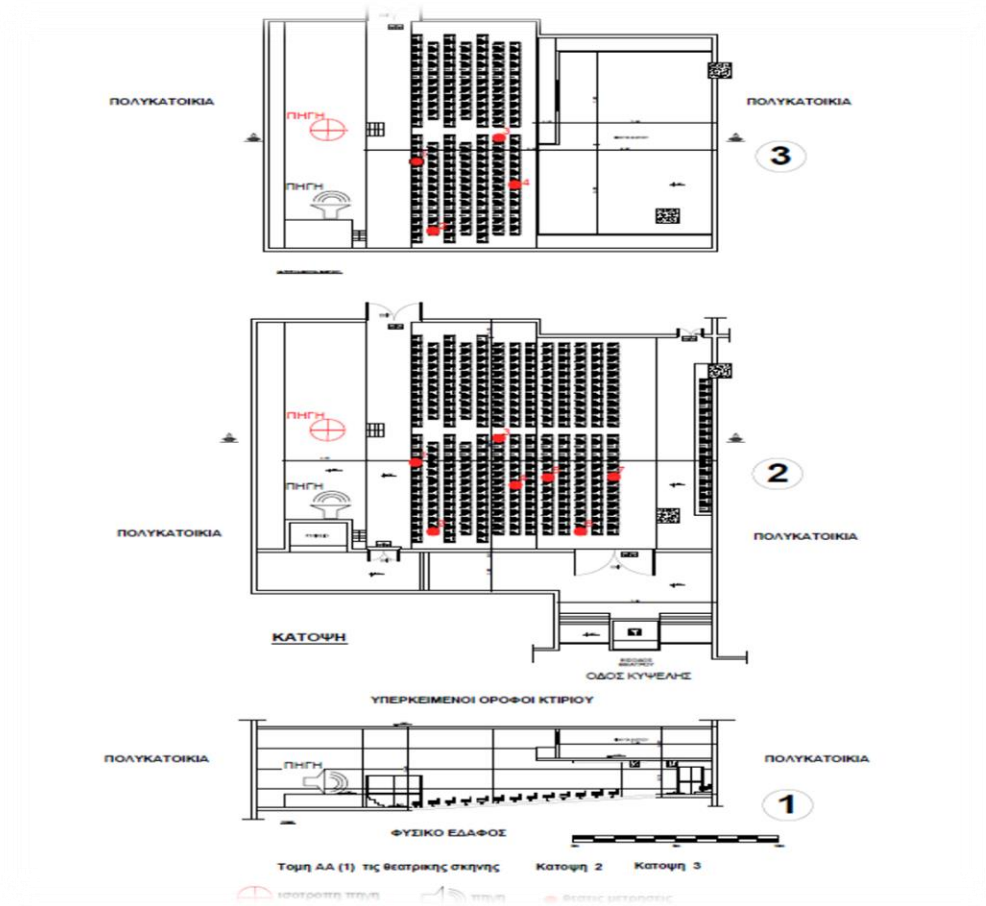
7. [3] Cremer L., Muller H.A., Schultz T.J. (1982). *Principles and Applications of Room Acoustics*, Vol. II. Applied Science Publ., London & N. York.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: Απεικόνιση των φυσικών μετρήσεων συνοπτικά μαζί με θέατρα προγενέστερης μελέτης [29]

INTODRUCTION

Thirteen theatres for early studies [29]. (Diplom thesis of Στάυρος Βουγίουκας , Παναγιώτης Μπαλιακας, School Civil Eng. Tech .Univ. Athens).Are illustrated below together with the Vembo and Rialto Theatres of the present studies.

Unparticular results for acoustic measurements are show



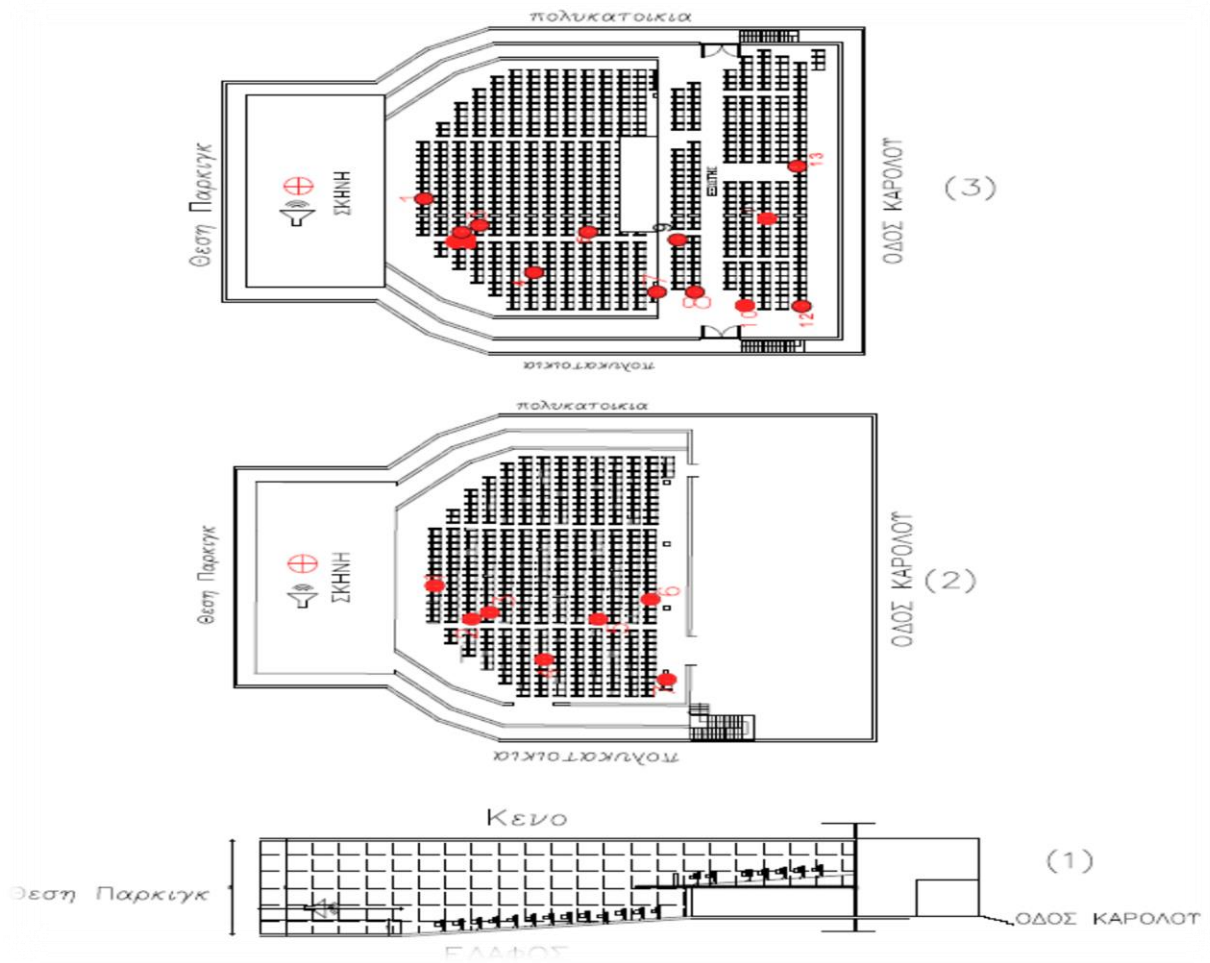
(5)



(4)

Fig 8 Pallas Rialto
 1: Long section 2 : Theatre plan 3 : Theatre plan,

⊕ : Omni directional sound source 🗣️ : Directional sound source
 • : Test positions, 4: Inside view, 5: Outside view
 :



5

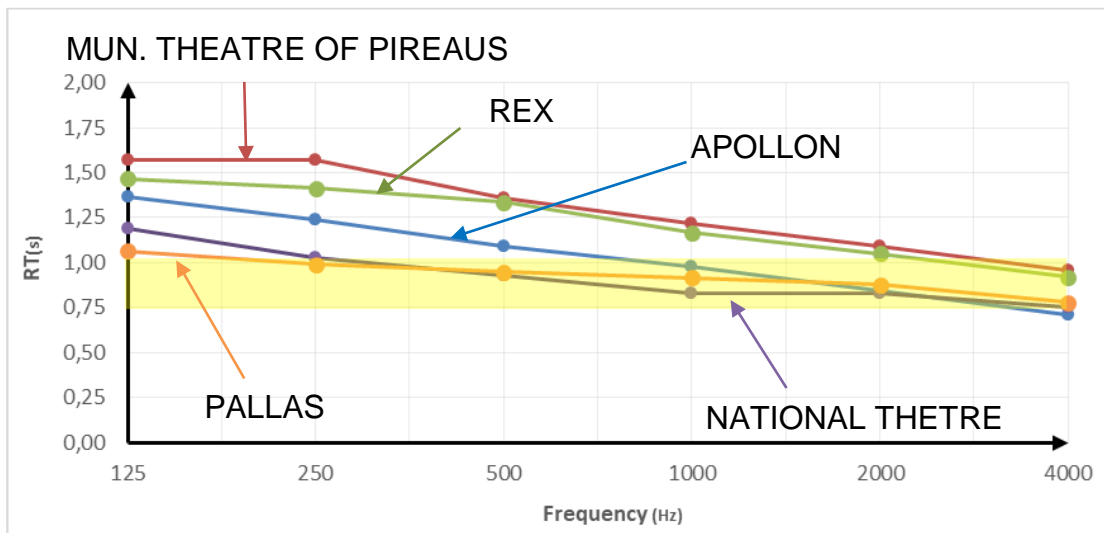
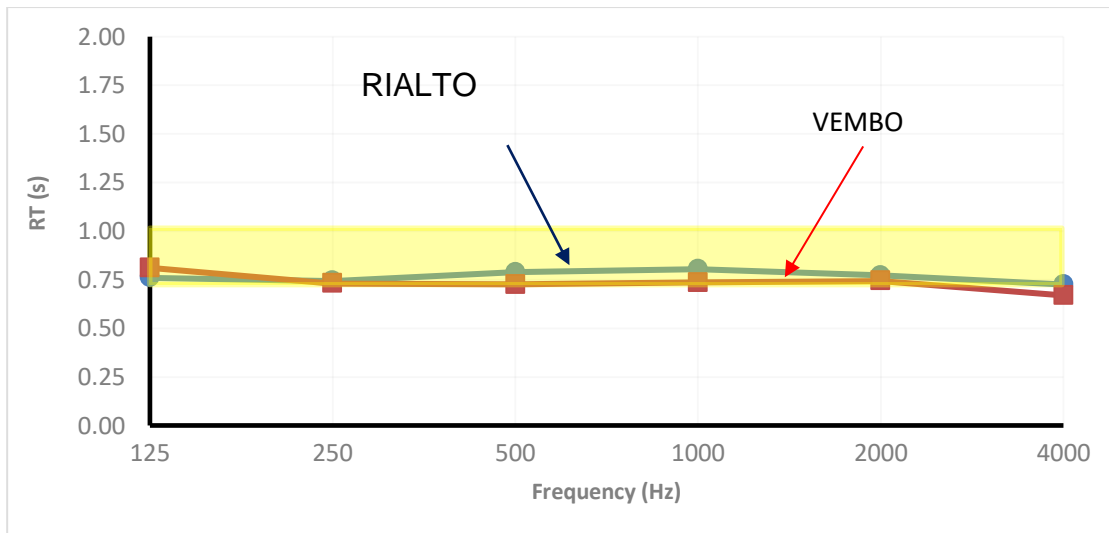


4

Fig 9 Pallas Bempo

1: Long section, 2 : Theatre plan 3 : Theatre plan

⊕ Omni directional sound source, Directional sound
 • : Test positions, 4: Inside view, 5: Outside view



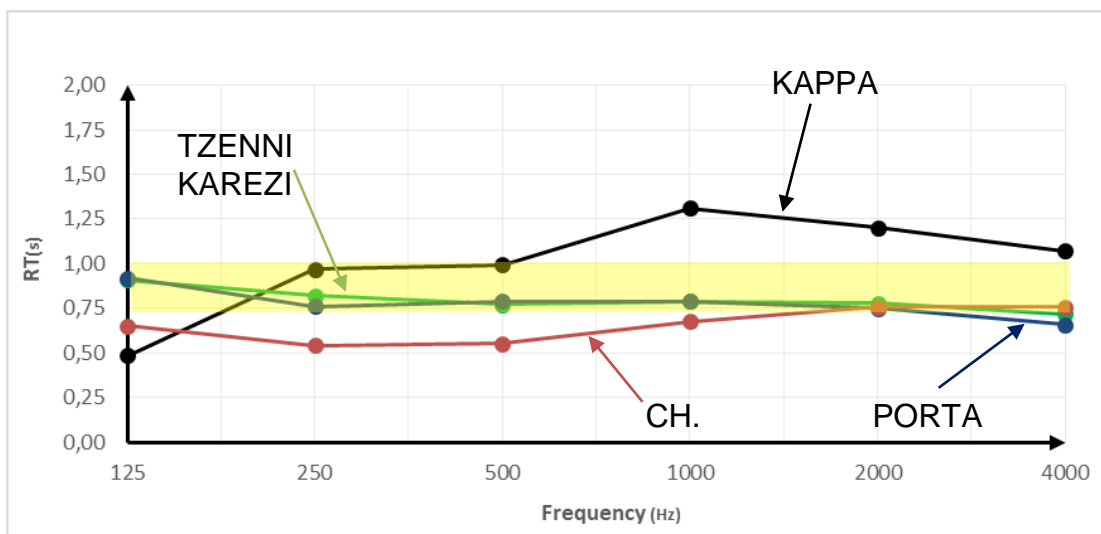
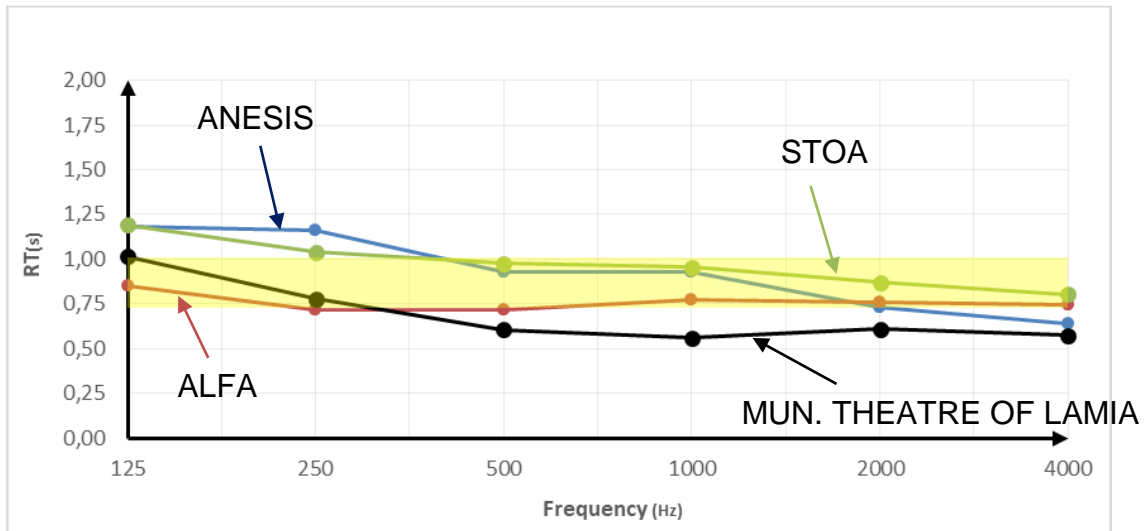


Fig. 8: Measurements of the Reverberation Time in test theatres.

— Recommended values.

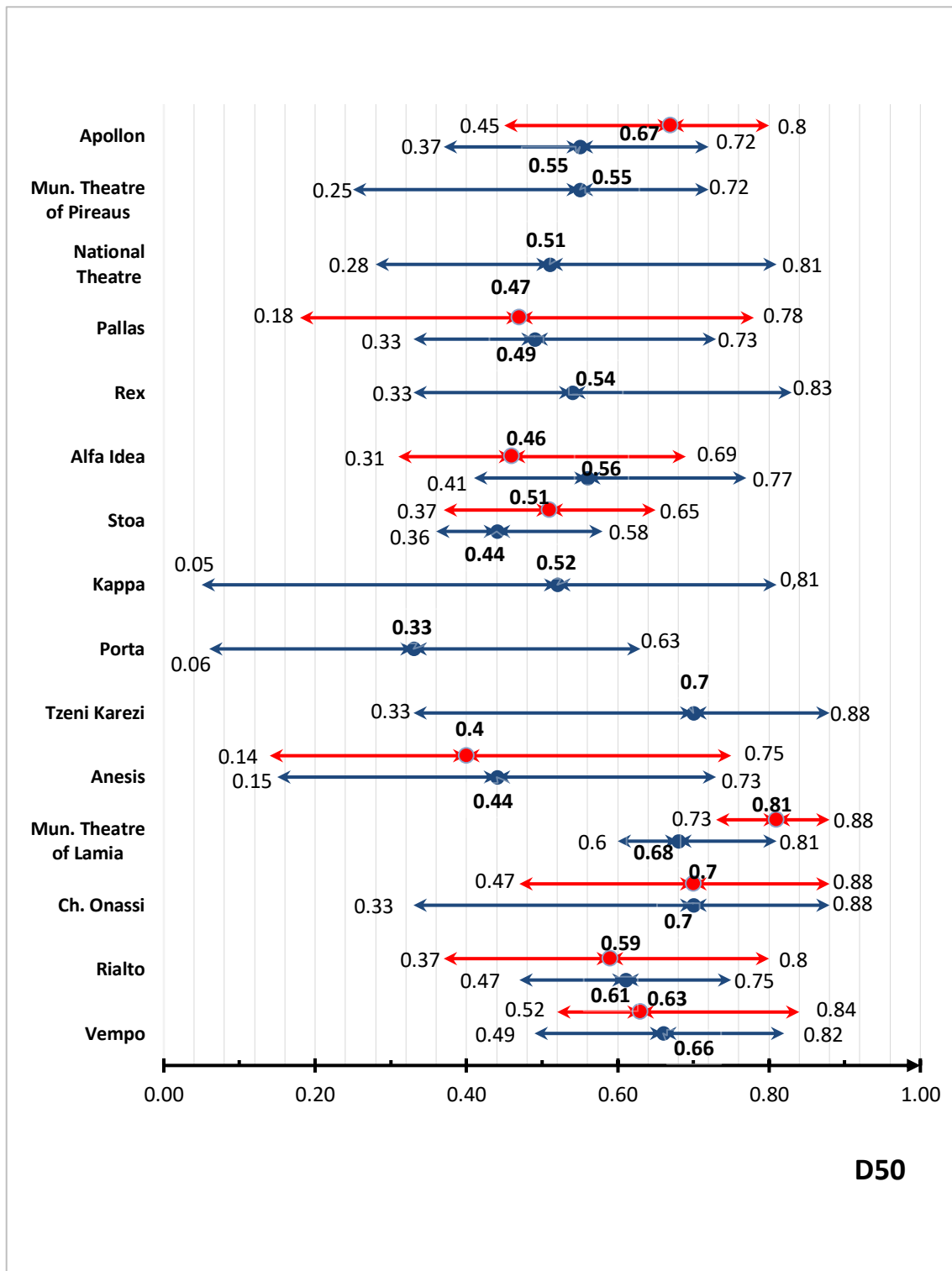


Fig. 9: Measurements of the 50ms early energy fraction (50EEF) for mean octave bands 125, 250. The range and mean value is given.

— : omnidirectional source, — : directional source. *The criterion value is ≥ 0.50 .*

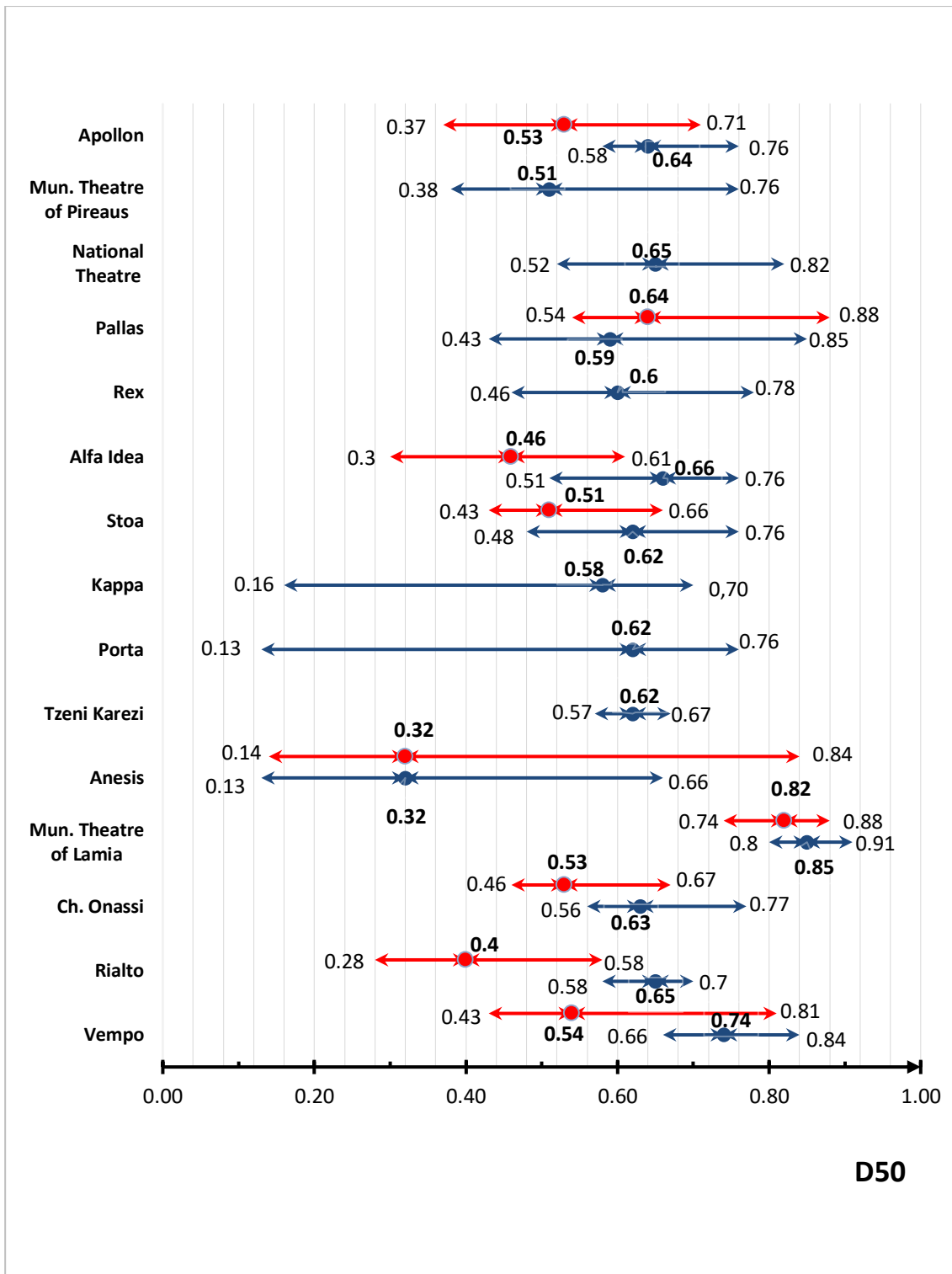


Fig. 10: Measurements of the 50ms early energy fraction (50EEF) for mean octave bands 500, 1000. The range and mean value is given.

— : omnidirectional source, — : directional source. *The criterion value is ≥ 0.50 .*

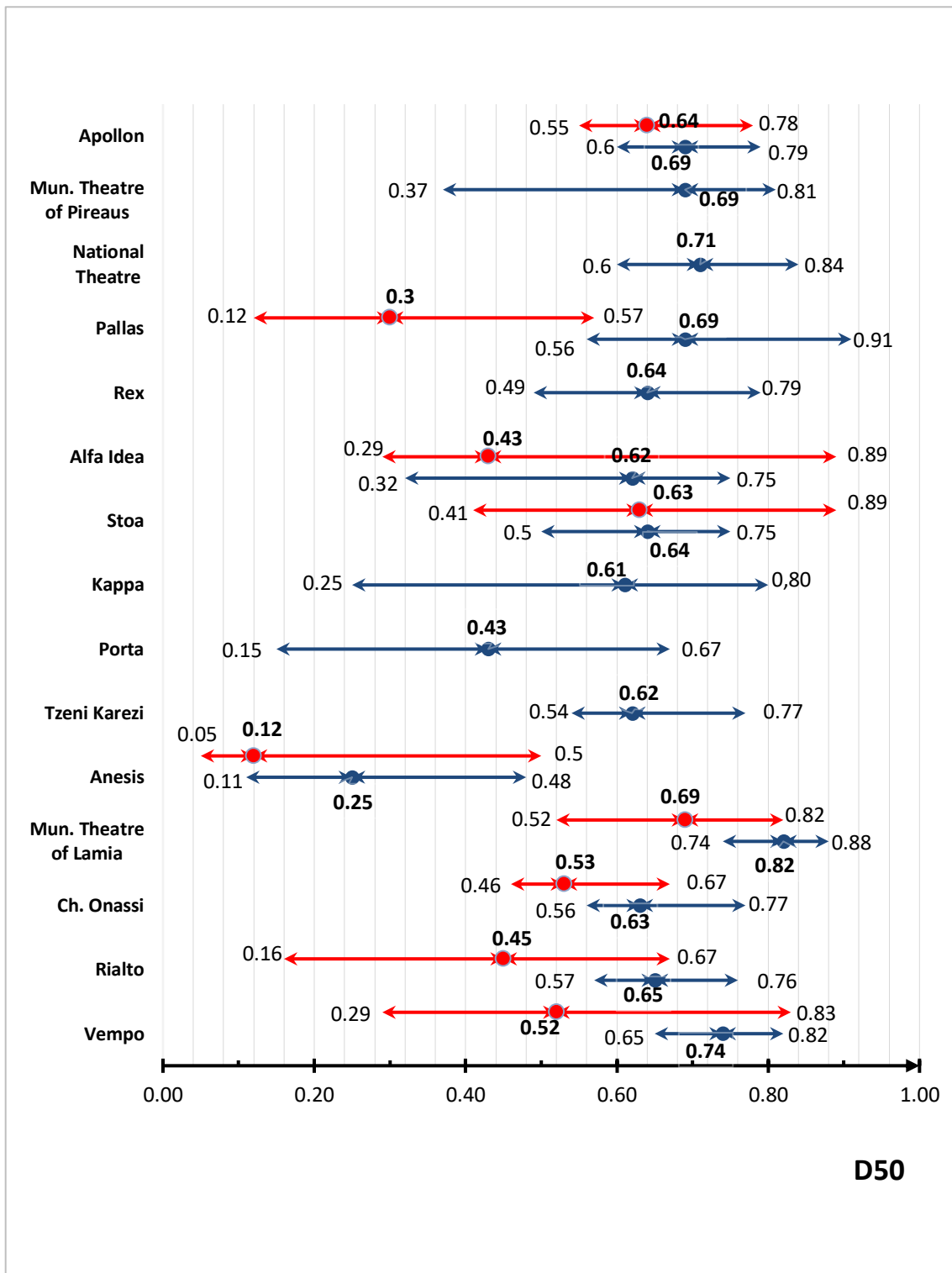


Fig. 11: Measurements of the 50ms early energy fraction (50EEF) for mean octave bands 2000, 4000. The range and mean value is given.
 — : omnidirectional source, — : directional source. *The criterion value is ≥ 0.50 .*

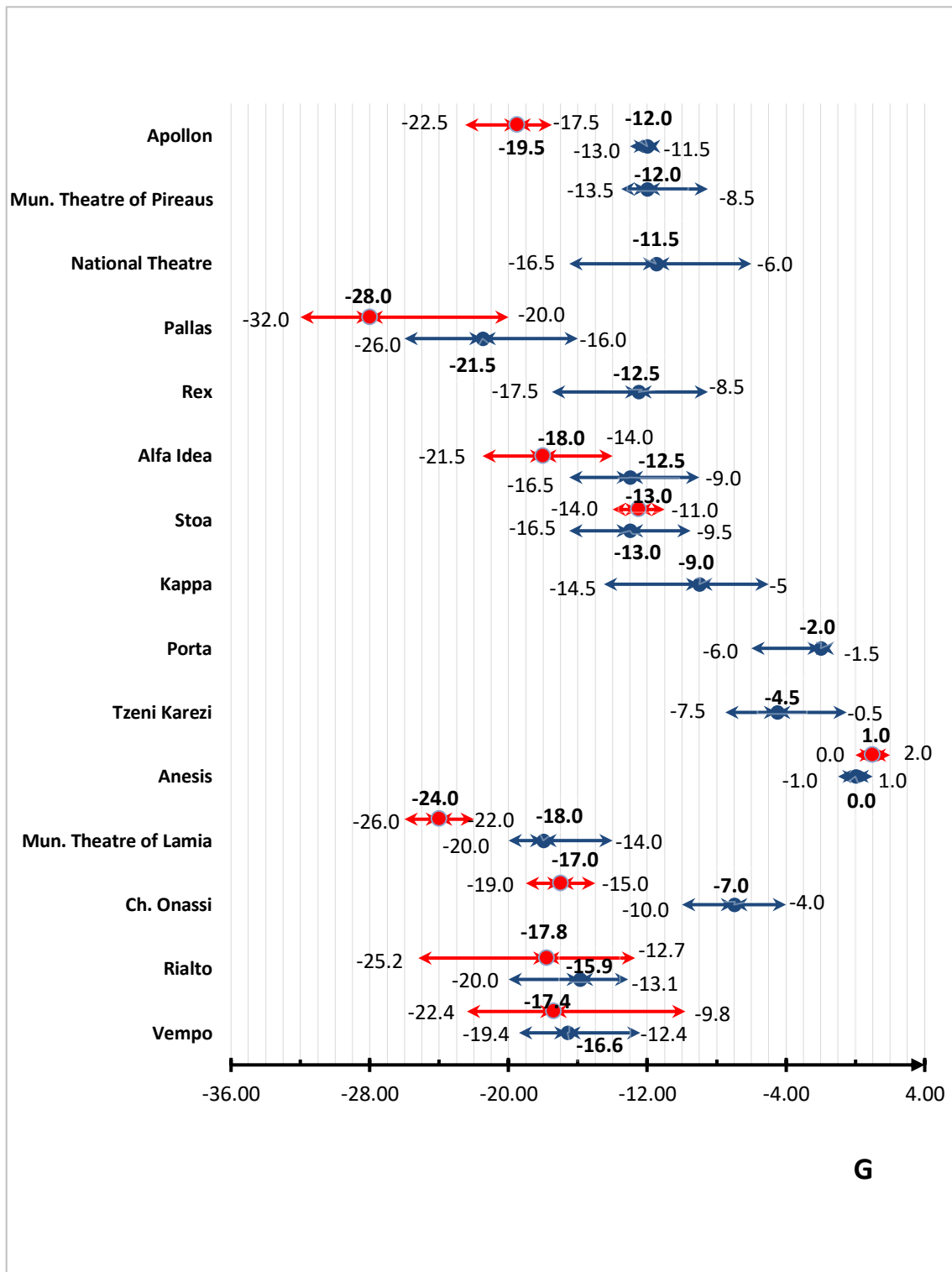


Fig. 12: Measurements of the speech sound level L_{Re} speech level at 1 m. from source (G) for mean octave bands 125, 250. The range and mean value is given.

:

— omnidirectional source, — directional source. The criterion value is ≥ -11 dB.

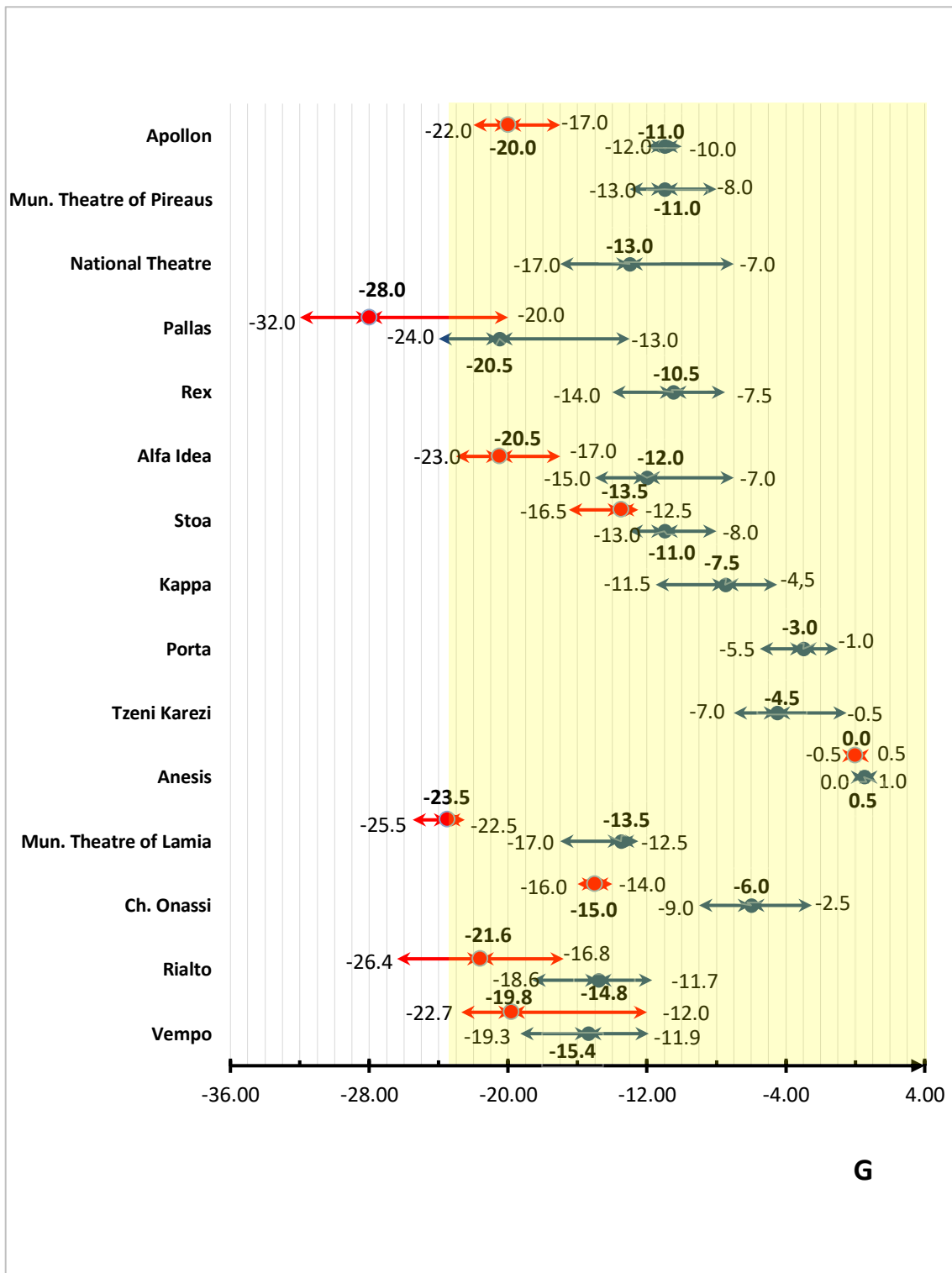


Fig. 13: Measurements of the speech sound level R_e speech level at 1 m. from source (G) for mean octave bands 500, 1000. The range and mean value is given. :

— omnidirectional source, — directional source. The criterion value is $\geq -23,5$ dB.

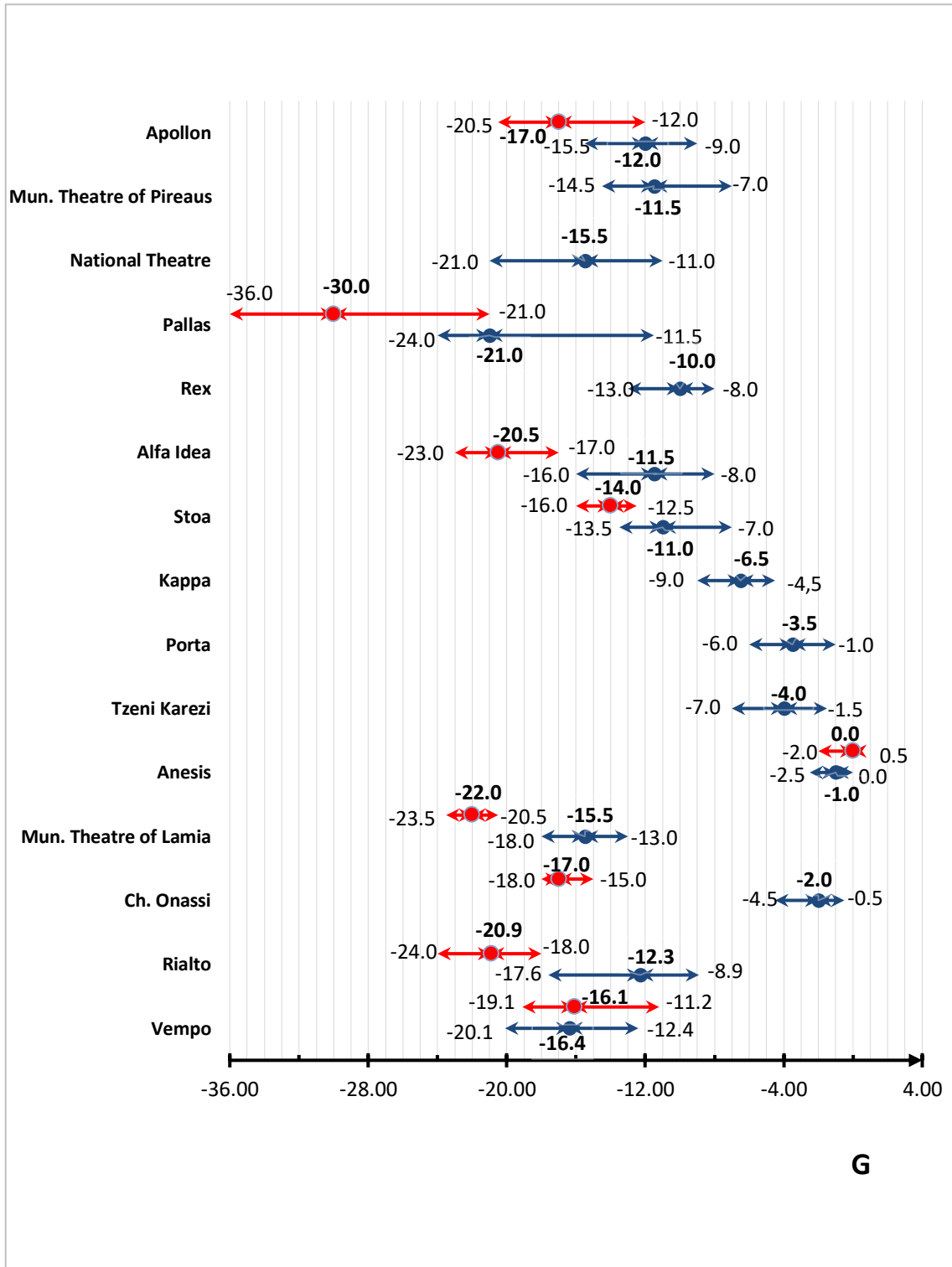


Fig. 14: Measurements of the speech sound level R_e speech level at 1 m. from source (G) for mean octave bands 2000, 4000. The range and mean value is given. :

— omnidirectional source, — directional source. The criterion value is $\geq -18,5$ dB.

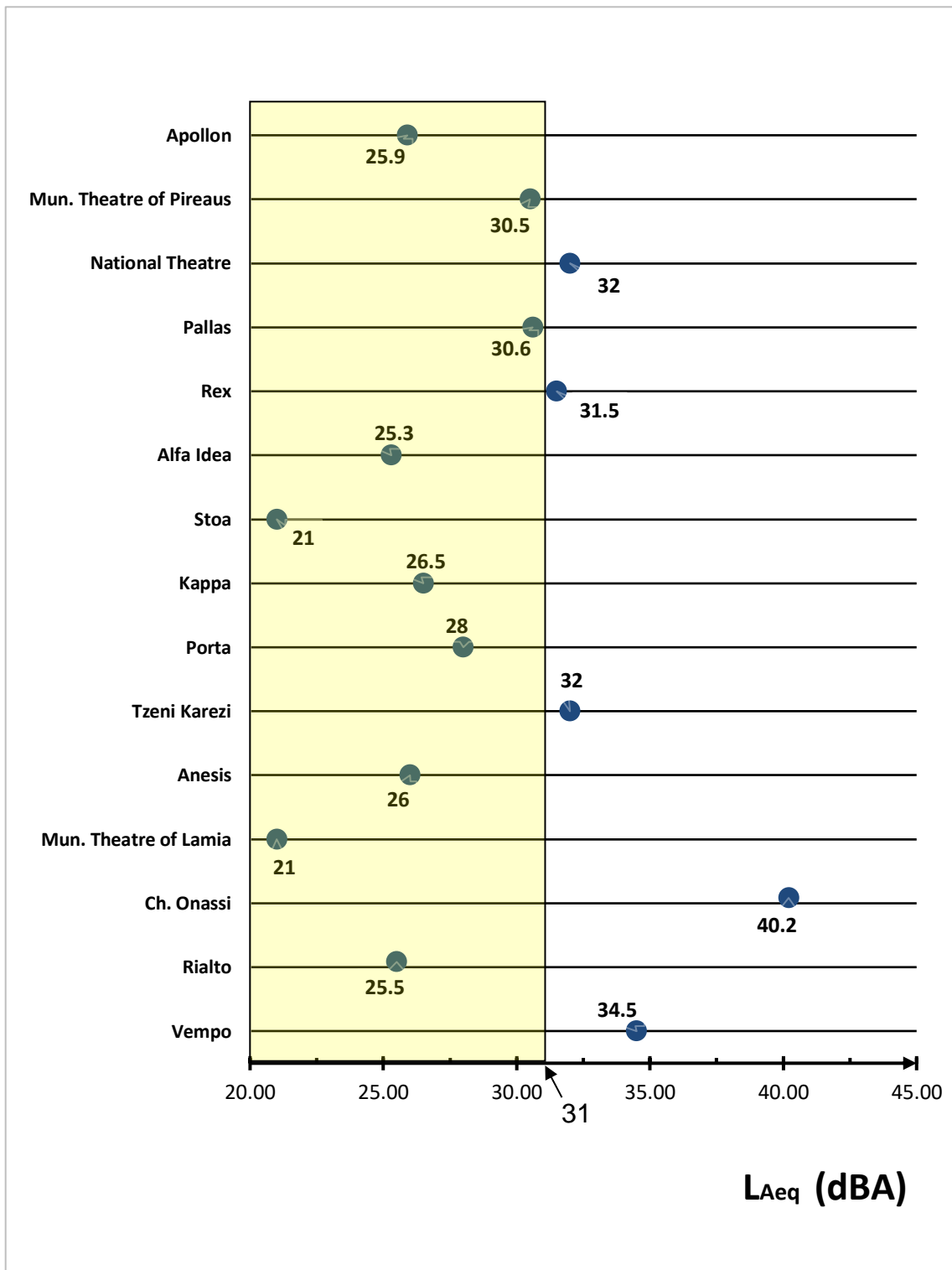


Fig. 15: Measurements of the background noise level in test theatres (LAeq), with air-conditioning system turned off. *Criterion value is ≤ 31 dBA.*