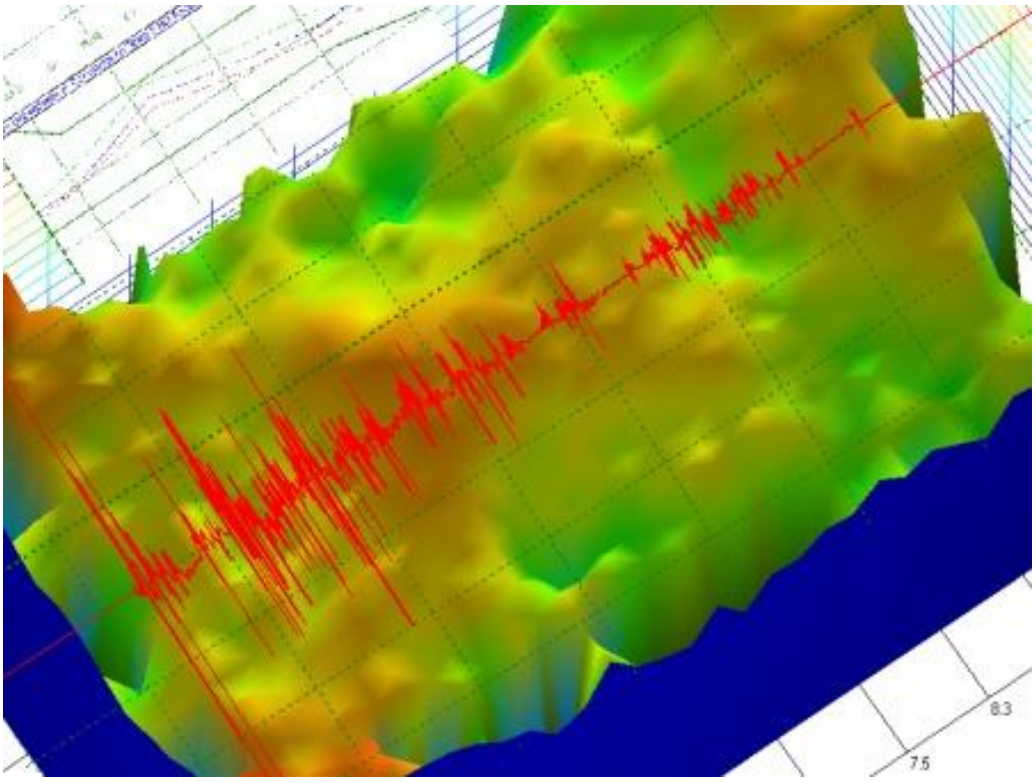
ΜΕΛΕΤΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΧΩΡΩΝ
ΜΟΥΣΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΙΟΝΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΡΚΥΡΑ



ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ

Γ. ΚΑΜΠΟΥΡΑΚΗΣ

Ι. ΜΑΡΙΝΟΣ

Κενή σελίδα

Εισαγωγή

Το Τμήμα Μουσικών Σπουδών είναι από τα βασικότερα και πλέον φημισμένα του Πανεπιστημίου, σε όλη την Ελλάδα και όχι μόνο, και χρήζει οπωσδήποτε ικανών εγκαταστάσεων για τη διεκπεραίωση του άκρως εξειδικευμένου έργου του, δεδομένου ότι οι χώροι του πρέπει να ανταποκρίνονται πλήρως στις σύγχρονες απαιτήσεις λειτουργίας και ακουστικής.

Συνήθως οι μουσικές ιδιότητες των κτιρίων γίνονται αντιληπτές από τους διδάσκοντες την διεύθυνση (και τους φοιτητές), εκ των υστέρων αφού πολύ σπάνια συμμετέχουν στην διαδικασία σχεδίασης και κατασκευής. Σε πολλές περιπτώσεις βρίσκονται προ εκπλήξεων, ιδιαίτερα όταν η ακουστική βρίσκεται σε χαμηλότερη προτεραιότητα από άλλες παραμέτρους σχεδίασης και κατασκευής.

Θα προσπαθήσουμε να δώσουμε παρακάτω τις βασικές παραμέτρους που απαιτούνται και πρέπει να είναι σε γνώση των εμπλεκομένων, ώστε το αποτέλεσμα να είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις των σύγχρονων κτιρίων μουσικής εκπαίδευσης. Αυτές οι βασικές αρχές διευκολύνουν και την επικοινωνία των εντελλόντων προς τους εντεταλμένους να υλοποιήσουν το έργο. Τα βασικά θέματα που θα εξετασθούν εν συντομία παρακάτω είναι

* Η ακουστική εσωτερικών δωματίων και αιθουσών
* Ο ακουστικός διαχωρισμός μεταξύ χώρων
* Η ακουστική των μεγάλων αιθουσών

Η προσπάθεια του μελετητή είναι να ικανοποιήσει όσον το δυνατόν περισσότερες από τις παρακάτω απαιτήσεις ακουστικής και ηχομονώσεως που έχουν προκύψει από μελέτες αλλά και την εμπειρία των μουσικών. Σε μερικές περιπτώσεις, εν τούτοις, υπάρχουν περιορισμοί που τίθενται από τις απαιτήσεις του εγκεκριμένου κτιριολογικού προγράμματος και τους πολεοδομικούς κανονισμούς οι οποίοι υποχρεωτικά οδηγούν σε συμβιβαστικές λύσεις. Σε κάθε περίπτωση η ακουστική και η λειτουργικότητα των χώρων όπου συμβαίνουν μουσικά γεγονότα είτε στο επίπεδο διδασκαλίας ή/και παραστάσεων έχουν προτεραιότητα έναντι άλλων σχεδιαστικών παραμέτρων, έτσι ώστε το αποτέλεσμα να εξυπηρετεί την ευόδωση του βασικού στόχου, που είναι η άρτια εκπαιδευτική δραστηριότητα του μουσικού παν/μιου.

Ακουστική παραστάσεων

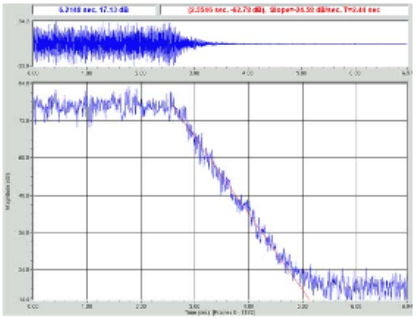
Στην συντριπτική τους πλειοψηφία οι αίθουσες συναυλιών των μουσικών πανεπιστημίων ανήκουν στην κατηγορία των αιθουσών πολλαπλών χρήσεων. Στις αίθουσες αυτές δίνονται κονσέρτα και ρεσιτάλ διαφόρων τύπων, παίζουν μπάντες πνευστών, τζαζ, κρουστών αλλά και σύνολα μουσικής δωματίου, όπου κάθε εκδήλωση χρειάζεται την δική της ακουστική. Το ακροατήριο, οι κριτικοί, οι διδάσκοντες και οι συντελεστές της παράστασης αντιλαμβάνονται το ακουστικό περιβάλλον και το αξιολογούν αν και σε ορισμένες περιπτώσεις η ακουστική του χώρου χρεώνεται στους συντελεστές της παράστασης ασυνείδητα. Οι σχεδιαστικοί στόχοι θα πρέπει να προβλέπουν την αναγκαιότητα της διαφοροποίησης της ακουστικής, πράγμα που απαιτεί την αξιολόγηση των ακουστικών μεγεθών σύμφωνα με τις κύριες χρήσεις των αιθουσών.

Σχέση μήκους πλάτους

Η έννοια της μουσικής «παρουσίας» (presence) σχετίζεται με την ακολουθία αφ' ενός μεν του κατ' ευθείαν ήχου από τους εκτελεστές προς το ακροατήριο και των πρώτων ανακλάσεων που φθάνουν στα αυτιά των ακροατών κυρίως από τους πλευρικούς τοίχους και δευτερευόντως από την οροφή. Ο έλεγχος της μουσικής παρουσίας γίνεται από την σχέση μήκους πλάτους της αίθουσας. Οι προτεινόμενοι λόγοι είναι 3:2 και 2:1. Αν δηλαδή το μήκος της αίθουσας είναι 30 μ τότε το πλάτος της θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 20 και 15 μ. Παρ' όλον ότι σε ακραίες περιπτώσεις πολύ μεγάλων ή πολύ μικρών αιθουσών υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν, εν τούτοις αυτός ο γενικός κανόνας ισχύει.

Όγκος σε κυβ. μέτρα

Ο χρόνος αντήχησης μιας αίθουσας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ακουστική της (δεν πρέπει να συγχέεται με την μουσική «παρουσία»). Τα διάφορα είδη παραστάσεων έχουν διαφορετικές απαιτήσεις χρόνου αντήχησης. Αν το είδος παράστασης δεν είναι καθορισμένο εκ των προτέρων τότε ο όγκος της αίθουσας θα πρέπει να επιτρέπει την φιλοξενία των παραστάσεων με την μεγαλύτερη απαίτηση σε χρόνο αντήχησης.



Σχ.1 *Στην εικόνα φαίνεται η μέτρηση του χρόνου αντήχησης μιας αίθουσας. Η συγκεκριμμένη έχει Χ.Α 2.44 sec στο μεσαίο Do.*

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι απαιτήσεις όγκου ανά άτομο (συμπεριλαμβανομένων και των εκτελεστών) ανά είδος παράστασής.

Είδος Παράστασης	Απαιτ. Όγκος ανά άτομο (μ3)
Χορωδίες και ορχήστρες	8-11
Μπάντες πνευστών, σύνολα κρουστών	8-9
Jazz	7-8
Εκκλησ. Όργανο	17-22

Στην περίπτωση πολλαπλών χρήσεων η αίθουσα διαστασιολογείται για την μεγαλύτερη απαίτηση (εξαιρείται η περίπτωση του Εκκλησιαστικού οργάνου) αλλά θα πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να μπορεί να μειωθεί ο χρόνος αντήχησης στις εκδηλώσεις που χρειάζεται τέτοια μείωση. Επιτρέπονται εξώστες μικρού βάθους (3-5 σειρών καθισμάτων) όχι όμως μεγάλου βάθους.

Ακουστική «ζεστασιά» (warmth)

Αυτό το χαρακτηριστικό μιας αίθουσας παραστάσεων επηρεάζεται κυρίως από την μάζα των τοίχων και της οροφής και έχει άμεση σχέση με την απόκριση της αίθουσας στις χαμηλές συχνότητες. Το ειδικό βάρος αυτών των επιφανειών επιλέγεται έτσι ώστε να ενδυναμώνει την ακουστική ενέργεια σε αυτές τις συχνότητες ανάλογα με την χρήση της αίθουσας. Τα υλικά που ενδείκνυνται έχουν μεγάλο ειδικό βάρος όπως το μπετόν, πέτρες, τούβλα συμπαγή, ή ξύλο πάχους περίπου 5 εκ στηριζόμενο σε συμπαγή τοίχο.
Μία αίθουσα με «διάχυτο» πεδίο ήχου χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη μουσική απόκριση και ένταση. Η ακουστική διάχυση επιτυγχάνεται α) από γεωμετρική μη κανονικότητα των τοίχων και της οροφής της β) με εξώστες θεωρεία κ.λπ. γ) ειδικά στοιχεία διάχυσης (τα οποία ανεβάζουν το κόστος) δ) συνδυασμό των προηγουμένων. Όσον αφορά το θέμα της διάχυσης υπάρχουν πολλές αντιμετωπίσεις και αξιολογήσεις σχετικά με την σπουδαιότητα αυτού του χαρακτηριστικού.

Ακουστική «σαφήνεια» (clarity)

Η ακουστική σαφήνεια θεωρείται από πολλούς εξίσου σημαντική με τον πλούτο των ανακλάσεων μιας αίθουσας. Η σαφήνεια αριστοποιείται συνήθως με την χρήση κατάλληλης κλίσης του πατώματος της αίθουσας ή της δημιουργίας αναβαθμών στον χώρο του ακροατηρίου. Η κλίση αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση από τους εκτελεστές. Μικρές κλίσεις δίνουν λιγότερη σαφήνεια.

Τύπος Μέτρησης	**Μετρήσεις**	**Επίδραση**
Χρόνοι Απόσβεσης	T_{60} Χρόνος αντήχησης.	Έχει Φυσική Σημασία
	EDT, αρχικός χρόνος απόσβεσης	Έχει υποκειμενική σημασία
Δύναμις (Strength) Ήχου	G, Δύναμις	Η επίδραση του χώρου στις στάθμες ήχου
Μετρήσεις Σαφήνειας	D_{50} Προσδιορισμός	Σαφήνεια λόγου
	C_{50} Σαφήνεια	
	C_{80} Σαφήνεια	Σαφήνεια Μουσικής
	T_s Κέντρο ήχου	
Χωρικές Εντυπώσεις	LF_{early}, αρχικό κλάσμα ηχητικής ενέργειας. $IACC_{early}$, αρχική διωτική συσχέτιση (Early Inter-Aural Cross Correlation)	Φαινόμενο εύρος πεδίου πηγής.
	GLL, Μεταγενέστερη Πλευρική στάθμη ήχου	Εμβάπτιση ακροατή (στο ηχητικό πεδίο)

Πίνακας μετρουμένων παραμέτρων ακροατηρίου σύμφωνα με το πρότυπο ISO3382-1

Μεταβλητή ακουστική

Στην περίπτωση αιθουσών με όγκο επιλεγμένο για την χρήση με τον μεγαλύτερο χρόνο αντήχησης, προκύπτει από τους χρήστες η ανάγκη μείωσης του, στην περίπτωση εκδηλώσεων όπου χρειάζεται μικρότερος. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται όταν υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της ηχοαπορροφητικότητας των περιμετρικών επιφανειών με

αποκάλυψη ηχοαπορροφητικών υλικών με διάφορους μηχανισμούς, ή την χρήση κινητών πετασμάτων.
Εν γένει η ρύθμιση του χρόνου αντήχησης δεν είναι σχεδόν ποτέ αρκετή ειδικά στην περίπτωση εκδηλώσεων Jazz, ηλεκτρονικής ή pop μουσικής. Το «ιδανικό» θα ήταν να υπάρχει κάλυψη πολύ μεγάλου μέρους των πλευρικών τοίχων με ηχοαπορροφητικά υλικά (περίπου 50%) και με δυνατότητα κάλυψης ή αποκάλυψης τους. Στην περιοχή των εκτελεστών η μεταβλητή ακουστική μπορεί να επιτευχθεί με βαριές κουρτίνες ή αναδιπλούμενες επιφάνειες με ηχοαπορροφητικά υλικά.
Εν γένει οι υπολογισμοί πρόβλεψης ακουστικής συμπεριφοράς των χώρων είναι προσεγγιστικοί. Έτσι η καλύτερη τακτική είναι να μετρηθούν οι χώροι όπου απαιτείται πολύ καλή ακουστική συμπεριφορά και να διορθωθούν αν απαιτείται.

Ακουστικές απαιτήσεις εκκλησιαστικού οργάνου

Στην περίπτωση που στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων φιλοξενείται εκκλησιαστικό όργανο, θα είναι λάθος να σχεδιαστεί η αίθουσα για τις ανάγκες του οργάνου, αφού κάτι τέτοιο θα δημιουργούσε κακές ακουστικές συνθήκες για όλες τις άλλες εκδηλώσεις.
Έτσι η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων που θα φιλοξενήσει το όργανο είναι δύσκολο να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του αφού θα πρέπει

- ⇒ Να έχει τοίχους με μεγάλη μάζα δοθέντος ότι η χαμηλή συχνότητα του οργάνου (30 Hz) μπορεί να προκαλέσει συντονισμούς οι οποίοι θα δώσουν ανεπιθύμητα ακουστικά αποτελέσματα (το ύψος του αυλού των 30 Hz είναι λίγο παραπάνω από 10μ και αυτό πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν για την σχεδίαση της αίθουσας).
- ⇒ Το όργανο θα πρέπει να είναι μικρό σε σχέση με το μέγεθος της αίθουσας ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση εκκωφαντικού ήχου. Στην καλύτερη περίπτωση θα πρέπει η αίθουσα να έχει μεγάλο μήκος μικρό πλάτος και μεγάλο ύψος με το όργανο τοποθετημένο στο ένα άκρο. Οι σωλήνες του οργάνου και η εν γένει κατασκευή του είναι ισχυρά ηχοαπορροφητικά, οπότε η τοποθέτηση μεγάλου οργάνου στο μέσον μικρής αίθουσας εγγυάται κακές παραστάσεις.
- ⇒ Να έχει μεγάλη διάχυση ειδικά στους τοίχους πίσω από το ακροατήριο.
- ⇒ Να έχει υλικά με ελάχιστη ηχοαπορροφητική ικανότητα.

Είναι προφανές ότι θα πρέπει να υπάρξουν συμβιβαστικές σχεδιαστικές λύσεις ώστε η λειτουργία του οργάνου να εξυπηρετείται επαρκώς με κατάλληλες ρυθμίσεις της ακουστικής της αίθουσας κατά περίπτωση.

Οι χώροι εκμάθησης, εξάσκησης, πρόβας, παρουσίασης στα μουσικά πανεπιστήμια απαιτούν ιδιαίτερη αντιμετώπιση. Οι ακουστική των συνηθισμένων αιθουσών που σχεδιάζονται για εξυπηρέτηση του λόγου δεν μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες μουσικών μαθημάτων, μελέτης και εξάσκησης πολύ δε περισσότερο την εκτέλεση μουσικών δρωμένων με σύνολα μεγάλα ή μικρά. Οι ανάγκες της μουσικής εκπαίδευσης όσον αφορά στις συχνότητες αλλά και την δυναμική περιοχή είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες της συνήθους διδασκαλίας κυρίως όσον αφορά στον όγκο του δωματίου και στην ηχομόνωση του.

Αίθουσες διδασκαλίας

Οι αίθουσες διδασκαλίας εξυπηρετούν

- Θεωρητικά μαθήματα
- Μαθήματα με μουσικά όργανα

Οι αίθουσες θεωρητικών μαθημάτων δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τις συνήθεις αίθουσες διδασκαλίας πανεπιστημιακών ιδρυμάτων πλην του γεγονότος ότι θα πρέπει να έχουν πολύ καλή ακουστική ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση ή αναπαραγωγή μουσικών παραδειγμάτων.

Όσον αφορά στις αίθουσες διδασκαλίας μουσικών οργάνων αυτές απαιτούν σοβαρή ηχομόνωση και καλή ακουστική ανάλογα με το είδος οργάνων που φιλοξενούν. Το είδος των οργάνων συνήθως υπαγορεύει και τα πρωτογενή υλικά ή υλικά επενδύσεων της αίθουσας.

Χώροι Πρόβας

Αν ο όγκος του δωματίου δεν είναι επαρκής η ακουστική του συμπεριφορά μπορεί να είναι είτε πολύ έντονη (πολύ δυνατός ήχος) είτε με μεγάλη αδράνεια στις ηχητικές μεταβολές. Όσον αφορά στους χώρους πρόβας η ελάχιστη επιφάνεια σε τετραγ. μέτρα είναι περίπου 18 για χορωδία και 25 για ορχήστρες ή μπάντες, ενώ το αντίστοιχο ύψος θα πρέπει να είναι 5-6,5 μ για τις χορωδίες και 6-7,5μ για ορχήστρες ή άλλα σύνολα.

Αν ο όγκος δεν είναι αρκετός τα ακουστικά προβλήματα δεν αντιμετωπίζονται εύκολα εκ των υστέρων.
Ο ακουστικός όγκος και το ύψος του δωματίου είναι σημαντικά μεγέθη ώστε να δίνουν την απαιτούμενη «παρουσία» (presence) και επαρκή χρονοκαθυστέρηση. Για να ακούσει σωστά ο μουσικός τον ήχο που παράγει όχι μόνο από το όργανό του αλλά και από τον χώρο απαιτείται ελάχιστη χρονοκαθυστέρηση 30 ms, έτσι για τον καθήμενο μουσικό η απόσταση από το αυτί του μέχρι την οροφή θα πρέπει να είναι 5μ για να υπάρχει η απαιτούμενη χρονοκαθυστέρηση.

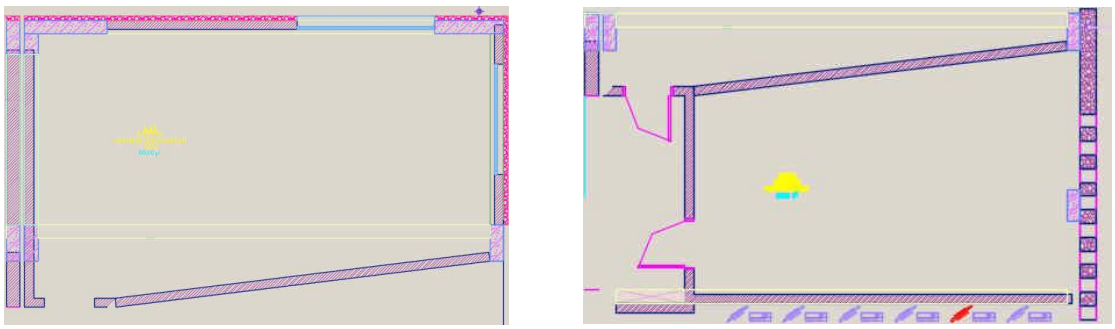


Ο χρόνος αντήχησης στα δωμάτια πρόβας κυμαίνεται από 0,8-1,0 sec για ορχήστρες/ μπάντες και περίπου 1,3 για τις χορωδίες.
Οι αίθουσες με πολύ δυνατό ήχο (ελλιπής όγκος) εκτός από μαθησιακά προβλήματα συνήθως ενοχοποιούνται για την μόνιμη απώλεια ακοής εφ' όσον υπάρχει έκθεση των ενοίκων τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα (π.χ. διδάσκοντες).

Δεδομένου ότι οι χώροι πρόβας θα έπρεπε κανονικά να έχουν παρόμοια ακουστική με την αίθουσα συναυλίας είναι σκόπιμο να έχουν ελάχιστο εμβαδόν 180 τ.μ για τις χορωδίες και 250 τ.μ. για ορχηστρικά σύνολα και μπάντες.

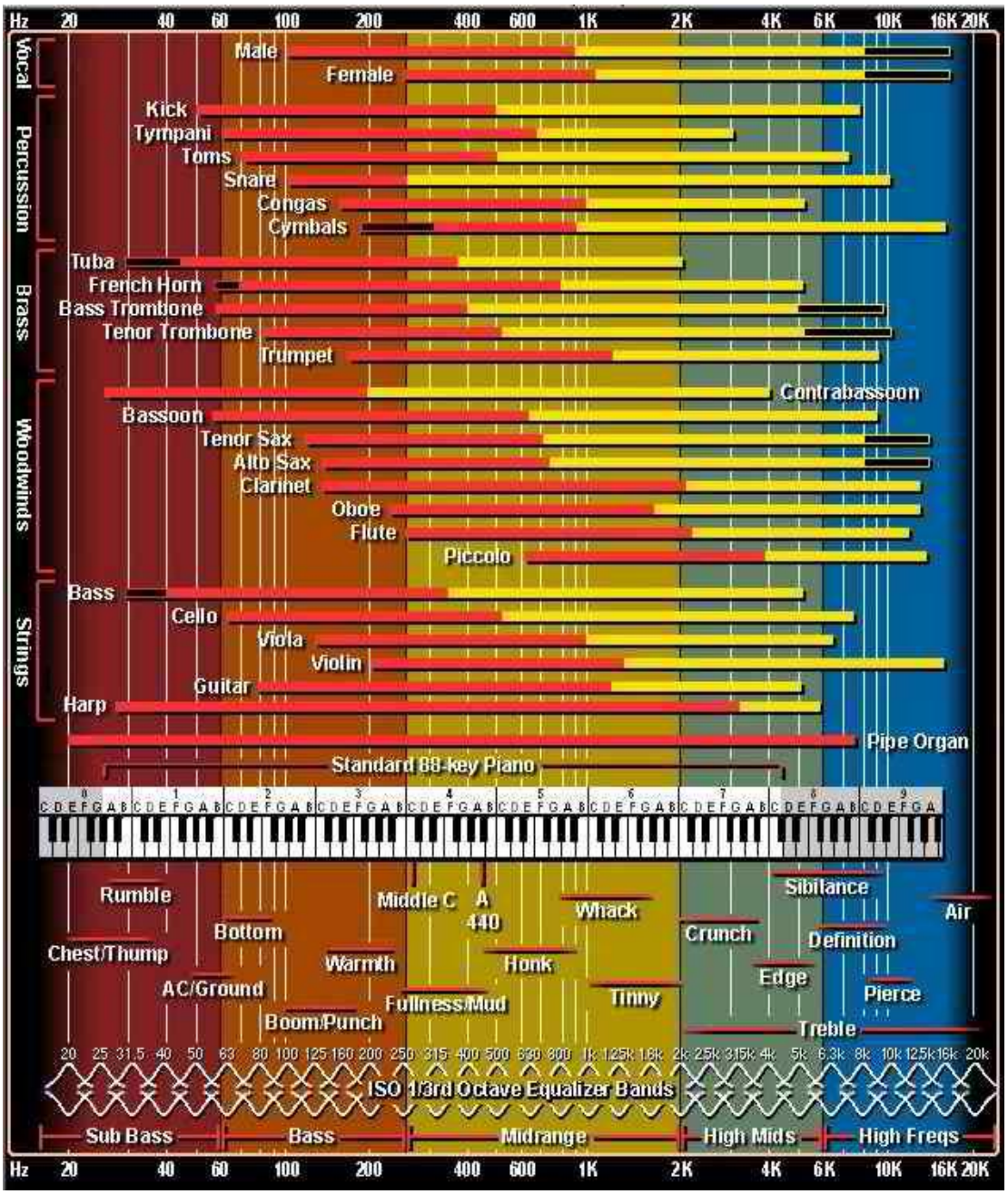
Αίθουσες πρόβας jazz ή μουσικής τεχνολογίας

Σε αυτές τις αίθουσες ό όγκος ανά μουσικό μειώνεται σε 7-8.5 κ.μ. Επίσης απαιτείται ισχυρή ηχοαπορρόφηση αφ' ενός για την προστασία της ακοής των μουσικών αλλά και για την αύξηση της «σαφήνειας».



Κάτοψη χώρων συνόλων Jazz

Έτσι όλες σχεδόν οι επιφάνειες της αίθουσας καλύπτονται από ηχοαπορροφητικά υλικά. Θα πρέπει να ερωτηθεί το διδακτικό προσωπικό αν σε αυτές τις αίθουσες χρειάζεται ρύθμιση της ακουστικής τους μετά την κατασκευή τους.



Οι βασικές συχνότητες διαφόρων οργάνων

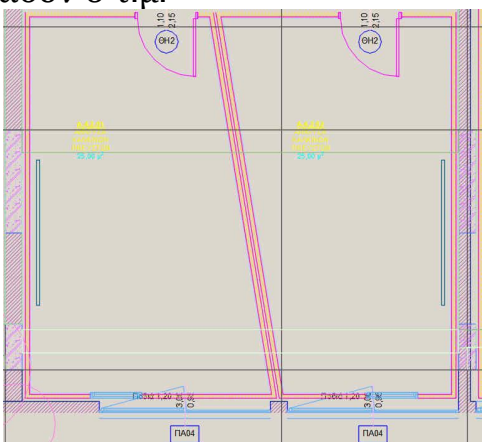
Δωμάτια προσωπικής διδασκαλίας

Αυτά τα δωμάτια διαστασιολογούνται ώστε να φιλοξενήσουν την διδάσκουσα και έναν ή περισσότερους φοιτητές. Συνήθως περιέχουν ένα πιάνο (μισής ουράς ή όρθιο), καρέκλες, αναλόγια και την προσωπική βιβλιοθήκη του διδάσκοντος. Δοθέντος ότι το εκπαιδευτικό προσωπικό περνάει πολλές ώρες σε αυτά τα δωμάτια συνήθως τα διακοσμεί σύμφωνα με τις προσωπικές του προτιμήσεις. Το ύψος αυτών των δωματίων θα πρέπει να αρκετό ώστε να επιτρέπει την κανονική ανάπτυξη του ηχητικού πεδίου χωρίς να το «πνίγει» λόγω ανεπαρκούς όγκου. Συνήθεις διαστάσεις για αυτά τα δωμάτια είναι 4.2 Χ 5.0 Χ 3.5 μ. Το δάπεδο μπορεί να είναι είτε ξύλινο είτε από κάποιο «σκληρό» υλικό πάνω στο οποίο μπορεί να τοποθετηθεί κάποια επικάλυψη (π.χ. χαλί) κατά την επιλογή τ(ης)ου διδάσκ(ουσας)οντος. Η δυνατότητα τοποθέτησης επιλεκτικής ηχοαπορρόφησης εκ των υστέρων καθ' υπόδειξιν τ(ης)ου διδάσκ(ουσας)οντος είναι συνήθως επιθυμητή.

Δωμάτια εξάσκησης φοιτητών

Τα δωμάτια εξάσκησης των φοιτητών είναι κατά κανόνα «είδος εν αναπαρκεία» και πολλές φορές για λόγους κόστους έχουν υπολειπόμενο ακουστικό όγκο. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα κουβούκλια τα οποία όμως είναι ακουστικά «νεκρά» και δεν ευνοούν την αντίληψη του ακουστικού όγκου των οργάνων. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να γίνει μια σε βάθος εκτίμηση (και οικονομική) των πιθανών επιλογών με τα υπέρ και τα κατά κάθε μίας. Παρά την ποικιλία των απόψεων σχετικά με τα δωμάτια εξάσκησης οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού τους είναι

- Ελάχιστο ύψος οροφής 3.2 μ
- Ελάχιστο εμβαδόν 6 τ.μ.



Κάτοψη δωματίων εξάσκησης

Ακουστική χώρων ηχογράφησης

Πρόκειται για ένα από τα πιο ακανθώδη προβλήματα όσον αφορά στην επίλυσή τους αφού ένας χώρος ηχογράφησης μπορεί να σημαίνει

I. Έναν μικρό χώρο ελέγχου για την καταγραφή παραστάσεων με ήχο και εικόνα σε παρακείμενο χώρο (παραστάσεων ή πρόβας). Σε αυτήν την περίπτωση ο χώρος δεν χρειάζεται ιδιαίτερη ακουστική περιποίηση.
II. Ένα μεγαλύτερο χώρο ελέγχου με περισσότερες λειτουργίες, όπως, πολυκαναλικές εγγραφές, μοντάζ και μίξεις. Σε χώρους αυτού του είδους ο χρόνος αντήχησης θα πρέπει να είναι πολύ μικρός (μικρότερος από 0.4 sec) με ειδικούς απορροφητές χαμηλών συχνοτήτων και ειδικούς διαχυτές ήχου.
III. Ένα ολοκληρωμένο στούντιο εγγραφής με χωριστούς χώρους εκτελεστών και ελέγχου και κατά συνέπεια διαφορετική ακουστική του κάθε χώρου. Ο χώρος εκτελεστών μπορεί να έχει μεταβλητή ακουστική ανάλογα με το ηχογραφούμενο πρόγραμμα.
IV. Ένα δωμάτιο «σπηκάζ» (voice over) χρησιμοποιούμενο για την προσθήκη λόγου σε υπάρχουσες ηχογραφήσεις ή την μεταγλώττιση υπάρχοντος υλικού. Αυτοί οι χώροι απαιτούν μεγάλη ηχοαπορροφητικότητα στις επιφάνειες τους.

Οι λειτουργίες των χώρων ηχογράφησης θα πρέπει να καταγραφούν σύμφωνα με τις ανάγκες της σχολής εί δυνατόν με συμμετοχή των εντεταλμένων μελών ΔΕΠ.

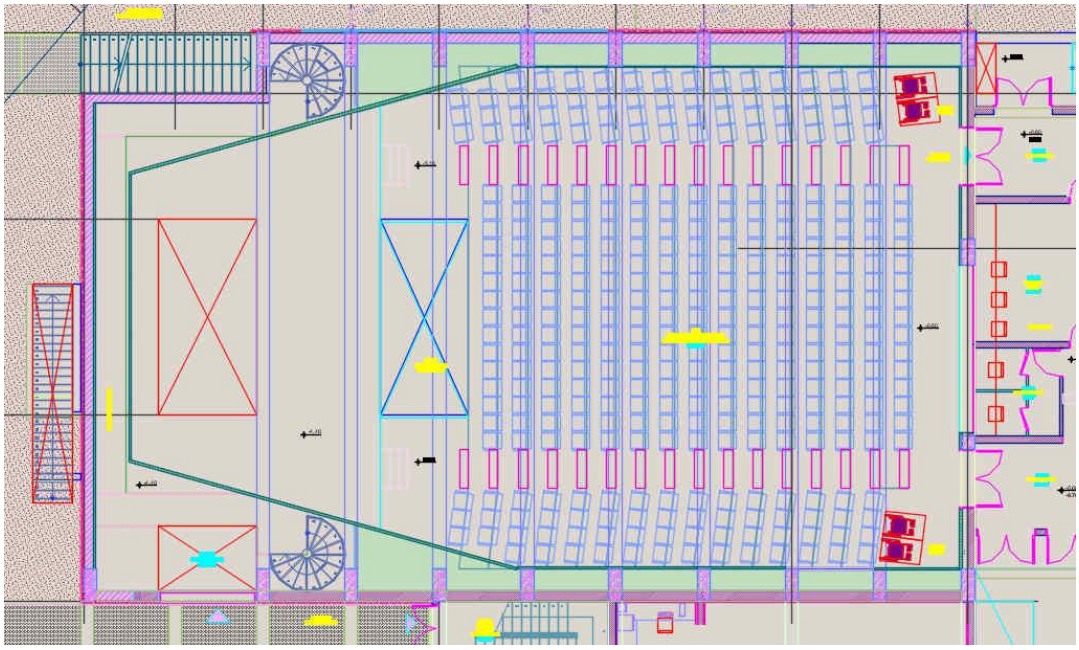
Ακουστική Ειδικών Χώρων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί πριν, η επίλυση των ακουστικών προβλημάτων που πάντοτε τίθενται στην μελέτη ενός κτηρίου όπως αυτό, είναι από τις σημαντικότερες μελετητικές εργασίες που αφορούν αυτό το έργο. Η διεθνής πείρα του ακουστικού μελετητή όμως επιτρέπει την διατύπωση μιας σειράς κατ' αρχήν εγκύρων λύσεων οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν την βάση πάνω στην οποία θα αναζητηθούν οι άριστες λύσεις σε σχέση πάντα με τους περιορισμούς που τίθενται.

Μεγάλη Αίθουσα εκδηλώσεων

Η μεγάλη αίθουσα εκδηλώσεων απετέλεσε σημείο έντονου προβληματισμού σχετικά με τις προτεινόμενες λύσεις.

Δοθέντος ότι θα φιλοξενηθούν εκδηλώσεις με διαφορετικές ακουστικές απαιτήσεις η πρόταση μας είναι να υπάρχει δυνατότητα μεταβολής των ακουστικών παραμέτρων. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος θα πρέπει να μπορεί σχετικά εύκολα να αλλάζει η ηχοαπορροφητική ικανότητα της αίθουσας αλλά και οι συντελεστές διάχυσης.
Οι τοίχοι οι οποίοι περιβάλλουν την σκηνή θα έχουν μικρή απορρόφηση και κατάλληλες κλίσεις ώστε να επιτρέπουν στους μουσικούς συντελεστές να έχουν καλή ηχητική επαφή με τους συναδέλφους τους. Το πίσω μέρος της αίθουσας θα έχει καλή απορρόφηση ώστε να μην υπάρξουν καταστροφικές ανακλάσεις.
Το ταβάνι της αίθουσας θα έχει έντονη διάχυση με συνδυασμό κυλινδρικών και άλλων στοιχείων τα οποία θα φιλοξενήσουν ή θα συνεργάζονται με τον φωτισμό οροφής.



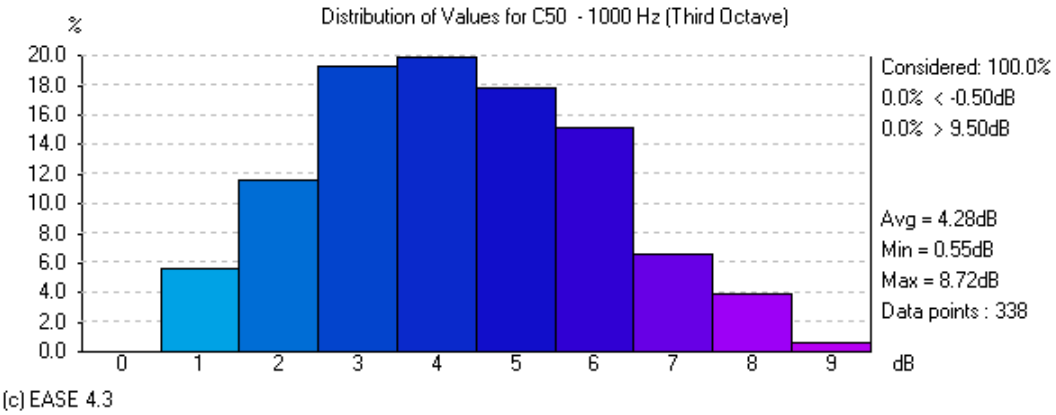
Κάτοψη μεγάλης αίθουσας εκδηλώσεων

Οι τοίχοι της αίθουσας έχουν σχεδιαστεί ώστε να εξασφαλίζουν την απαιτούμενη ηχοαπορροφητική ικανότητα. Το ποσό απορρόφησης καθορίζεται από την λύση της εξισώσεως

$$(10{,}23-\log(V))*T+0{,}97(0{,}4-\log(V))\sqrt{T}=6 \qquad [1]$$

Όπου **V** ο όγκος της αίθουσας και **T** ο ενδεδειγμένος χρόνος αντηχήσεως.

Η εξίσωση αυτή συσχετίζεται με τους χρόνους αντηχήσεως σχεδόν όλων των αιθουσών παγκοσμίως, οι οποίες θεωρούνται κορυφαίες για την ακουστική τους.(Για V=2320m^3 T=1.36 s).
Βεβαίως πέραν της αφετηριακής τιμής του χρόνου αντηχήσεως σύμφωνα με την εξίσωση [1] έχουν ήδη αναπτυχθεί ψηφιακά μοντέλα της αρχικής γεωμετρίας της αίθουσας ώστε μετά από τις απαιτούμενες διορθώσεις να προκύψει η τελική αλλά και βέλτιστη σύνθεση. Ο βασικός μηχανισμός αλλαγής της ακουστικής της αίθουσας είναι η μηχανική κάλυψη και αποκάλυψη ηχοαπορροφητικών επιφανειών. Οι κινήσεις αυτές μπορούν να γίνονται με αυτόματο ή χειροκίνητο τρόπο. Για αυτόν τον σκοπό μπορούν να σχεδιαστούν ειδικές απορροφητικές διατάξεις. Προφανώς η χειροκίνητη διαδικασία προσφέρεται για οικονομικότερη υλοποίηση. Στην παρούσα φάση δεν προβλέπεται μεταβλητή ακουστική για την αίθουσα.
Όμως ο χρόνος αντηχήσεως δεν είναι η μόνη ακουστική παράμετρος που θα πρέπει να ρυθμιστεί. Πολύ σημαντική είναι η ηχητική «σαφήνεια» (Clarity) που εκφράζει το ποσοστό ηχητικής ενέργειας που περιέχεται στα πρώτα 80 mSec από την αρχή ενός ηχητικού γεγονότος. Η παράμετρος αυτή είναι πάρα πολύ σημαντική ιδιαίτερα στις πρόβες όπου απαιτείται μεγάλη διακριτική ικανότητα στις μουσικές λεπτομέρειες. Στην συγκεκριμένη αίθουσα η σχεδίαση της σκηνής και του πίσω μέρους της αίθουσας δίνει πολύ καλές τιμές σε αυτήν την παράμετρο παρ' όλον ότι το ύψος της αίθουσας δεν μπορεί να μεγαλώσει περισσότερο.



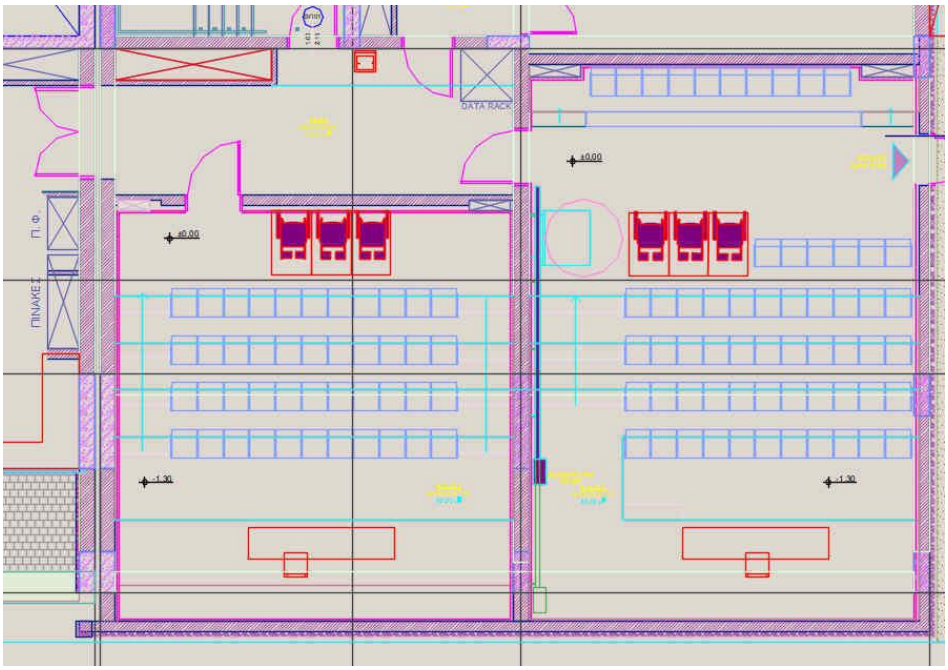
Στατιστική κατανομή καταληπτότητας (C_{50}) σύμφωνα με την προσομοίωση της μεγάλης Αίθουσας στην συχνότητα των 1000 Hz με χρήση ενισχυμένου ήχου (2 ηχεία).

Από την προσομοίωση της αίθουσας με μαθηματικά μοντέλα προέκυψε πως ακόμη και με δύο ηχεία ο δείκτης C_{50} μπορεί να πάρει τιμές που να δείχνουν πως η καταληπτότητα (λόγου) στην αίθουσα είναι αρκετά καλή. [ο λόγος C_{50} συνδέεται με τον δείκτη STI (*Sound*

Transmission Index) που χρησιμοποιείται επίσης για την εκτίμηση της καταληπτότητας].

Αμφιθέατρα

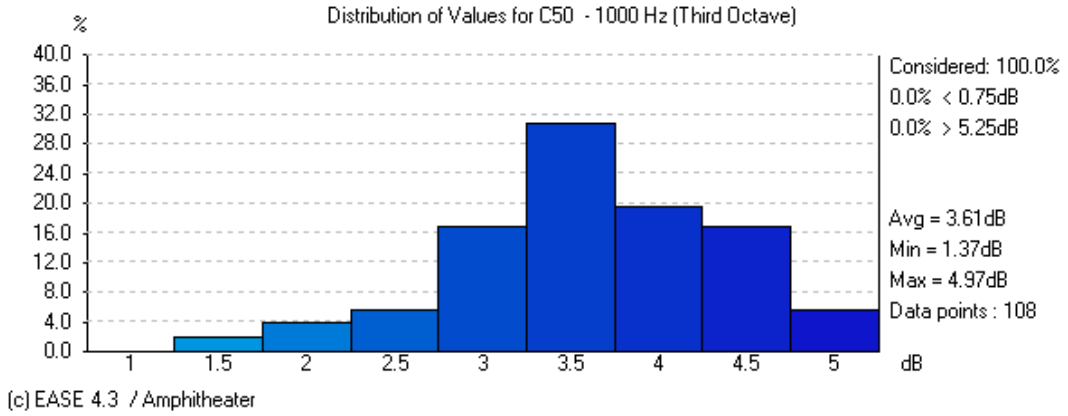
Τα δύο αμφιθέατρα εξυπηρετούν διδακτικές, και στα πλαίσια των διδακτικών και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Προβλέπεται ότι η χρήση των αμφιθεάτρων θα είναι συχνότατη. Η απαίτηση αυτή μεταφράζεται στην ανάγκη εύκολης και αποτελεσματικής συντήρησης τους, αλλά και την δυνατότητα γρήγορης μεταβολής των ακουστικών παραμέτρων τους σύμφωνα με τις ανάγκες της επόμενης εκδήλωσης.
Ο σχεδιασμός επιτρέπει την ταυτόχρονη χρήση και των δύο αμφιθεάτρων ανεξαρτήτως τύπου εκδηλώσεως.



Κάτοψη Αμφιθεάτρων

Στην οροφή των αμφιθεάτρων *μπορεί* να τοποθετηθεί σύστημα διάχυσης έτσι ώστε να εξυπηρετεί την διάχυση του ήχου και την αποτροπή των ισχυρών ανακλάσεων μεταξύ δαπέδου και οροφής. Το αρχικό υλικό που δημιουργεί τον «διαχύτη όγκου» είναι πολυκαρβονικό σε φύλλα 400Χ800 χιλ. πάχους 10 χιλ. Η βασική ανάπτυξη του διαχύτη γίνεται σε μεταλλική σκαλιέρα με ανοίγματα 800 Χ 800 χιλ. Με αυτόν τον τρόπο παρακάμπτεται το πρόβλημα των συνηθισμένων

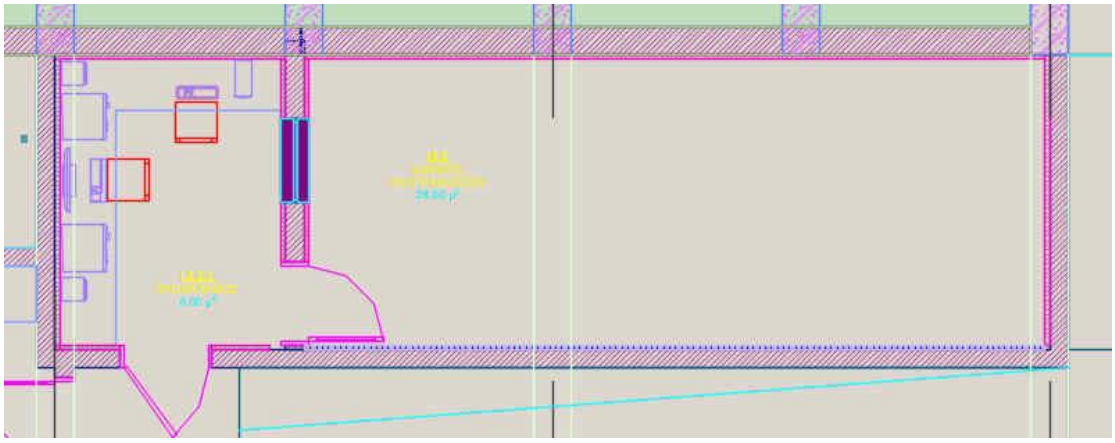
διαχυτών που μειώνουν σημαντικά τον ακουστικό όγκο του αμφιθεάτρου. Σε αντίθεση με τους συνηθισμένους διαχυτές αυτή η κατασκευή οδηγεί τον ήχο μέσα από πάρα πολλά «κανάλια» που δημιουργούνται από τα πολυκαρβονικά φύλλα και η διάχυση συμβαίνει λόγω ηχητικών διαθλάσεων στις ακμές των φύλλων. Παρόμοια κατασκευή έχει δοκιμασθεί από τον μελετητή σε αίθουσες με παρόμοιες χρήσεις, με εξαιρετικά αποτελέσματα.
Δεδομένου ότι ο χρόνος αντήχησης έχει διατηρηθεί σε επίπεδα κατάλληλα για την μουσική είναι σκόπιμη η χρήση κατάλληλης εγκατάστασης ενισχυμένου ήχου ώστε να εξασφαλιστεί η καταληπτότητα του λόγου. Η προσομοίωση της αίθουσας με χρήση δύο ηχείων δείχνει ότι μπορεί να εξασφαλιστεί ικανοποιητική καταληπτότητα.



Στατιστική κατανομή σαφήνειας σύμφωνα με την προσομοίωση του Αμφιθεάτρου στην συχνότητα των 1000 Hz με χρήση ενισχυμένου ήχου (2 ηχεία).

Δωμάτιο ηχογραφήσεων

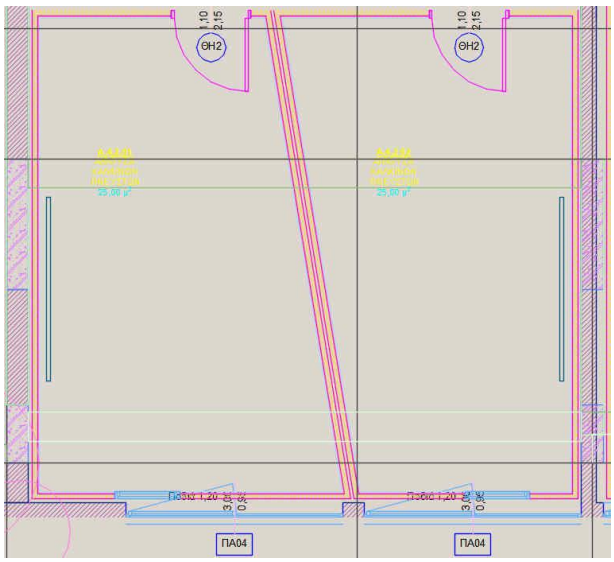
Η ακουστική του χώρου ηχογραφήσεων είναι σε γενικές γραμμές το αντίστροφο εκείνης των μεγάλων αιθουσών παραστάσεων. Τα ακουστικό περιβάλλον πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ουδέτερο. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος αντηχήσεως πρέπει να είναι περίπου 0,5 sec, και ομοιογενής σε όλες τις συχνότητες. Η ηχομόνωση του στούντιο είναι πρώτη και βασική απαίτηση για την λειτουργία του. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί η τεχνική “house in house” για την εξασφάλιση ηχομονωτικής ικανότητας περίπου 70 dB Rw. Η απομόνωση του χώρου μικροφώνων από τον χώρο καταγραφής επιτυγχάνεται με πόρτες υψηλής ηχομονωτικής ικανότητας. [*Δοθέντος η σημερινή τεχνολογική στάθμη επιτρέπει την οπτική επικοινωνία μέσω οθονών – κάμερας το ενδιάμεσο παράθυρο μπορεί να παραληφθεί βελτιώνοντας την ηχομόνωση και την επικοινωνία οικονομικότερα*]



Δωμάτιο ηχογραφήσεων

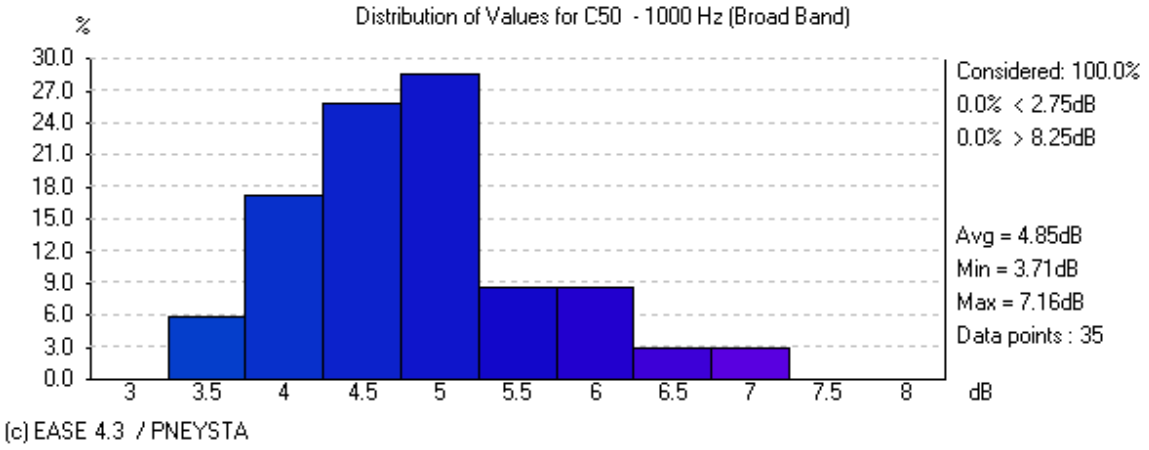
Αίθουσες συνόλων

Η ρύθμιση της ακουστικής των αιθουσών συνόλων είναι αρκετά σχοινοτενής καθώς θα πρέπει να ελεγχθούν οι ακουστικές παράμετροι σχεδόν κάθε θέσης. Ο λόγος είναι ότι οι μουσικοί θα πρέπει να ακούν αρκετά καθαρά και με λεπτομέρεια τους συναδέλφους τους.
Η βασική απαίτηση σε αυτήν την περίπτωση είναι η ομοιομορφία των καμπυλών EDT (Early Decay Time) αλλά και κατά το δυνατόν μονότροπη μείωση της ηχητικής ενέργειας από κάθε θέση. Μονότροπη εν προκειμένω σημαίνει τον σταθερό ρυθμό απορρόφησης της ηχητικής ενέργειας εν χρόνω. Σε πολλές περιπτώσεις αυτός ο ρυθμός μεταβάλλεται λόγω καθυστερημένων ανακλάσεων ή ιδιοσυντονισμών που μπορούν σε ακραίες περιπτώσεις να δυσχεράνουν τον συγχρονισμό του συνόλου.



Οι χώροι εξάσκησης/διδασκαλίας χρειάζονται πολύ καλή ηχομόνωση δεδομένης της γειτονίας τους . Η σχεδίαση των κλιματιστικών διατάξεων εξασφαλίζει την ακουστικά απρόσκοπτη λειτουργία των χώρων.

Η μη παραλληλία των μακρών πλευρών αποτρέπει την δημιουργία στασίμων κυμάτων .
Σε αυτούς τους χώρους η συχνότητα *Shroeder* είναι περίπου 200 Hz, *La3*. Αυτό σημαίνει ότι η ακρόαση των χαμηλών συχνοτήτων είναι ιδιοσυγκρασιακή εξαρτάται δηλαδή και από ψυχοακουστικούς παράγοντες.
Η δυνατότητα τοποθέτησης επιλεκτικής ηχοαπορρόφησης εκ των υστέρων καθ' υπόδειξιν τ(ης)ου διδάσκ(ουσας)οντος είναι συνήθως επιθυμητή.



Στατιστική κατανομή σαφήνειας σύμφωνα με την προσομοίωση της αίθουσας πνευστών στην συχνότητα των 1000 Hz με χρήση ενισχυμένου ήχου (1 ηχείο).

ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Επελέγησαν τέσσερεις βασικοί τύποι ηχοαπορροφητικών στοιχείων. Οι τύποι αυτοί συνδυαζόμενοι αντιμετωπίζουν όλες τις ανάγκες ηχοαπορρόφησης του έργου. Επίσης είναι εύκολα κατασκευάσιμοι οπότε διευκολύνουν και την συντήρηση τους.
Η πρόσοψη των στοιχείων μπορεί να είναι οποιαδήποτε επιφάνεια με «διάτρηση» (σχέση κενού προς πλήρες) μεγαλύτερη από 44%. Τέτοιες επιφάνειες μπορεί να είναι υφάσματα χωρίς πυκνή ύφανση (π.χ. Λινάτσα έγχρωμη, φύλλα αλουμινίου κ.λπ)

ΤΥΠΟΙ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
ΤΥΠΟΣ	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**
A	1. *Χαλαρή μεμβράνη αλουμινίου με επιφ. Βάρος 0,06 Χλγ/μ^2 (π.χ. αλουμινόχαρτο)[όχι κολλημένη στον απορροφητή. Μπορεί να κολληθεί στο πίσω μέρος του απορροφητή]* 2. ***100*** *mm Πορώδης Απορροφητής (π.χ. πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας κ.λπ.) με αντίσταση στην ροή αέρα* ***8500 Pa.s/m^2***
B	*Στοιχείο με διαμήκεις σχισμές στην πρόσοψη.* 1. *Βάθος σχισμών* ***22*** *mm, πλάτος σχισμών* ***3*** *mm, απόσταση μεταξύ σχισμών* ***50*** *mm. Το υλικό της πρόσοψης μπορεί να είναι Ξύλο ή Μέταλλο ή άλλο.* 2. ***100****mm Πορώδης απορροφητής (π.χ. Πετροβάμβακας ή Υαλοβάμβακας κ.λπ.) με αντίσταση στην ροή αέρα* ***8500 Pa.s/m^2****.* 3. ***100****mm αέρας*
C	1. ***150****mm Πορώδης απορροφητής (π.χ. Πετροβάμβακας ή Υαλοβάμβακας κ.λπ.) με αντίσταση στην ροή αέρα* ***8500 Pa.s/m^2****.*
D	*Στοιχείο με διαμήκεις σχισμές στην πρόσοψη.* 1. *Βάθος σχισμών* ***22*** *mm, πλάτος σχισμών* ***3*** *mm, απόσταση μεταξύ σχισμών* ***50*** *mm. Το υλικό της πρόσοψης μπορεί να είναι Ξύλο ή Μέταλλο ή άλλο.* 2. ***100****mm Πορώδης απορροφητής (π.χ. Πετροβάμβακας ή Υαλοβάμβακας.κ.λπ.) με αντίσταση στην ροή αέρα* ***8500 Pa.s/m^2****.* 3. ***300*** *mm αέρας*

ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑ ΧΩΡΟ

ΙΣΟΓΕΙΟ

Αριθ.	Περιγραφή	Ακουστικός Όγκος m^3	Επιφάνεια m^2	Προβλ. Χρόνος Αντήχησης sec (κενό)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στην οροφή (XY)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στους τοίχους (XZ)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στους τοίχους (YZ)
I.6.1	ΜΕΓΑΛΟ ΑΜΦΙΘΕΑΤ-ΡΟ	2230	1167	1,9	A (68)	**C (30)**	**C (40)**
						B (30)	**B (40)**
I.6.2	ΔΩΜΑΤΙΟ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ	70	122	0,55	A (7)	**B (4)**	**C (4)**
						C (4)	
I.6.2.1	ΔΩΜΑΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ	25	54	0,47	A (4)	**B (2)**	**C (2)**
4.8.01	ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ &ΜΟΥΣ. ΠΑΙΔΑΓΩΓ.	176	222	0,82	A (8)	**B (6)**	**B (6)**
						C (8)	**C (8)**
4.8.02	ΜΙΚΡΗ ΑΙΘ. ΔΟΚΙΜΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ &ΜΟΥΣ. ΠΑΙΔΑΓΩΓ.	112	147	0,57	A (8)	**B (6)**	**B (6)**
						C (8)	**C (8)**
A.4.2.01	ΑΙΘΟΥΣΑ ΧΑΛΚΙΝΩΝ ΠΝΕΥΣΤΩΝ	76	114	0,96	A (4)	**C (2)**	**C (2)**
						D (2)	**D (2)**
A.4.13.1	ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	301	301	0,81	A (15)	**B (12)**	**B (12)**
						C (12)	**C (12)**
A.4.13.2	ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	222	238	0,83	A (10)	**B (10)**	**B (10)**
						C (10)	**C (10)**
I.4.7.01	ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΣΕΜΠΑΛΟΥ	49	74	0,92	A (3)	**B (2)**	**C (3)**
I.4.7.02	ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΣΕΜΠΑΛΟΥ	67	121	0,9	A (5)	**B (3)**	**C (3)**
I.5.3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ	55	88	1,0	A (3)	**B (2)**	**C (3)**

1ος ΟΡΟΦΟΣ

Αριθ.	Περιγραφή	Ακουστικός Όγκος m^3	Επιφάνεια m^2	Προβλ. Χρόνος Αντήχησης sec (κενό)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στην οροφή (XY)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στους τοίχους (XZ)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στους τοίχους (YZ)
Α.4.9	ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΟΚΙΜΩΝ JAZZ	192	218	0,8	C (20)	**C (12)**	**C (12)**
						B (5)	**B (5)**
Α.4.10	Αίθουσα ΣΥΝΟΛΩΝ JAZZ	112	153	0,8	C (5)	**B (5)**	**B (5)**
						C (6)	**C (6)**

2ος ΟΡΟΦΟΣ

Αριθ.	Περιγραφή	Ακουστικός Όγκος m^3	Επιφάνεια m^2	Προβλ. Χρόνος Αντήχησης sec (κενό)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στην οροφή (XY)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στους τοίχους (XZ)	Τύπος απορροφ. Στοιχείου (m^2) στους τοίχους (YZ)
Β.5.1.1-Β.5.1.18	ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	27	51	0,9	-	-	-
						-	-
Β.4.2	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΙΑΝΩΝ	146	176	1,1	A (6)	**B (4)**	**B (4)**
						C (4)	**C (4)**
Β.4.4.1	ΑΙΘΟΥΣΑ ΞΥΛΙΝΩΝ ΠΝΕΥΣΤΩΝ	49	65	0,8	A (6)	**C (2)**	**D (2)**
Β.4.3.1-2	ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΓΧΟΡΔΩΝ	68	81	1,0	A (3)	**D (2)**	**D(2)**
						C (2)	**C (2)**
Α.4.6	ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΡΟΥΣΤΩΝ	172	208	1,0	A (8)	**B (3)**	**B (3)**
						C (8)	**C(6)**
4.8.02	ΑΙΘΟΥΣΑ ΜΙΚΡΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ	96	133	1,0	A (6)	**B (4)**	**C (4)**

DIONYSIOS VASILOPOULOS
Digitally signed by DIONYSIOS VASILOPOULOS
Date: 2021.12.09 17:48:40 +02'00'