



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

*ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΗΧΗΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ
ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΟΥ
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ.*

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΠΕΤΑΝΟΓΛΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ. 352

ΠΑΓΙΔΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Α.Μ. 365

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: ΦΙΤΣΑΝΑΚΗΣ ΜΙΝΩΣ

ΖΑΧΑΡΙΟΥΔΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΡΕΘΥΜΝΟ 2007

Περιεχόμενα:

Θεωρητικό Τμήμα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΗΧΟΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΧΩΡΩΝ	10
<i>Ενότητα 2.1: Ακουστικά Φαινόμενα</i>	10
2.1.1. - Ηχοανάκλαση.....	11
2.1.2. - Ηχοαπορρόφηση.....	12
2.1.3. - Ηχοδιάχυση.....	13
2.1.4. - Ηχοπερίθλαση.....	14
<i>Ενότητα 2.2: Αντήχηση</i>	16
2.2.1. - Υπολογισμός Χρόνου Αντήχησης.....	18
2.2.2. - Φαινόμενο Echo.....	19
2.2.3. - Φαινόμενο Haas.....	20
2.2.4. - Κρίσιμη Απόσταση (critical distance).....	21
2.2.5. - Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης.....	22
<i>Ενότητα 2.3: Στάσιμα Κύματα</i>	23
<i>Ενότητα 2.4: Καταληπτότητα Ομιλίας</i>	27
2.4.1. - Βασικά Γνωρίσματα Της Ομιλίας.....	27
2.4.2. - Επίδραση Της Αντήχησης.....	28
2.4.3. - Αντληπτότητα Συλλαβών.....	29
2.4.4. - Απώλεια Συμφώνων (Articulation Loss).....	29
2.4.5. - Δείκτης RASTI.....	30
2.4.6. - Θόρυβος και Καταληπτότητα.....	31
<i>Ενότητα 2.5: Θόρυβος και Αντιμετώπισή του</i>	31
2.5.1. - Θόρυβος Βάθους.....	31
2.5.2. - Ηχομόνωση.....	32
2.5.3. - Καμπύλες Θορύβου NC.....	33
<i>Ενότητα 2.6: Υλικά και Διατάξεις Ακουστικής Βελτίωσης Χώρου</i>	34
2.6.1. - Ηχοαποροφητές.....	34
2.6.2. - Ηχοανακλαστικές.....	37
2.6.3. - Ηχοδιαχυτές.....	38
<i>Ενότητα 2.7 : Αρχιτεκτονική Ακουσική</i>	40
2.7.1. - Χρωματισμός, «Ζεστασιά».....	40
2.7.2. - Οικειότητα.....	41
2.7.3. - Ηχητική Συγκέντρωση (Sound Focus – dead spot).....	41
2.7.4. - Ευκρίνεια.....	41

2.7.5. - Όγκος ανά ακροατή.....	42
2.7.6. - Συχνότητα FL.....	43
2.7.7. - Κατανομή του Ήχου (Ισοσταθμικές καμπύλες).....	44
2.7.8. - Παράμετροι Καλής Ακουστικής.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΗΧΟΣ.....	46
<i>Ενότητα 3.1: Format Κινηματογραφικού Ήχου.....</i>	<i>49</i>
3.1.1. - Dolby Stereo.....	49
3.1.2. - Dolby Digital.....	50
3.1.3. - Dolby Digital Surround EX.....	52
3.1.4. - DTS.....	53
3.1.5. - SDDS.....	53
<i>Ενότητα 3.2: Πιστοποίηση Κινηματογραφικών Προδιαγραφών.....</i>	<i>55</i>
3.2.1. - THX.....	55
3.2.2. - Απαιτήσεις Πριν Τον Έλεγχο.....	58
3.2.3. - Βασικές Διαφορές Πιστοποιημένων THX Κινηματογράφων Με Μη Πιστοποιημένων.....	59
<i>Ενότητα 3.3: Ηχεία Κινηματογράφου.....</i>	<i>61</i>
3.3.1. - Ηχεία Οθόνης.....	61
3.3.2. - Subwoofer.....	62
3.3.3. - LFE (Low Frequency Effects).....	63
3.3.4. - Περιφερειακά Ηχεία.....	64
<i>Ενότητα 3.4: Γεωμετρία Αιθουσών.....</i>	<i>66</i>
3.4.1. - Stadium Seating.....	66
3.4.2. - Διασπορά Ήχου.....	66
3.4.3. - Ασύμμετρες Κόρνες.....	68
3.4.4. - Κινηματογράφοι Με Εξώστη.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ.....	71
<i>Ενότητα 4.1: Παραγωγή Εικόνας.....</i>	<i>71</i>
4.1.1. - Λειτουργία Προβολέα (projector).....	71
4.1.2. - Τρόποι Κίνησης Οπτικού Φιλμ.....	72
<i>Ενότητα 4.2: Οθόνη.....</i>	<i>75</i>
4.2.1. - Οθόνη και Κατηγορίες.....	75
4.2.2. - Γωνία Οθόνης.....	77
Πειραματικό Τμήμα	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ.....	80
<i>Ενότητα 5.1: Γεωμετρία.....</i>	<i>80</i>
<i>Ενότητα 5.2: Εσωτερική Δομή.....</i>	<i>81</i>

<i>Ενότητα 5.3: Μέτρηση όγκου Του Αμφιθεάτρου</i>	83
<i>Ενότητα 5.4: Υλικά Δόμησης</i>	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ	87
<i>Ενότητα 6.1: Ηχητικός Εξοπλισμός</i>	87
6.1.1. - Ηχητική Κεφαλή / <i>Dolby Digital Sound Head</i>	87
6.1.2. - Κινηματογραφικός Επεξεργαστής / <i>Dolby Cinema Processor CP650</i>	88
6.1.3. - Ψηφιακός Επεξεργαστής Σήματος / <i>QSC DCM-10</i>	90
6.1.4. - Περιφερειακά Ηχεία / <i>JBL 8340A</i>	91
6.1.5. - Subwoofer / <i>JBL 4642A</i>	96
6.1.6. - Ηχεία Οθόνης / <i>JBL 4675C</i>	98
6.1.7. - Ενισχυτές / <i>DCA1622, DCA3422, DCA1644</i>	104
6.1.8. - Επεξεργαστής Υποτίτλων / <i>Dolby ScreenTalk</i>	107
6.1.9. - Μικρόφωνο Ελέγχου / <i>Dolby Auditorium Assist</i>	108
6.1.10. - Υπολογιστές Τύπου Laptop.....	108
6.1.11. - Ικρίωμα (rack) / <i>ThonRack 20 HE Profi 45</i>	109
6.1.12. - Τοιχος – Μπάφλα.....	109
6.1.13. - Ανακεφαλαίωση Συνδεσμολογίας.....	110
<i>Ενότητα 6.2: Εξοπλισμός Εικόνας</i>	111
6.2.1. - Προβολέας / <i>Ernemann 18-500</i>	111
6.2.2. - Υπολογισμός Τοποθέτησης Οθόνης.....	113
6.2.3. - Οθόνη / <i>DA-LITE Acoustical Imager</i>	114
6.2.4. - Προβολέας Υποτίτλων / <i>NEC Digital Cinema Projector NC800C</i>	115
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	117
<i>Ενότητα 7.1: Όγκος ανά Ακροατή</i>	117
<i>Ενότητα 7.2: Ηχοαπορρόφηση Υλικών, Χρόνος Αντήχησης</i>	117
<i>Ενότητα 7.3: Συχνότητα FL</i>	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	120
<i>Ενότητα 8.1: Μετρήσεις Ηχομόνωσης</i>	120
<i>Ενότητα 8.2: Μετρήσεις Θορύβου Βάθους</i>	123
<i>Ενότητα 8.3: Μετρήσεις Χρόνου Αντήχησης RT60</i>	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	129
ΣΧΕΔΙΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ	132
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ	142
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	145

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο χώρος του αμφιθεάτρου χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς και καλλιτεχνικούς σκοπούς. Η κύρια υπηρεσία που προσφέρει είναι η στέγαση μαθημάτων και εξετάσεων του ΤΕΙ Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, για αυτό και σχεδιάστηκε έτσι ώστε να εξυπηρετεί καλά αυτό τον σκοπό. Επίσης ο σχεδιασμός του, βοηθά στην πραγματοποίηση ομιλιών, μουσικών εκδηλώσεων καθώς και προβολών. Ο σύγχρονος ηχητικός εξοπλισμός που προμηθεύτηκε πριν λίγο καιρό το ΤΕΙ (έτος 2007) με την απόκτηση των ηχείων τύπου Line Array της εταιρίας L-Acoustics για κάλυψη συναυλιών καθώς και η προγενέστερη κατοχή εξοπλισμού συναυλιών (κονσόλας, δυναμικών επεξεργαστών, monitor, μικροφώνων κ.α.) κατέστησε τον χώρο του αμφιθεάτρου αξιοπρεπέστατο έδαφος για μουσικού τύπου εφαρμογές.

Ωστόσο μια απορία που είχαμε, ήταν κατά πόσο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το αμφιθέατρο για επαγγελματικού τύπου κινηματογραφικές προβολές, πόσο κοντά βρίσκεται στο να φτάσει αυτό το επίπεδο και τι χρειάζεται για να το φτάσει. Αυτό αποτέλεσε την έμπνευση για την δημιουργία αυτής της εργασίας καθώς η επιθυμία να μάθουμε πως γεννιέται ένας κινηματογράφος και ποιες είναι οι παράμετροι όσον αφορά τον ήχο, την ακουστική αλλά και την εικόνα, που μελετούνται από τους ειδικούς για την δημιουργία αυτού, πάντα μέσα στα ποιοτικά πλαίσια που ορίζει η σύγχρονη εποχή.

Εξετάζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου και της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων σε κλειστούς χώρους στα δυο πρώτα κεφάλαια, περνάμε στην έρευνα των κινηματογραφικών φορμάτ ήχου, της κινηματογραφικής εικόνας και τις ποιοτικές προδιαγραφές που ισχύουν για όλους τους κινηματογράφους παγκοσμίως. Στα κεφάλαια του πειραματικού μέρους καταθέτονται τα αποτελέσματα των ακουστικών μετρήσεων καθώς και η θεωρητική εγκατάσταση κινηματογραφικού εξοπλισμού στον χώρο. Στις τελευταίες σελίδες θα δείτε τα σχεδιαγράμματα του χώρου όπως εμείς τον καταγράψαμε. Η τέλεια παρουσίαση των διαστάσεων του αμφιθεάτρου ήταν κάτι που δεν μπορέσαμε να φέρουμε εις πέρας λόγω της ανύπαρκτης εμπειρίας μας με το υπολογιστικό πρόγραμμα αρχιτεκτονικής. Πιστεύουμε όμως πως τα σχεδιαγράμματα που καταθέτουμε βοηθάνε πολύ στο να σχηματίσουμε μια γενική άποψη για το πως είναι ο χώρος του αμφιθεάτρου και σίγουρα η παράβλεψη κάποιων διαστάσεων δεν επηρεάζει την θεωρητική εφαρμογή μας.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει κάποια προϊόντα σαν εξοπλισμό που έχουμε επιλέξει για την στελέχωση του αμφιθεάτρου σαν κινηματογράφο, αλλά πρέπει να τονίσουμε πως δεν προσδοκούμε την διαφήμιση αυτών των προϊόντων και των κατασκευαστριών εταιριών τους, ούτε την παραπλάνηση των αναγνωστών όσο αναφορά την ποιότητα και τις δυνατότητες τους.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΗΧΟΣ

Ο κόσμος μας είναι γεμάτος από ήχους που παίζουν σημαντικό ρόλο στη ζωή μας. Καθημερινά ακούμε ήχους που παράγονται από ανθρώπους, από ζώα, από μηχανές και από φυσικά αίτια, άλλοτε εστιάζοντας την προσοχή μας σε αυτούς και άλλοτε αγνοώντας τους. Αυτό συμβαίνει γιατί ορισμένοι ήχοι όπως η μουσική ή οι ομιλίες των ανθρώπων είναι επιθυμητοί και έχουν λόγο παρατήρησης, ενώ άλλοι όπως η κίνηση των οχημάτων στους δρόμους είναι κατά μια έννοια δυσάρεστοι και τους αντιλαμβανόμαστε σαν θορύβους.

Όμως τι είναι ο ήχος; Προφανώς και γνωρίζουμε τα κύματα φωτός, τα θαλάσσια κύματα και τα ραδιοκύματα που διασχίζουν καθημερινά το περιβάλλον μας. Άλλο ένα κύμα είναι και ο ήχος που αν και διαφέρει κατά πολύ από τα προαναφερθέντα, έχει τις ίδιες ιδιότητες με αυτά, όπως π.χ. το να μεταφέρει ενέργεια. Ήχος λοιπόν είναι μια μηχανική διαταραχή η οποία προκαλείται από μια πηγή που δονείται εντός ενός ελαστικού μέσου (στερεού, υγρού ή αέριου). Λόγω της ελαστικότητας του μέσου η διαταραχή αυτή διαδίδεται με την μορφή κύματος και είναι ικανή να διεγείρει το αισθητήριο όργανο της ακοής μας με αποτέλεσμα να προκαλέσει το ακουστικό αίσθημα. Η πιο κοινή περίπτωση είναι ο ήχος που διαδίδεται στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Οι κύριες προϋποθέσεις για την παραγωγή και την διάδοση του ήχου είναι:

- Η ύπαρξη μιας ηχητικής πηγής.
- Η ύπαρξη ενός ελαστικού μέσου, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι ο ήχος δεν μπορεί να διαδοθεί στο κενό.

Γενικά λοιπόν ήχους χαρακτηρίζουμε τα κύματα που αντιλαμβάνεται το αυτί μας και έχουν συχνότητες στην περιοχή 20Hz – 20KHz. Ένα ηχητικό κύμα χαρακτηρίζεται από την ένταση, το φάσμα συχνοτήτων, την κατεύθυνση, την φάση και την διάρκεια. Η επιστήμη που εξετάζει την παραγωγή, την διάδοση και τις εφαρμογές του ήχου λέγεται ακουστική.

Τα Χαρακτηριστικά Του Ήχου

Ο ήχος ως κυματικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται από τέσσερις βασικές παραμέτρους που είναι η εξής:

1) Συχνότητα (f): είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων των σωματιδίων του μέσου ανά sec κατά την διάδοση του κύματος.

2) Μήκος Κύματος (λ): το ορίζουμε σαν την απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών μεγίστων ή ελαχίστων του κύματος.

3) Περίοδο (T): που είναι η χρονική διάρκεια ενός πλήρη κύκλου μεταβολής του κύματος. $T = \frac{1}{f}$

4) Ταχύτητα (c): που είναι ταχύτητα διάδοσης της διαταραχής στο μέσο που ποικίλει ανάλογα με αυτό. (π.χ. στον αέρα σε 20°C είναι 343m/sec, ενώ στο νερό 1480m/sec)

Η Βασική σχέση ταχύτητας, συχνότητας και μήκος κύματος είναι η εξής:

$$c = \lambda f$$

Υποκειμενικά Χαρακτηριστικά

Τα Υποκειμενικά Χαρακτηριστικά του ήχου είναι τα εξής:

1) Ύψος: μέσω του οποίου διακρίνουμε τον ήχο σε οξύ ή βαρύ. Είναι απευθείας συνδεδεμένο με τη συχνότητα του ηχητικού κύματος.

2) Ακουστότητα: είναι το μέγεθος της ακουστικής αντίληψης που παράγει ο ήχος στον ακροατή. Βάσει αυτού του μεγέθους διακρίνουμε αν ο ήχος είναι ισχυρός ή ασθενής.

3) Χροιά: αποτελεί το υποκειμενικό εκείνο γνώρισμα του ήχου το οποίο μας επιτρέπει να διαχωρίσουμε δυο ήχους του ίδιου ύψους και της ίδιας ακουστότητας που παράγονται από διαφορετικές πηγές.

Τέλος μπορούμε να πούμε πως ο ήχος διαχωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

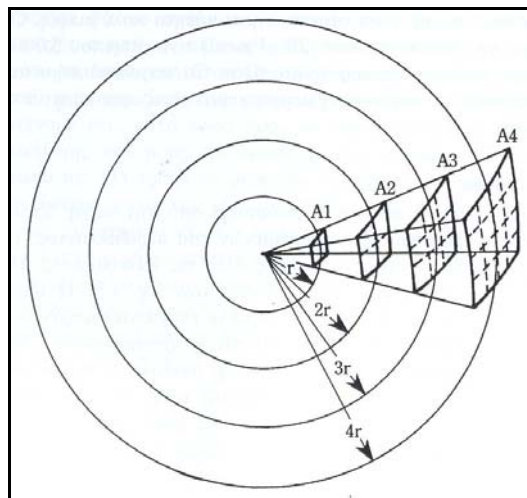
- Απλούς ήχους (Τόνους): στους οποίους η μορφή του ηχητικού κύματος είναι περιοδική και ημιτονοειδής.
- Σύνθετους ήχους: που αποτελούνται από τη σύνθεση πολλών απλών ήχων και η κυματομορφή τους είναι μεν περιοδική αλλά όχι ημιτονοειδής.
- Θορύβους: που αντιστοιχούν σε μη περιοδικά ηχητικά κύματα.
- Κρότους: που είναι μικρής χρονικής διάρκειας και σχετικά μεγάλης έως πολύ μεγάλης έντασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1: ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ

ΧΩΡΟΥΣ.

Αν κλείσουμε μια ηχητική πηγή μέσα σε ένα χώρο αυτόματα περιπλέκουμε την διάδοση του ήχου της. Αυτή πλέον θα διαφέρει κατά πολύ από αυτή των ηχητικών κυμάτων στο ανοιχτό πεδίο (ύπαιθρο). Για να καταλάβουμε την διαφορά της συμπεριφοράς του ήχου σε κλειστό και ανοιχτό χώρο αρκεί να φανταστούμε μια ηχητική πηγή να εκπέμπει τα ηχητικά της κύματα πρώτα στο ύπαιθρο που μακριά από την επίδραση αντικειμένων διαδίδονται ομοιογενώς προς όλες τις κατευθύνσεις και η ένταση τους διαμορφώνεται με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 2.1. και μετά αρκεί να φανταστούμε αυτή την πηγή σε ένα κλειστό χώρο απόλυτα ανακλαστικό, με αποτέλεσμα η ενέργεια των κυμάτων της να μην απορροφάται. Θεωρητικά αυτή η ενέργεια θα αυξηθεί τόσο πολύ που ο χώρος στο τέλος θα εκραγεί.



Σχήμα 2.1: Η ίδια ηχητική ενέργεια κατανέμεται σε σφαιρικές επιφάνειες αυξανόμενου εμβαδού καθώς αυξάνει το r . Η ένταση του ήχου είναι αντίστροφα ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης από την σημειακή πηγή. (Everest 1994 σελ.22)

Ας δούμε τις παραμέτρους ενός κλειστού χώρου:

- Ο όγκος μετρήσιμος σε κυβικά μέτρα (m^3).
- Ο αριθμός των επιφανειών του, κάθε μία μετρήσιμη σε τετραγωνικά μέτρα (m^2).
- Η απορροφητικότητα της κάθε επιφάνειας (α), και ο μέσος συντελεστής απορρόφησης όλων των επιφανειών του χώρου ($\bar{\alpha}$) που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + \alpha n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad \text{ή} \quad \bar{\alpha} = \frac{A}{S\alpha}$$

Όπου: S_1, S_2, \dots, S_n = τα εμβαδά των αντίστοιχων επιφανειών

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ = ο συντελεστής απορρόφησης ξεχωριστά για κάθε επιφάνεια

A = η συνολική απορρόφηση όλων των υλικών

$S_{ολ}$ = το εμβαδό όλων των επιφανειών

Μέσα σε ένα κλειστό χώρο έχουμε ακουστικά φαινόμενα που δεν υπάρχουν όταν μια πηγή εκπέμπει ήχο στο ύπαιθρο. Αυτά τα φαινόμενα είναι:

- α) η Ανάκλαση ή αλλιώς ηχοανάκλαση
- β) η Απορρόφηση ή αλλιώς ηχοαπορρόφηση
- γ) η Διάχυση ή αλλιώς ηχοδιάχυση
- δ) η Περίθλαση ή αλλιώς ηχοπερίθλαση

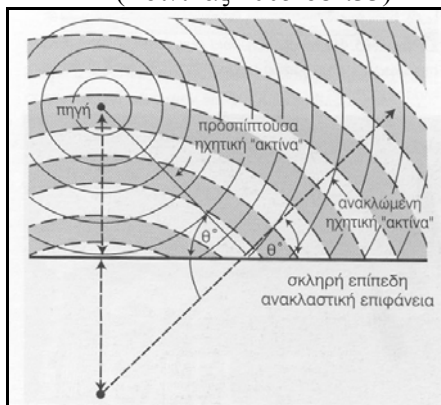
Ας τα δούμε τι είναι το καθένα ξεχωριστά.

2.1.1: Ηχοανάκλαση

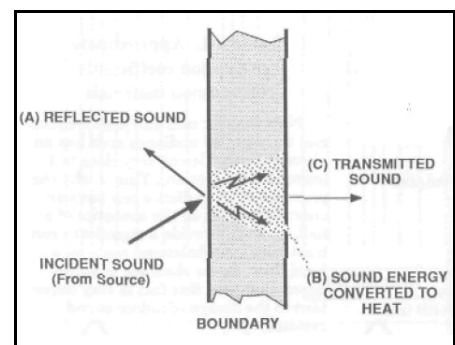
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηχητικό κύμα επιστρέφει (ανακλάται) από μια επιφάνεια όταν προσπίπτει σε αυτή. Γωνία πρόσπτωσης είναι η γωνία με την οποία προσπίπτει το ηχητικό κύμα στην επιφάνεια, ενώ γωνία ανάκλασης η γωνία με την οποία ανακλάται από την επιφάνεια. Κατά την ανάκλαση οι δυο αυτές γωνίες είναι ίσες. Προσπίπτον κύμα λέγεται το κύμα που εκπέμπεται από μια πηγή και έχει κατεύθυνση προς μια επιφάνεια, ενώ μετά την ανάκλαση λέγεται ανακλώμενο κύμα. Κάθε επιφάνεια ή υλικό έχει τον δικό του συντελεστή ηχοανάκλασης (r) για ορισμένη συχνότητα και σε συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτός ισούται με το λόγο της ισχύος του ανακλώμενου κύματος (P_r) προς την ισχύ του προσπίπτοντος κύματος (P_i)

$$r = \frac{P_r}{P_i}$$

Σχήμα 2.2: Ηχοανάκλαση
(Τσινίκας 2005 σελ.33)

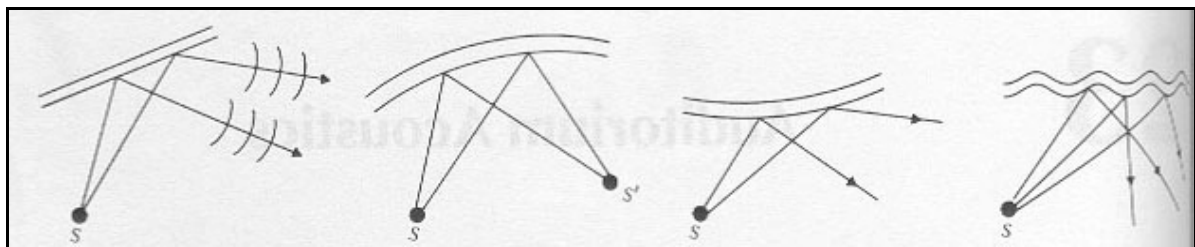


Σχήμα 2.3:
Ηχοανάκλαση
(Gary Davis & Ralph Jones
1989 σελ.53)



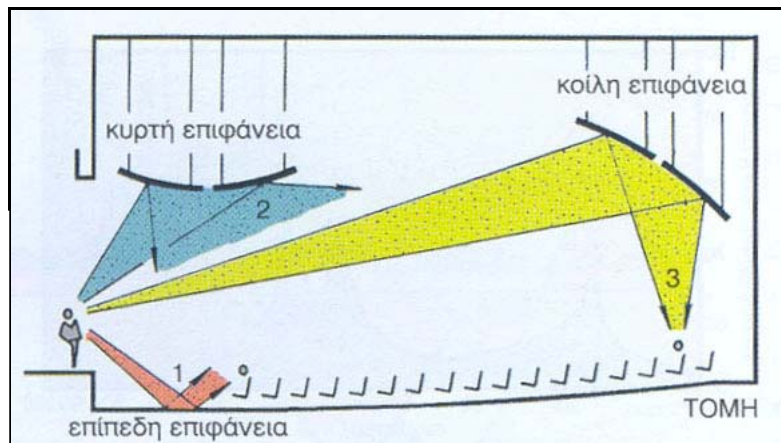
Όλες οι επιφάνειες που έχουν την ιδιότητα να ανακλούν τον ήχο όταν αυτός προσπίπτει πάνω τους, λέγονται ανακλαστήρες. Μεγάλη σημασία στο αν ανακλούν το κύμα που προσπίπτει σε αυτούς έχει το μήκος του κύματος, που αν είναι μεγαλύτερο από τον ανακλαστήρα τότε δεν αντανακλάται.

Επίσης μεγάλη σημασία έχει το σχήμα του ανακλαστήρα όσον αφορά στο ποια διεύθυνση θα πάρει το ανακλώμενο κύμα. Οι κυρτές επιφάνειες διασκορπίζουν τον ήχο στο χώρο ενώ οι κοίλες συγκεντρώνουν τον ήχο και συνήθως ευθύνονται για την δημιουργία στάσιμων κυμάτων, ενώ οι ανώμαλες επιφάνειες διαχέουν τον ήχο προς όλες τις κατευθύνσεις.



Σχήμα 2.4: Από αριστερά προς τα δεξιά: α) επίπεδη επιφάνεια λειτουργεί σαν καθρέφτης β) κοίλη επιφάνεια συγκεντρώνει τον ήχο γ) κυρτή επιφάνεια διαχέει τον ήχο δ) ανώμαλη επιφάνεια διαχέει τον ήχο ακανόνιστα. (Rossing, Moore, Wheeler 2002 σελ.526)

Σχήμα 2.5:
Ηχοανάκλαση 1)επίπεδος ανακλαστήρας 2)κυρτός ανακλαστήρας - διάχυση 3)κοίλος ανακλαστήρας - εστίαση του ήχου.
(Τσινίκας 2005 σελ.34)

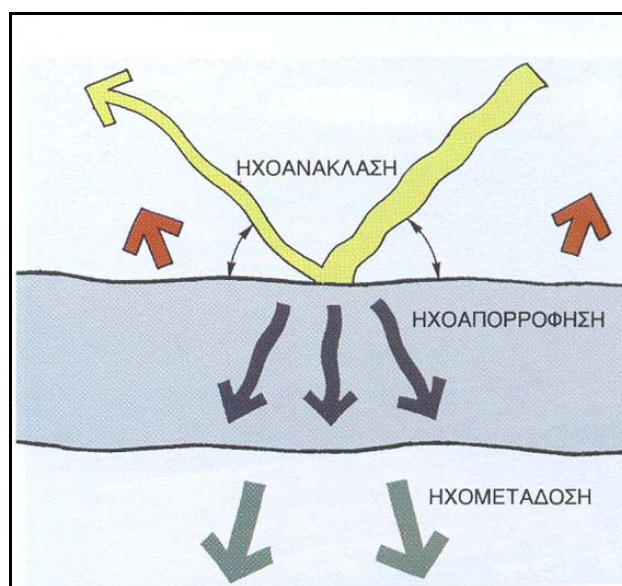


2.1.2: Ηχοαπορρόφηση

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα υλικά απορροφούν την ηχητική ενέργεια και την μετατρέπουν σε άλλη μορφή ενέργειας, συνήθως θερμότητα. Κάθε επιφάνεια έχει τον δικό της συντελεστή απορρόφησης (α) που είναι ο λόγος της ηχητικής ισχύος που απορροφάται προς την ισχύ του προσπίπτον κύματος. Η τιμή του συντελεστή

απορρόφησης κυμαίνεται από 0 έως 1 ή αν το εξετάσουμε ποσοστιαία από 0% έως 100%. Π.χ. συντελεστής $\alpha = 0,5$ ενός υλικού σε συχνότητα 1KHz σημαίνει ότι το υλικό απορροφά το 50% της ηχητικής ενέργειας του 1KHz που προσπίπτει και αντανακλά το υπόλοιπο 50%.

Σχήμα 2.6: Ηχοανάκλαση, ηχοαπορρόφηση, ηχομετάδοση. (Τσινίκας 2005 σελ.35)



2.1.3: Ηχοδιάχυση

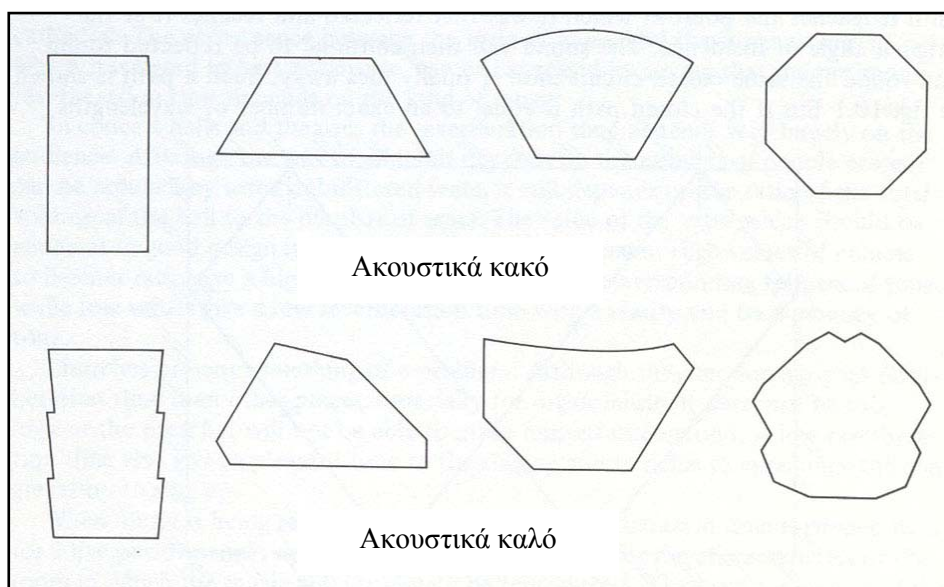
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος έχει την ίδια πυκνότητα ηχητικής έντασης παντού, δηλαδή ο ήχος φτάνει σε όλα τα σημεία του χώρου το ίδιο και έχει την ίδια κατανομή. Η ηχοδιάχυση είναι απαραίτητη συνθήκη για να ισχύουν οι κανόνες της γεωμετρικής ακουστικής σε μεγάλες αίθουσες συναυλιών και σε στούντιο ηχογράφησης. Αυτή πετυχαίνεται με την τοποθέτηση ηχοδιαχυτών που ουσιαστικά είναι ηχοανακλαστικές επιφάνειες με πολλά και ποικίλα σχήματα (π.χ. κύβοι, ορθογώνια, πλάγια παραλληλεπίπεδα, ημισφαίρια, πυραμίδες, ημικύλινδροι κ.α.) και είναι συνήθως κυρτά για την αποφυγή στάσιμων κυμάτων. Κατασκευάζονται από σκληρά και λεία υλικά που καταλήγουν σε μορφή έτσι ώστε να είναι πλήρως ανακλαστικά και να μην δονούνται σε κάποιες συχνότητες τις οποίες θα απορροφούσαν.

Οι ηχοδιαχυτές τοποθετούνται στο χώρο έτσι ώστε τα ηχητικά κύματα να παίρνουν τελείως διαφορετικές διευθύνσεις και να εξυπηρετούν την ίδια αναλογία ηχοαπορρόφησης των επιφανειών του χώρου, κάτι που χρειάζεται μεγάλη προσοχή

στις μεγάλες αίθουσες καθώς έχουν μεγάλο εύρος απορροφητικών συντελεστών λόγω των πολλών διαφορετικών αντικειμένων και επιφανειών. Αν δεν εξεταστεί καλά αυτός ο παράγοντας τότε μπορεί να οδηγηθούμε σε άλλα μη επιθυμητά αποτελέσματα, όπου η ένταση του ήχου κοντά στις πολύ απορροφητικές επιφάνειες είναι πολύ πιο ελαττωμένη από την ένταση που υπάρχει κοντά σε όχι τόσο απορροφητικές επιφάνειες.

Άλλος τρόπος να πετύχουμε καλή ηχοδιάχυση είναι να κατασκευάσουμε τον χώρο δίνοντας του ασύμμετρο σχήμα, ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα δημιουργίας στάσιμων κυμάτων που συμβαίνει στους συμμετρικούς χώρους οι οποίοι έχουν παράλληλες επιφάνειες. Παρακάτω βλέπουμε τις κατόψεις κάποιων χώρων με καλή και κακή ηχοδιάχυση η οποία καθορίζει αν ο χώρος είναι ακουστικά καλός ή κακός.

Σχήμα 2.7: Σχήματα αιθουσών. (Porges 1977 σελ.122)



2.1.4: Ηχοπερίθλαση

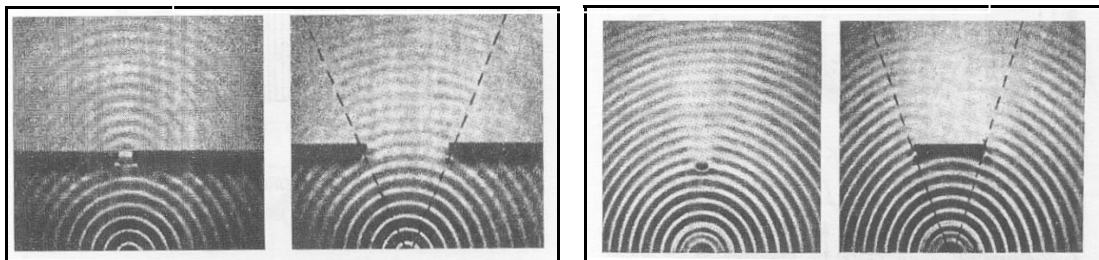
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος αλλάζει διεύθυνση όταν συναντήσει κάποιο εμπόδιο ή σχισμή και αν έχει συγκρίσιμο μήκος κύματος με αυτά φθάνει σε σημεία που βρίσκονται στην "γεωμετρική σκιά". Για να καταλάβουμε καλύτερα πως λειτουργεί το φαινόμενο αυτό αρκεί να φανταστούμε πώς περνάει ο ήχος από μισάνοιχτα παράθυρα και πόρτες ή πώς παρακάμπτει ένα τοίχο και μια γωνία ενός κτιρίου. Αποτέλεσμα της ηχοπερίθλασης είναι η δημιουργία ασαφούς "ηχητικής σκιάς" όπως συμβαίνει στους εξώστες μεγάλου βάθους σε αίθουσες συναυλιών όπου

ακούγονται μόνο οι χαμηλές συχνότητες επειδή κάτω από τα 250Hz δεν συμβαίνει ηχοπερίθλαση.

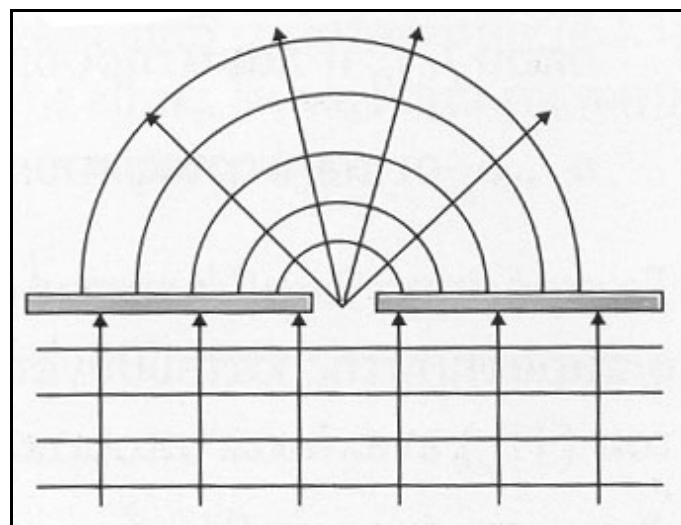
Σχήμα 2.8: Ηχοπερίθλαση (Τσινίκας 2005 σελ. 37)



Σχήμα 2.9: Φωτογραφία κυμάτων νερού που προσπίπτουν πάνω σε ανακλαστική επιφάνεια. Η μικρή οπή σε σχέση με το μεγάλο μήκος κύματος δημιουργεί μια νέα ηχητική πηγή. Η μεγάλη οπή με το μεγάλο μήκος κύματος δεν επηρεάζει. Στα δύο τρίγωνα ηχητικής σκιάς δημιουργούνται δύο νέες πηγές ήχου στην κορυφή των τριγώνων, δηλαδή εκεί που τέμνει η διακεκομμένη γραμμή την ανακλαστική επιφάνεια. (Τσινίκας 2005 σελ. 37)



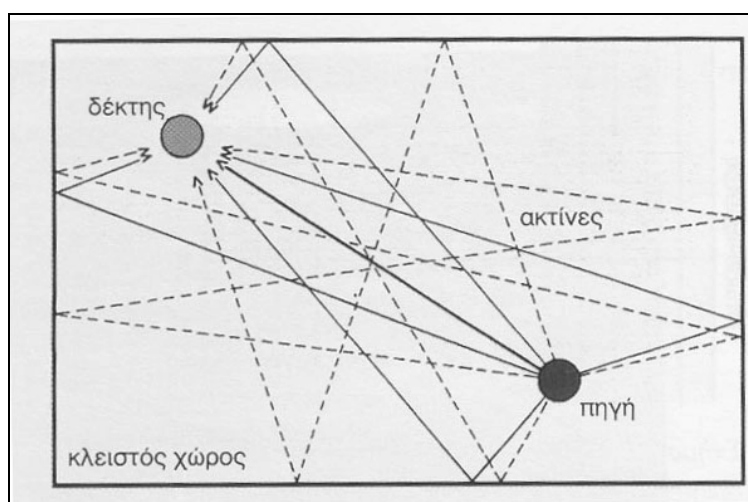
Σχήμα 2.10: Περίθλαση των ηχητικών κυμάτων από τα ανοίγματα. (Σκαρλάτος 2003 σελ.117)



ΕΝΟΤΗΤΑ 2.2: ΑΝΤΗΧΗΣΗ

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα των ανακλάσεων είναι το φαινόμενο της αντήχησης ενός χώρου. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα μεγάλο χώρο που περιλαμβάνει μια πηγή εκπομπής ηχητικής ενέργειας σταθερής στάθμης και στο χώρο δεν υπάρχει καθόλου ηχητική ενέργεια. Η πηγή αρχίζει να εκπέμπει ήχο όπου διαχέεται στο χώρο. Ένα μέρος της ενέργειας του ήχου απορροφάται, ένα άλλο μεταδίδεται μέσω των επιφανειών και το υπόλοιπο και μεγαλύτερο μέρος αντανακλάται από τα τοιχώματα πίσω στο δωμάτιο. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μια προοδευτική αύξηση της ηχητικής ενέργειας στο χώρο μέχρι να αποκατασταθεί η ισορροπία. Στη συνέχεια η πηγή μηδενίζεται. Η ηχητική ενέργεια στο χώρο δεν μηδενίζεται απότομα αλλά διαρκεί για όσο χρόνο υπάρχουν οι καθυστερημένες ανακλάσεις από τα τοιχώματα. Το φαινόμενο αυτό το αντιλαμβανόμαστε σε συνάρτηση με το χρόνο για αυτό και το ονομάζουμε χρόνο αντήχησης και το μετράμε σε δευτερόλεπτα.

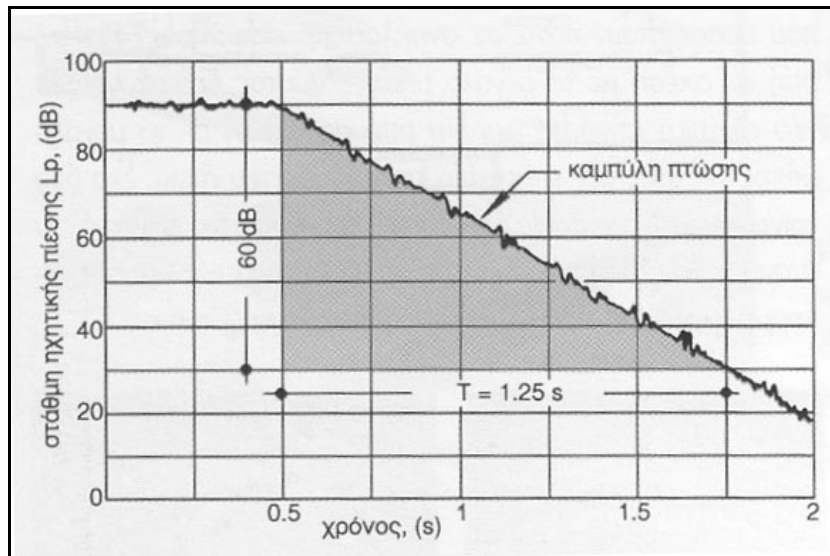
Σχήμα 2.11: Αντήχηση είναι οι πολλαπλές ανακλάσεις διαφορετικής χρονικής καθυστέρησης και διαφορετικής ισχύος προς έναν δέκτη. (Τσινίκας 2005 σελ. 38)



Ορισμός Χρόνου Αντήχησης:

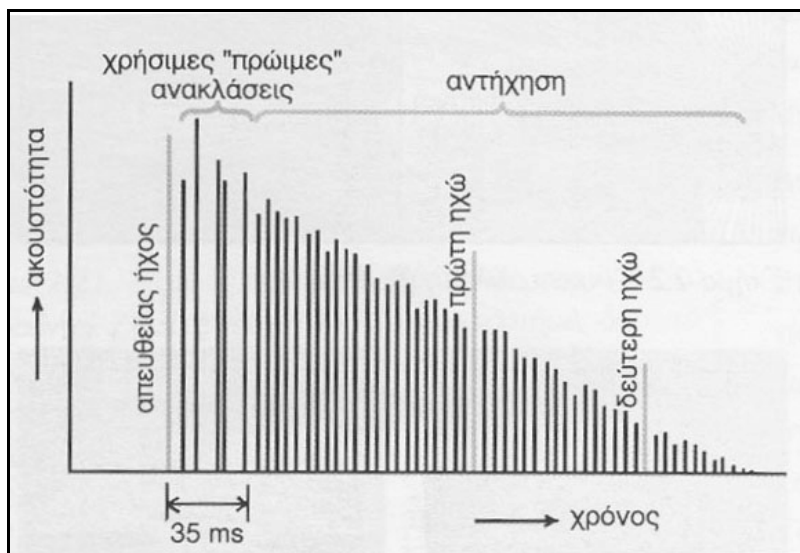
Χρόνος αντήχησης RT_{60} είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη του ήχου σε κάποιο σημείο να ελαττωθεί κατά 60 dB, μετά το μηδενισμό του εκπεμπόμενου ήχου από την πηγή.

Σχήμα 2.12: Χρόνος αντήχησης $T=1,25\text{sec}$ (Τσινίκας 2005 σελ. 38)



Λόγω αυτού του φαινομένου ακούμε μια πηγή να ακούγεται διαφορετικά σε δυο διαφορετικούς χώρους. Μεγάλη επίσης σημασία στη χροιά που δίνει η αντήχηση στον χώρο είναι οι πρώτες ανακλάσεις οι οποίες είναι και οι πιο σημαντικές στο να αποδώσουμε το πώς συμπεριφέρεται ο χώρος.

Σχήμα 2.13: Ακουστότητα του απευθείας ήχου και των πρώτων ανακλάσεων σε συνάρτηση με τον χρόνο. (Τσινίκας 2005 σελ. 38)



Ένας χώρος με χαμηλή απορρόφηση και μεγάλο χρόνο αντήχησης χαρακτηρίζεται ως «ζωντανός χώρος» (live) ενώ ένας άλλος με μεγάλη απορρόφηση και μικρό χρόνο αντήχησης χαρακτηρίζεται ως «νεκρός χώρος» (dead).

2.2.1: Υπολογισμός Χρόνου Αντήχησης

Υπάρχουν πολλές εξισώσεις που υπολογίζουν τον χρόνο αντήχησης διαφορετικά. Οι κυριότερες είναι οι παρακάτω:

1) Εξίσωση του Sabine:
$$RT_{60} = \frac{0.161 V}{A}$$

Όπου: V = ο όγκος της αίθουσας σε m^3 .

A = η συνολική απορρόφηση του χώρου που ισούται με το άθροισμα των επιφανειών του χώρου (S) επί τον συντελεστή απορρόφησης κάθε επιφάνειας (α)

$$A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n$$

Η εξίσωση του Sabine ισχύει ικανοποιητικά για μικρούς χώρους που οι επιφάνειες έχουν παρόμοιους συντελεστές απορρόφησης.

2) Εξίσωση του Norris-Eyring:

$$RT_{60} = \frac{0.161 V}{S \ln\left(\frac{1}{1-a}\right)}$$

Όπου: a = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης: $a = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n}{S}$

S = η συνολική επιφάνεια του χώρου: $S = S_1 + S_2 + \dots + S_n$

Η εξίσωση αυτή ισχύει ικανοποιητικά για κλειστούς χώρους, όταν η απορρόφηση όλων των επιφανειών είναι η ίδια. Στην περίπτωση που υπάρχουν έντονες διαφορές στην απορρόφηση των επιφανειών, οι αποκλίσεις από τις μετρούμενες τιμές είναι σημαντικές και τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο του Fitzroy. Επίσης για πολύ μεγάλους χώρους όπως εκκλησίες, θέατρα κ.α. ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$RT_{60} = \frac{0.161V}{S \ln\left(\frac{1}{1-a}\right) + 4mV}$$

Όπου: m = ο συντελεστής εξασθένησης της ενέργειας που η τιμή του εξαρτάται από την υγρασία και την συχνότητα

V = ο όγκος του χώρου

3) Εξίσωση του Fitzroy:

Ο Fitzroy παρατήρησε πως η αντήχηση ενός χώρου είναι το άθροισμα των αντηχήσεων που παράγονται μεταξύ: • πατώματος και ταβανιού • πλαϊνών τοίχων

• μπροστά και πίσω τοίχων. Ο τύπος του Fitzroy:

$$RT_{60} = \frac{0.049V}{S^2} \left(\frac{2(XY)}{\bar{a}_{xy}} + \frac{2(XZ)}{\bar{a}_{xz}} + \frac{2(YZ)}{\bar{a}_{yz}} \right)$$

Όπου: \bar{a}_{xy} = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xy

\bar{a}_{xz} = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xz

\bar{a}_{yz} = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών yz

Η εξίσωση αυτή έχει καλά αποτελέσματα σε χώρους με ανομοιόμορφη απορρόφηση και είναι εφαρμόσιμος στις περισσότερες πραγματικές περιπτώσεις.

4 EDT (Early Decay Time):

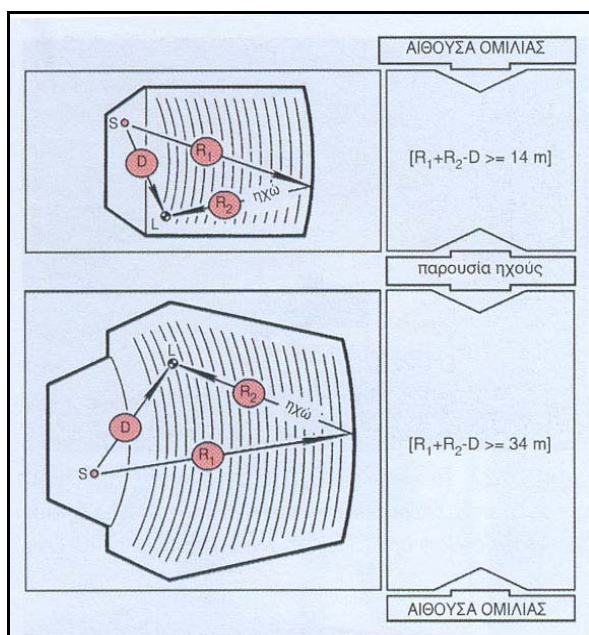
Όταν η κλίση του ρυθμού πτώσης δεν είναι ομαλή, όπως συμβαίνει συνήθως, χρησιμοποιούμε τον πρώιμο ρυθμό μείωσης EDT. Αυτός ο χρόνος ορίζεται ως έξι φορές ο χρόνος που χρειάζεται ο ήχος για να μειωθεί κατά 10dB μετά τον μηδενισμό της πηγής και έτσι λαμβάνει περισσότερο υπόψη τις πρώτες ανακλάσεις. Ο χρόνος EDT είναι μικρότερος του RT60 και έχει καλά αποτελέσματα σε χώρους με ανισόροπη απορρόφηση.

Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε πως για να μετρήσουμε σωστά τον χρόνο αντήχησης ενός χώρου, όποια εξίσωση και αν χρησιμοποιήσουμε, θα πρέπει να πάρουμε μετρήσεις σε πολλά διαφορετικά σημεία του χώρου και να υπολογίσουμε το μέσο όρο του χρόνου αντήχησης γιατί ο χρόνος αντήχησης έχει διαφορετικές τιμές σε διαφορετικές θέσεις του δέκτη.

2.2.2: Φαινόμενο ECHO

Φαινόμενο echo ή ελληνιστί ηχώ, είναι η καθαρότατη και ανεπιθύμητη επανάληψη του ήχου και δεν πρέπει να συγχέεται με την αντήχηση που είναι η επιθυμητή παράταση του ήχου. Η ηχώ είναι ουσιαστικά ένα ακουστικό λάθος αναγνωρίσιμο πολύ εύκολα. Γίνεται αντιληπτό όταν φτάνει στον ακροατή ανάκλαση

καθυστερημένη από τα 40ms και πάνω όταν πρόκειται για ομιλία και 100ms και πάνω όταν πρόκειται για μουσική. Για να προσδιορίσουμε την απόσταση που θα παρουσιαστεί η ηχώ αρκεί να αφαιρέσουμε την απόσταση του απευθείας ήχου από την απόσταση του ανακλώμενου. Αν η ηχητική πηγή είναι ομιλία, η ηχώ εμφανίζεται από τα 14m και πάνω, ενώ για μουσική εμφανίζεται από τα 34m και πάνω, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.14:
 Παρουσία ηχούς σε αίθουσες ακροατηρίου.
 D= απευθείας ήχος,
 R₁ και R₂ = ανακλώμενος ήχος.
 (Τσινίκας 2005 σελ. 74)

Η ηχώ καταστρέφει την καλή ακουστική ενός χώρου και κάνει την επικοινωνία πιο δύσκολη ενώ αλλοιώνει τον ρυθμό της μουσικής. Στους κρουστούς ήχους έχουμε το φαινόμενο της πολλαπλής ηχούς (*Flutter Echo*), δηλαδή πολλές μικρές επαναλαμβανόμενες ανακλάσεις. Αυτό συμβαίνει όταν η πηγή βρίσκεται ανάμεσα σε 2 παράλληλες επιφάνειες. Το φαινόμενο της ηχούς και της πολλαπλής ηχούς το εξαλείφουμε τοποθετώντας ηχοαπορροφητές, ανακλαστές και διαχυτές οδοντωτής διάταξης.

2.2.3: Φαινόμενο HAAS

Το φαινόμενο της ηχούς μπορεί να παρατηρηθεί και για μικρότερες καθυστερήσεις των 100ms για μουσική και 40ms για ομιλία, αρκεί αυτοί οι καθυστερημένοι ήχοι να έχουν μεγαλύτερη στάθμη από τον αρχικό σήμα κατά 10dB. Γεγονός το οποίο μπορεί να συμβεί όταν ο δευτερογενής ήχος δεν προέρχεται από ανάκλαση αλλά από αναπαραγωγή μέσω μιας μεγαφωνικής εγκατάστασης, ενώ όταν

η καθυστέρηση είναι μεγαλύτερη των 100ms το φαινόμενο υπάρχει ανεξάρτητα από την στάθμη του καθυστερημένου ήχου. Εάν η ένταση αυτή δεν είναι τόσο μεγάλη τότε απλώς ενισχύεται το απευθείας σήμα και αυτές οι πρώτες ανακλάσεις ορίζονται σαν *PreDelay*.

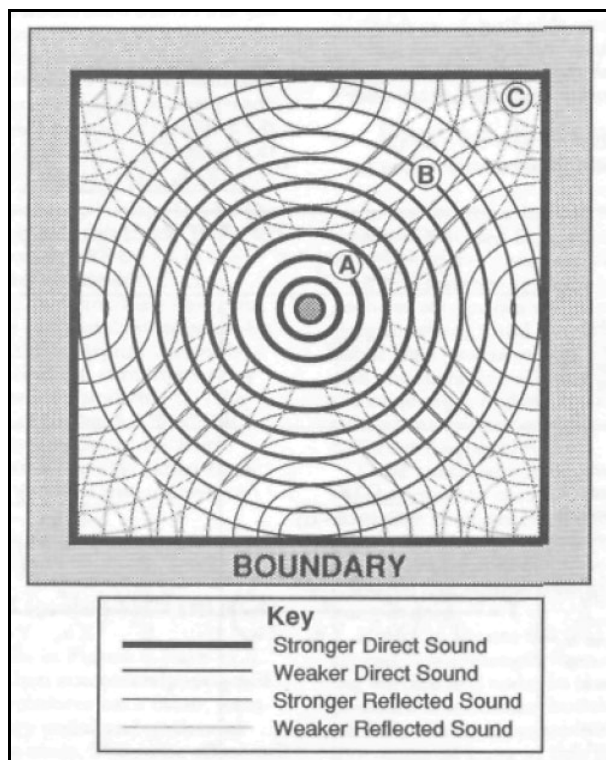
2.2.4: Κρίσιμη Απόσταση (Critical Distance)

Όταν έχουμε μια ηχητική πηγή μέσα σε ένα χώρο που δημιουργεί αντήχηση, τότε όσο πιο κοντά είμαστε στην πηγή ακούμε τον απευθείας ήχο ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτή ακούμε περισσότερο τον ανακλώμενο ήχο. Υπάρχει ένα σημείο όμως το οποίο έχει την ίδια ένταση απευθείας και ανακλώμενου σήματος. Αυτό το σημείο λέγεται κρίσιμη απόσταση και είναι η απόσταση αυτού του σημείου από την πηγή. Μπορεί να υπολογιστεί και από τον τύπο:

$$r_c = 0.21 \sqrt{\frac{V}{RT_{60}}}$$

Όπου: V = ο όγκος του χώρου (m^3)
 RT_{60} = ο χρόνος αντήχησης του χώρου (sec)

Σχήμα 2.15: Α) Ο απευθείας ήχος κυριαρχεί επί του ανακλώμενου, Β) Η ένταση απευθείας και ανακλώμενου ήχου είναι ίδια (κρίσιμη απόσταση), C) Μακριά από την πηγή και κοντά στους τοίχους η ένταση του ανακλώμενου ήχου υπερισχύει επί του απευθείας.
 (Gary Davis & Ralph Jones 1989 σελ.58)



2.2.5: Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης

Κάθε χώρος χρησιμοποιείται για διαφορετικούς σκοπούς και αυτό απαιτεί διαφορετικό χρόνο αντήχησης για κάθε έναν από αυτούς. Για παράδειγμα άλλο χρόνο αντήχησης έχουν χώροι που γίνονται ομιλίες και άλλο χρόνο αντήχησης χώροι που γίνονται συναυλίες. Ο βέλτιστος χρόνος αντήχησης μας δείχνει τις προτεινόμενες τιμές του χρόνου αντήχησης για έναν χώρο ανάλογα με τον όγκο του και τον σκοπό που εξυπηρετεί. Έγινε ύστερα από μελέτη διάφορων θεωρητικών ακουστικολόγων και βασίζεται πάνω σε υποκειμενικά κριτήρια εκτίμησης της απόδοσης της μουσικής και της ομιλίας. Οι διαφορετικές απαιτήσεις για βέλτιστο χρόνο αντήχησης οδήγησαν αναπόφευκτα στην δημιουργία χώρων με μεταβλητή ακουστική που εξυπηρετούν πολλούς σκοπούς. Σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος αντήχησης μεταβάλλεται με την χρήση μετακινούμενων απορροφητών, αυξάνοντας η ελαττώνοντας την απορρόφηση του χώρου. Ας δούμε τώρα το εύρος του χρόνου αντήχησης που μπορεί να έχουν κάποιοι χώροι και χρήσεις τους.

Πίνακας 2.1: Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης (Τσινίκας 2005 σελ.78)

ΧΩΡΟΣ –ΧΡΗΣΗ	Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης RT60 (sec)
Μικρά στούντιο	0,4 – 0,6
Αίθουσες σχολείου	0,5 – 0,8
Διαλέξεις	0,6 – 1,4
Κινηματογράφοι	0,65 – 1,3
Μικρά Θέατρα	1,1 – 1,5
Αμφιθέατρα	1,3- 1,9
Εκκλησίες	1,3 – 3,4
Ορχήστρες	0,8 – 1,3
Ρεσιτάλ Δωματίου	1,2 – 1,9
Όπερα	1,3 – 1,9
Χορωδικά – Συμφωνική	1,6 – 2,2
Εκκλησιαστικό Όργανο	1,9 – 3,4

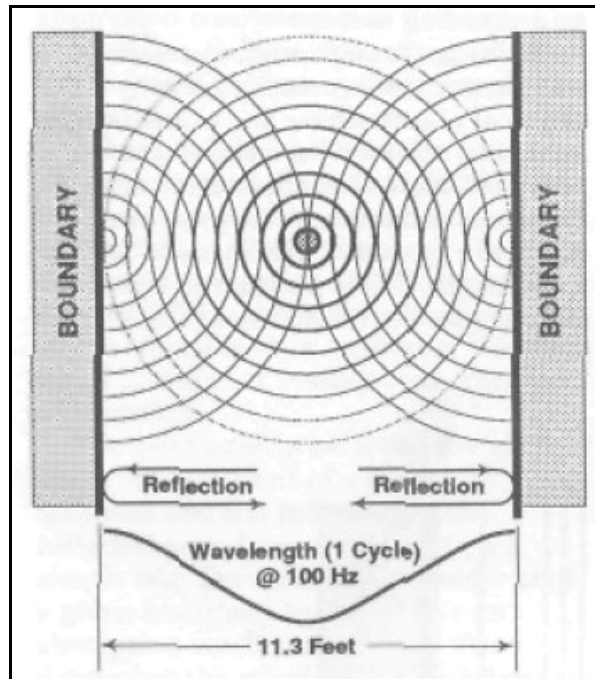
Από τον παραπάνω Πίνακα 2.1 βλέπουμε ότι ένας κινηματογράφος πρέπει να έχει χρόνο αντήχησης από 0,65 έως 1,3sec περίπου. Ο μεγάλος χρόνος αντήχησης σε ένα τέτοιο χώρο θα είχε ως συνέπεια την απώλεια αντιληπτότητας των συλλαβών μειωμένη διακριτότητα και απώλεια συμφώνων. Από αυτό βγαίνει το συμπέρασμα ότι όσο πιο μικρός είναι ο χρόνος αντήχησης τόσο πιο καταληπτή γίνεται η ομιλία.

Οι περισσότερες κινηματογραφικές αίθουσες έχουν πολύ μικρό χρόνο αντήχησης και γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται ως «νεκρές αίθουσες» όπως είπαμε προηγουμένως. Γενικά οι πρώτες ανακλάσεις που δημιουργούνται σε μια αίθουσα συναυλιών είναι χρήσιμες καθώς κάνουν το χώρο να ηχεί φυσικά. Αντίθετα σε μια κινηματογραφική αίθουσα δεν είναι επιθυμητές και πρέπει να εξαλείφονται οι πρώτες ανακλάσεις. Γενικά γνωρίζουμε ότι στις χαμηλές συχνότητες ο χρόνος αντήχησης είναι μεγαλύτερος από αυτόν στις υψηλές και αυτό συμβαίνει διότι πολλές επιφάνειες είναι απορροφητικές στις μεσαίες και στις υψηλές συχνότητες. Επίσης από το γεγονός ότι ο αέρας απορροφά τις υψηλές συχνότητες μειώνοντας τον χρόνο αντήχησης σε αυτές. Επομένως ο τεχνικός που μελετάει την σχεδίαση και την κατασκευή του κινηματογράφου θα πρέπει με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων υλικών να πετύχει την επιπλέον απορρόφηση των χαμηλών συχνοτήτων, ώστε να έχει τον μικρότερο χρόνο αντήχησης σε όλο το συχνοτικό φάσμα.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.3: ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ

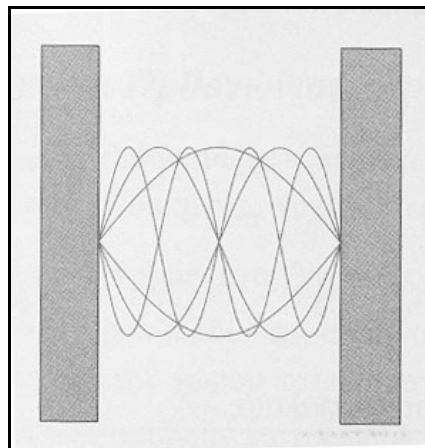
Έστω ότι σε ένα χώρο έχουμε δυο παράλληλες επιφάνειες και στο μέσο τους τοποθετούμε μια πηγή ήχου. Η πηγή παράγει ήχο σταθερής ηχητικής ενέργειας προς όλες τις κατευθύνσεις. Έτσι κάποιο ποσοστό της ενέργειας θα απορροφηθεί από τις επιφάνειες ενώ το υπόλοιπο, αν το μήκος κύματος του ήχου ταιριάζει με την απόσταση των δύο παράλληλων επιφανειών, θα σχηματίσει μια ζώνη εναλλασσόμενης ηχητικής πίεσης, τα λεγόμενα στάσιμα κύματα.

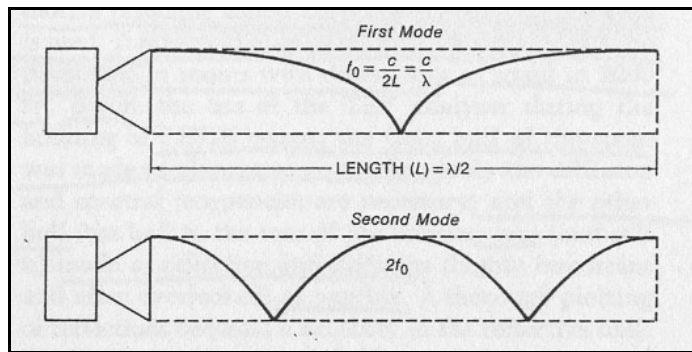
Σχήμα 2.16: Δημιουργία στάσιμου κύματος 100Hz ανάμεσα σε δυο τοίχους απόστασης $3,4\text{m} \cdot 1\text{m}=3,3\text{ft}$. (Gary Davis & Ralph Jones 1989 σελ.56)



Αν κάνουμε μια βόλτα ανάμεσα στις δύο αυτές επιφάνειες θα παρατηρήσουμε ότι σε κάποια σημεία του χώρου ο ήχος έχει μεγάλη στάθμη (μέγιστη πίεση - κοιλίες), ενώ σε άλλα σημεία ο ήχος είναι ανεπαίσθητος (μηδενική πίεση - δεσμοί). Οι εναλλαγές της ηχητικής πίεσης μέσα στο χώρο είναι σε αποστάσεις συμμετρικές μεταξύ τους και εξαρτώνται από το μήκος κύματος του ήχου. Επομένως για συχνότητες πολλαπλάσια του συγκεκριμένου ήχου θα έχουμε πάλι τη δημιουργία στάσιμων κυμάτων με διαφορετική όμως ζώνη ελαχίστων και μέγιστων σημείων ηχητικής πίεσης.

Σχήμα 2.17:
Συντονισμός σε
παράλληλους τοίχους.
(Σκαρλάτος 2003 σελ.111)





Σχήμα 2.18: Πρώτος τρόπος ταλάντωσης First Mode $f_0 = c/\lambda$, δεύτερος τρόπος ταλάντωσης Second mode $= 2f_0$, τρίτος τρόπος ταλάντωσης Third mode $= 3f_0$. (Davis 1997 σελ.214)

Ο χώρος σε αυτή την περίπτωση συμπεριφέρεται σαν συντονιστής και σχηματίζει στάσιμα κύματα με συγκεκριμένους τρόπους δόνησης (modes) που προκύπτουν από τον τύπο:

$$F_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2L}$$

Όπου: F_0 = η συχνότητα του πρώτου τρόπου δόνησης (Hz).

λ = το μήκος κύματος που ισούται με δύο φορές την L απόσταση των δύο απομακρυσμένων επιφανειών του δωματίου.

c = η ταχύτητα του ήχου στον αέρα (m/sec).

Παράδειγμα: Η πρώτη συχνότητα συντονισμού ενός δωματίου μήκους $L = 4,5\text{m}$ είναι:

$$F_0 = \frac{c}{2L} = \frac{340}{9} = 38\text{Hz}$$

Ακολουθως η δεύτερη συχνότητα συντονισμού θα είναι $2f_0 = 76\text{Hz}$

η τρίτη συχνότητα συντονισμού θα είναι $3f_0 = 114\text{Hz}$

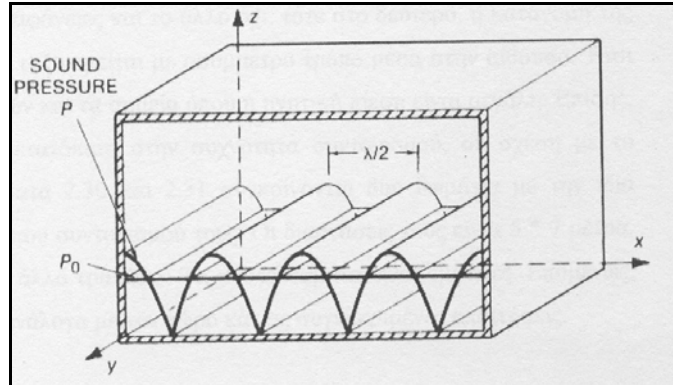
η τέταρτη συχνότητα συντονισμού θα είναι $4f_0 = 152\text{Hz}$

Σε ένα παραλληλεπίπεδο δωμάτιο όμως υπάρχουν τριών ειδών στάσιμα κύματα (modes). Αυτά είναι:

- Τα Αξονικά στάσιμα κύματα (axial mode) που δημιουργούνται ανάμεσα σε δύο απέναντι επιφάνειες για αυτό και είναι μονοδιάστατα. Έχουν την μεγαλύτερη ενέργεια για αυτό και μας ενδιαφέρουν περισσότερο και είναι τα $(Nx, 0, 0)$, $(0, Ny, 0)$ και $(0, 0, Nz)$.
- Τα εφαπτομενικά στάσιμα κύματα (tangential mode) που δημιουργούνται μεταξύ τεσσάρων επιφανειών δηλαδή σε δύο διαστάσεις και έχουν το μισό της ενέργειας των αξονικών. Είναι τα $(Nx, Ny, 0)$, $(Nx, 0, Nz)$ και $(0, Ny, Nz)$.
- Τα πλάγια στάσιμα κύματα (Oblique Mode) που δημιουργούνται μεταξύ έξι

επιφανειών για αυτό και είναι τρισδιάστατα και έχουν μόνο το ένα τέταρτο της ενέργειας των αξονικών. Είναι τα (N_x, N_y, N_z) .

Σχήμα 2.19: Διάγραμμα ηχητικής πίεσης, *mode* (4,0,0)
(Davis 1997 σελ.214)



Οι φυσικές συχνότητες δόνησης ενός χώρου βρίσκονται από τη σχέση:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{N_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{N_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{N_z}{L_z}\right)^2}$$

Όπου: N_x, N_y, N_z = σταθερές που παίρνουν ανεξάρτητα η κάθε μία τις ακέραιες τιμές 0, 1, 2, 3.....έως το άπειρο

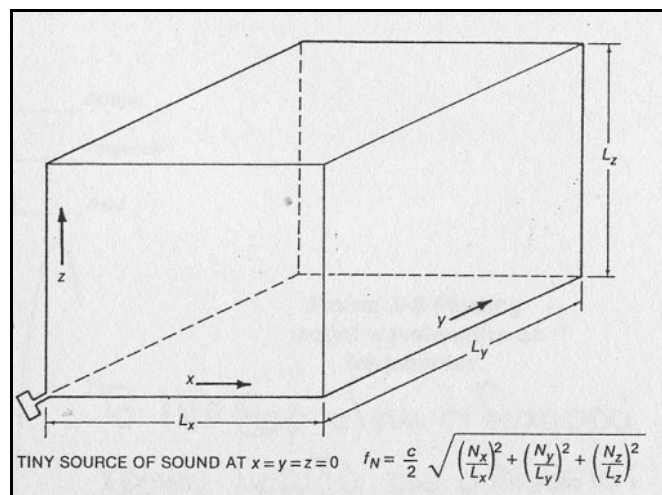
L_x = το μήκος δωματίου

L_y = το πλάτος δωματίου

L_z = το ύψος δωματίου

: c = η ταχύτητα του ήχου στον αέρα

Σχήμα 2.20: Υπολογισμός των modes σε ορθογώνιο δωμάτιο.
(Davis 1997 σελ.214)



Στάσιμα κύματα συμβαίνουν κυρίως σε ορθογώνιους χώρους αλλά και σε χώρους με μη παράλληλες επιφάνειες με μικρότερα προβλήματα όμως αφού γίνεται κατανομή της ηχητικής ενέργειας με ασύμμετρο τρόπο και έτσι είναι πιο δύσκολο να βρεθούν οι δεσμοί και οι κοιλίες των στάσιμων κυμάτων. Επίσης αυτές οι κοιλίες έχουν μικρότερη ηχητική πίεση από τις κοιλίες των στάσιμων κυμάτων που δημιουργούνται σε ορθογώνιους χώρους. Από όλα αυτά καταλαβαίνουμε ότι τα στάσιμα κύματα παίζουν μεγάλο ρόλο στην ακουστική των κλειστών χώρων και αποτελούν βασικό παράγοντα μελέτης στην αρχιτεκτονική ακουστική.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.4: ΚΑΤΑΛΗΠΤΟΤΗΤΑ ΟΜΙΛΙΑΣ

2.4.1: Βασικά Γνωρίσματα Της Ομιλίας

Οι πληροφορίες που μεταδίδονται μέσω της ομιλίας είναι ένα σχήμα συχνοτήτων και έντασης που μετατοπίζονται γρήγορα στο χρόνο. Η συχνοτική έκταση της ομιλίας εκτείνεται κατά μέσο όρο από τα 125Hz μέχρι και τα 4000Hz. Οι ήχοι ομιλίας δεν έχουν την ίδια δύναμη προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κατεύθυνση την οποία έχει το κεφάλι. Η επίδραση της οριζόντιας κατεύθυνσης είναι μέτρια περίπου 5dB στη ζώνη των 125Hz μέχρι 250Hz και οφείλεται στο ότι το κεφάλι είναι μικρότερο σε σχέση με τα μήκη κύματος της ζώνης αυτής. Αντίθετα στη ζώνη μεταξύ 1400Hz μέχρι 2000Hz που περιέχει σημαντικές συχνότητες ομιλίας υπάρχει σημαντική κατευθυντική επίδραση και η διαφορά μπρος-πίσω είναι περίπου 12dB. Η περιοχή της ομιλίας έχει μια μέση δυναμική περιοχή περίπου 42dB και καλύπτει περίπου 4,5 οκτάβες

Όπως γνωρίζουμε η ομιλία για κάθε γλώσσα αποτελείται από φωνήεντα και σύμφωνα. Τα φωνήεντα είναι πιο ηχηρά από τα σύμφωνα και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια. Για τα φωνήεντα έχουμε διάρκεια περίπου 90ms ενώ για τα σύμφωνα έχουμε διάρκεια περίπου 20ms. Τα σύμφωνα έχουν περισσότερες υψηλές συχνότητες (πιο κατευθυντικά) για αυτό και σε χώρους με μεγάλο χρόνο αντήχησης και καθυστερούμενες ανακλάσεις επικαλύπτονται από τα φωνήεντα. Αν δούμε τη συνολική ηχητική ισχύ σε ένα σχετικά "νεκρό" δωμάτιο για το φάσμα της ομιλίας θα παρατηρήσουμε ότι η στάθμη είναι πιο μεγάλη στις χαμηλές συχνότητες απ' ότι στις υψηλές συχνότητες. Τέλος συμπεραίνουμε ότι οι υψηλές συχνότητες είναι οι πιο σημαντικές, επειδή καθορίζουν την καταληπτότητα της ομιλίας και για αυτό

χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή.

2.4.2: Επίδραση Της Αντήησης

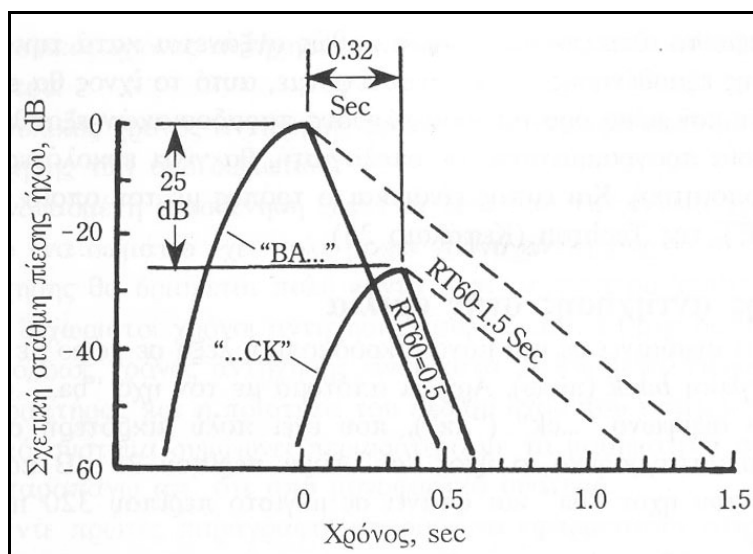
Βασικός παράγοντας για την καταληπτότητα της ομιλίας είναι ο χρόνος αντήησης. Έστω ότι ένας ακροατής εκφωνεί σε ένα δωμάτιο (στα αγγλικά) την λέξη "back". Η πρώτη συλλαβή που εκφωνεί είναι ο ήχος "ba" και τελειώνει με το σύμφωνο "ck" που έχει μικρότερη στάθμη. Το σύμφωνο "ck" είναι περίπου 25dB κάτω από τη μέγιστη στάθμη του ήχου "ba" και φτάνει σε μέγιστο περίπου 320ms μετά το μέγιστο του ήχου "ba". Αν υποθετικά ο χρόνος αντήησης του δωματίου είναι 0,5sec (εξασθένηση 60dB σε 0,5sec) το σύμφωνο "ck" που φτάνει σε μέγιστο μετά από 0,32sec δεν καλύπτεται από τον χρόνο αντήησης και εξασθενεί με την ίδια ταχύτητα που εξασθενεί η πρώτη συλλαβή "ba". Αν υποθέσουμε όμως ότι ο χρόνος αντήησης είναι από 1sec και πάνω, τότε το σύμφωνο "ck" καλύπτεται πλήρως από αντήηση του "ba".

Το κύριο αποτέλεσμα της υπερβολικής αντήησης είναι να κάνει την καταληπτότητα της ομιλίας δύσκολη καλύπτοντας τα σύμφωνα με χαμηλότερη στάθμη. Η συγκεκριμένη λέξη δεν γίνεται αντιληπτή αν δεν ακούσουμε καθαρά την κατάληξη "ck" για να την ξεχωρίσουμε από άλλες λέξεις όπως bass ή bath κ.α.

Με αυτό το παράδειγμα κατανοούμε την επίδραση του χρόνου αντήησης στην καταληπτότητα της ομιλίας και την αιτία για την οποία η ομιλία γίνεται περισσότερο αντιληπτή σε δωμάτια με μικρούς χρόνους αντήησης.

Σχήμα 2.21: Παράσταση επίδρασης της αντήησης στην αντιληπτότητα ομιλίας.

Η κατανόηση της λέξης "back" εξαρτάται από την σύλληψη του τελευταίου συμφώνου με χαμηλή στάθμη, του "ck", που συνήθως καλύπτεται από την αντήηση αν ο χρόνος αντήησης είναι πολύ μεγάλος (Everest 1994 σελ.146)



2.4.3: Αντιληπτότητα Συλλαβών

Το ποσοστό των συλλαβών που γίνονται αντιληπτές από το μέσο ακροατή προς το σύνολο των συλλαβών που εκφωνούνται κατά τη διάρκεια μιας ομιλίας εκφράζει την ποιότητα της ομιλίας. Η μέτρηση του ποσοστού καταληπτότητας των συλλαβών γίνεται σε ένα χώρο στον οποίο ελέγχουμε τον χρόνο αντήχησης και το λόγο σήματος προς θόρυβο. Στο χώρο αυτό εκπέμπονται κάποιες συλλαβές χωρίς συγκεκριμένο νόημα και οι ακροατές οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε διάφορες θέσεις μέσα σε αυτόν καταγράφουν ότι έχουν ακούσει. Το ποσοστό των συλλαβών που έχουν γίνει κατανοητές από το σύνολο των ακροατών μας δίνει την καταληπτότητα των συλλαβών. Ένα ικανοποιητικό ποσοστό είναι το 95% για την καταληπτότητα των συλλαβών.

2.4.4: Απώλεια Συμφώνων (Articulation Loss)

Ο Reutz κάνοντας πειράματα σε ένα χώρο που μπορούσε να ελέγχει τον χρόνο αντήχησης, την απόσταση από την πηγή και τον θόρυβο βάθους, μέτρησε το ποσοστό των συμφώνων που δεν αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής. Ο παρακάτω τύπος μας δείχνει ποσότητα που εκφράζει την απώλεια συμφώνων όπως προτάθηκε από τον ίδιο τον Reutz.

$$\%Al_{cons} = \frac{200(rRT60)^2}{V}$$

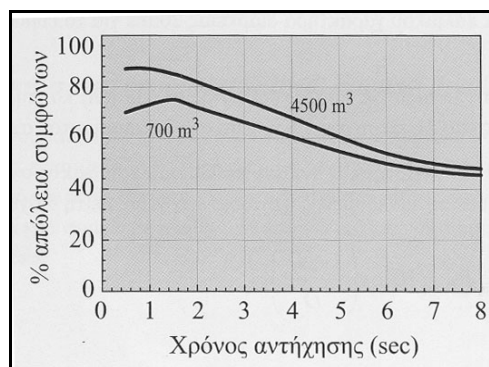
Όπου: RT60 = ο χρόνος αντήχησης (sec)

r = απόσταση από την πηγή (m)

V = ο όγκος του δωματίου (m³)

Η παραπάνω σχέση ισχύει για αποστάσεις από την πηγή μέχρι την κρίσιμη απόσταση r_c γιατί μετά την κρίσιμη απόσταση η απώλεια συμφώνων είναι σταθερή και ίση με 9×RT60.

Σχήμα 2.22: Σχέση Articulation Loss και RT60
(Σκαρλάτος 2003 σελ.192)



Πίνακας 2.2: Απώλεια Συμφώνων

Απώλεια Συμφώνων Ομιλίας	Καταληπτότητα
Alcons ≤ 3%	Ιδανική
Alcons = 3 - 7%	Πολύ καλή
Alcons = 7 - 12%	Καλή
Alcons >12%	Ικανοποιητική (Όριο 15%)
Alcons >25%	Κακή

2.4.5: Δείκτης RASTI

Ο υπολογισμός του δείκτη RASTI (Rapid Speech Transmission Index – δείκτης γρήγορης μετάδοσης ομιλίας) αναπτύχθηκε από τους Hoogast και Steeneken. Είναι ένας αντικειμενικός δείκτης που μετρά το ποσοστό των σωστών συλλαβών που αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής, λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο αντήχησης και το θόρυβο βάθους. Οι τιμές που παίρνει είναι ανάμεσα στο 0 και 1.

Πίνακας 2.3: RASTI

Τιμή Δείκτη Rasti	Καταληπτότητα Ομιλίας
0 – 0,3	Κακή
0,3 – 0,45	Φτωχή
0,45 – 0,6	Καλή
0,6 – 0,75	Πολύ καλή
0,75 – 1	Εξαιρετική

Γενικά σε ένα κλειστό χώρο έχουμε άριστη καταληπτότητα όταν η περιβάλλουσα της ομιλίας ενός ομιλητή είναι όμοια με την περιβάλλουσα που αντιλαμβάνεται ο ακροατής. Αυτό όμως δεν είναι εφικτό στην πραγματικότητα λόγω του χρόνου αντήχησης και του θορύβου βάθους.

Ο άμεσος δείκτης μετάδοσης ομιλίας RASTI προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$RASTI = \frac{(\bar{X} + 15)}{30}, (\%)$$

Όπου: \bar{X} η προφανής σχέση σήματος ως προς τον θόρυβο (s/n).

2.4.6: Θόρυβος Και Καταληπτότητα

Σημαντικός παράγοντας για την καταληπτότητα της ομιλίας είναι η στάθμη θορύβου που επικρατεί στο χώρο όπως είδαμε και από τον παραπάνω τύπο. Όταν ο θόρυβος βάθους είναι μεγάλος σε σχέση με την ηχητική στάθμη της πηγής ή την ηχητική ένταση της φωνής ενός εκφωνητή τότε πολλοί άνθρωποι και συνήθως ηλικιωμένοι με προβλήματα ακοής, θα αντιμετωπίσουν πρόβλημα με την κατανόηση της ομιλίας διότι θα καλύπτεται ο ήχος από τη στάθμη του θορύβου. Γι' αυτό θα πρέπει το ηχητικό σύστημα να παράγει ηχητική στάθμη έντασης επαρκή και κυρίως να προσπαθήσουμε να μειώσουμε τη στάθμη θορύβου ώστε να πετύχουμε ένα καλό λόγο σήματος προς θόρυβο διότι όπως συμπεραίνουμε όταν ο λόγος αυτός είναι αρνητικός τότε το σήμα δεν γίνεται αντιληπτό από τον ακροατή. Επομένως όσο αυξάνεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο (Signal / Noise) τότε αυξάνεται και η καταληπτότητα της ομιλίας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2.5: ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ

2.5.1: Θόρυβος Βάθους

Όπως γνωρίζουμε σε ένα κινηματογράφο αναπόφευκτη είναι η έλλειψη θορύβου. Κάθε ακροατήριο έχει μια στάθμη θορύβου περίπου 42 με 48 dB SPL. Η στάθμη θορύβου που προέρχεται από διάφορους παράγοντες μέσα στην αίθουσα δημιουργεί προβλήματα ακρόασης, καταληπτότητας της ομιλίας και αν είναι πολύ μεγάλη ο χώρος γίνεται ενοχλητικός και ο ήχος καλύπτεται από τον θόρυβο. Ο θόρυβος μπορεί να εισέλθει στο χώρο με τον αέρα μέσω μιας χαραμάδας ή ενός μικρού σπασίματος ενός τοίχου, μέσω μηχανικής μετάδοσης, μέσα από την ίδια την κατασκευή και μέσω διαφράγματος (π.χ. ο ήχος από τον αέρα μπορεί να προκαλέσει την ταλάντωση ενός τοίχου και αυτός με την σειρά του μπορεί να μεταδώσει τον ήχο μέσα στο χώρο).

Ο θόρυβος που υπάρχει σε μια κινηματογραφική αίθουσα από παράγοντες όπως αυτοκίνητα, θόρυβος εξωτερικού περιβάλλοντος, ήχος από διπλανές αίθουσες προβολής, θόρυβος που προέρχεται από τους ίδιους τους ακροατές που βρίσκονται στο χώρο και από τα μηχανήματα που διαθέτει η αίθουσα όπως τον εξαερισμό και τον προβολέα ονομάζεται *Θόρυβος Βάθους*.

Στόχος σε κάθε κατασκευή ακροατηρίων είναι η μελέτη για τη βελτίωση της

στάθμης θορύβου βάθους ώστε να υπάρχει ένα καλό ηχητικό αποτέλεσμα για το ακροατήριο.

Υπάρχουν 4 βασικές προσεγγίσεις για την ελάττωση του θορύβου σε ένα χώρο:

- Τοποθέτηση της αίθουσας σε ήσυχο μέρος μακριά από θορυβώδη περιβάλλοντα.
- Ελάττωση της ηχητικής στάθμης του θορύβου μέσα στην αίθουσα.
- Ελάττωση της ηχητικής στάθμης του θορύβου της ενοχλητικής πηγής (π.χ. προβολέα, εξαερισμού κ.α.).
- Τοποθέτηση μονωτικού φράγματος μεταξύ θορύβου και αίθουσας.

2.5.2: Ηχομόνωση

Η ηχομόνωση ενός χώρου διακρίνεται σε δυο βασικές κατηγορίες: α) από έξω προς τα μέσα και β) από μέσα προς τα έξω. Ας δούμε κάθε μία ξεχωριστά.

A) Από Έξω Προς Τα Μέσα: Όπως είπαμε προηγουμένως ένας χώρος και συγκεκριμένα στην περίπτωσή μας ένας κινηματογράφος, όταν βρίσκεται σε μια περιοχή που υπάρχει πολύς εξωτερικός θόρυβος θα πρέπει να προστατεύεται από αυτόν αλλιώς οι θεατές χάνουν την προσοχή τους από το έργο.

Προφανές είναι ότι η δυνατότητα να κατασκευαστεί ο χώρος σε ήσυχο μέρος, ώστε να αποφευχθούν οι θόρυβοι του εξωτερικού περιβάλλοντος, είναι πολυτέλεια και εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Επομένως για το πρόβλημα του θορύβου βάθους θα πρέπει να στραφούμε σε λύσεις πιο εφικτές. Ένας συμπαγής τοίχος θα μείωνε σημαντικά την στάθμη του εξωτερικού θορύβου και την εισροή του στον εσωτερικό χώρο. Όσο η μάζα του υλικού αυξάνεται τόσο καλύτερος είναι ο τοίχος σαν εμπόδιο από τους εξωτερικούς θορύβους. Επειδή αυξάνεται όμως το βάρος της κατασκευής καταφεύγουμε στην χρήση διπλών και τριπλών τοιχωμάτων με ελαστικά υλικά ανάμεσα για μείωση των κραδασμών πετυχαίνοντας έτσι πολύ καλή ηχομόνωση και παράλληλα ελαφριές κατασκευές.

Επίσης για να αποφύγουμε τους κτυπογενείς θορύβους στα πατώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτά ως μόνωση, υλικά όπως το μπετόν, το λάστιχο, το ξύλο, ο υαλοβάμβακας και το χαλί. Αυτά είναι καλό να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό γιατί όταν αλλάζει η σύνθετη αντίσταση των υλικών ο διαδιδόμενος ήχος μειώνεται καλύτερα.

Η χρησιμοποίηση μικρών θαλάμων με δυο πόρτες είναι μια πολύ καλή λύση στο να μην εισχωρεί εξωτερικός θόρυβος μέσα στην αίθουσα και προτιμάται από την τοποθέτηση μιας αεροστεγούς πόρτας μεγάλου βάρους, λόγω χαμηλότερου κόστους και ευκολίας στο άνοιγμα και στην συντήρηση. Ο τρόπος σύνδεσης των πορτών με τους τοίχους θέλει προσοχή καθώς ο ήχος μπορεί να διεισδύσει μέσα και από πολύ μικρά ανοίγματα και σχισμές.

Άλλος ένας τρόπος για την αντιμετώπισή του εξωτερικού θορύβου είναι η τοποθέτηση βλάστησης έξω από την αίθουσα ως θάμνοι και δέντρα με μεγάλη πυκνότητα φυλλώματος που επηρεάζουν θετικά το ποσοστό απορρόφησης του ήχου.

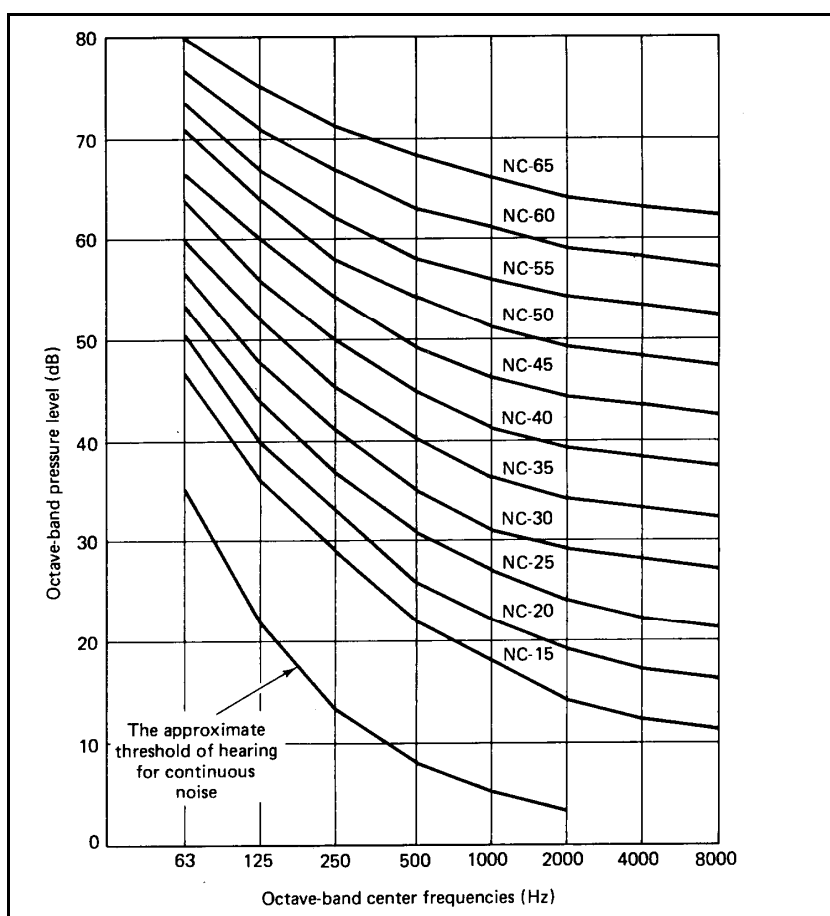
B) Από Μέσα Προς Τα Έξω: Για να πετύχουμε ηχομόνωση από μέσα προς τα έξω χρησιμοποιούμε τις ίδιες μεθόδους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση μείωσης του μεταδιδόμενου θορύβου από έξω προς τα μέσα. Επίσης η τοποθέτηση ενός χαλιού στο χώρο του ακροατηρίου θα βοηθήσει στην απορρόφηση των δονήσεων που προκαλούνται από τον βηματισμό των ανθρώπων. Η καλή μόνωση του δωματίου που βρίσκεται ο κινηματογραφικός προβολέας θα βοηθούσε στη μείωση του θορύβου καθώς και η μείωση του θορύβου που προέρχεται από το σύστημα εξαερισμού. Η μελέτη τού συστήματος εξαερισμού είναι πολύ σημαντική γιατί μας βοηθάει να εξασφαλίζουμε τον σωστό εξαερισμό της αίθουσας, διατηρώντας την σωστή υγρασία και αποφεύγοντας την διείσδυση του αερόφερτου θορύβου.

Γενικά ο εξοπλισμός ενός καλλιτεχνικού χώρου θα πρέπει να λειτουργεί με χαμηλές στάθμες θορύβου, καθώς επίσης να επιβλέπεται και να συντηρείται τακτικά.

2.5.3: Καμπύλες Θορύβου NC

Για τον υπολογισμό της στάθμης θορύβου σε σχέση με τη συχνότητα του σε ένα δημόσιο κτίριο ή μία κινηματογραφική αίθουσα χρησιμοποιούνται οι καμπύλες κατάταξης θορύβου NC (noise criteria). Οι καμπύλες NC προτάθηκαν από τον Beranec το 1988 και συσχετίζουν το φάσμα του θορύβου με την επίπτωση του σε κάθε είδους ηχητικό σήμα.

Σχήμα 2.23: NC curves



ΕΝΟΤΗΤΑ 2.6: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

2.6.1: Ηχοαπορροφητές

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά είναι εκείνα τα υλικά τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλη ικανότητα ηχοαπορρόφησης και χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική ακουστική. Ο συντελεστής απορρόφησης αποτελεί το μέτρο ικανότητας της κάθε επιφάνειας ή του υλικού να απορροφά τον ήχο. Αν από την προσπίπτουσα ηχητική ενέργεια απορροφάται το 40% σε επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου λέμε ότι ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης είναι 0,40 (Sabin). Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης ενός υλικού μεταβάλλεται με τη συχνότητα και τη γωνία πρόσπτωσης του ήχου. Όλοι οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης που δίνουν οι κατασκευαστές για υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για αρχιτεκτονικούς ακουστικούς υπολογισμούς μετρούνται με τη

μέθοδο του θαλάμου αντήχησης. Ο θάλαμος αντήχησης είναι ένα μεγάλο δωμάτιο με πολύ ανακλαστικά τοιχώματα, οροφή και πάτωμα, με πολύ μεγάλο χρόνο αντήχησης, ειδικά κατασκευασμένος ώστε να υπάρχουν πολλοί τρόποι δόνησης (modes) σε πολλές συχνότητες. Η μέθοδος του θαλάμου αντήχησης μετρά αυτόματα τη μέση τιμή του συντελεστή ηχοαπορρόφησης των ηχοαπορροφητικών υλικών.

Συνήθως τα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατασκευάζονται από βαμβάκι (που είναι εξαιρετικός απορροφητής ήχου) και χνουδωτά ινώδη υλικά σε μορφή ταμπλό, υφασμάτων, χαλιών κ.α. Καθώς ο ήχος προσκρούει σε μια τέτοια επιφάνεια κάποιο μέρος της ηχητική ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα λόγω της τριβής καθώς οι ίνες αρχίζουν να κινούνται. Στη συνέχεια ο ήχος εισχωρεί όλο και βαθύτερα ανάμεσα στο πορώδες υλικό και χάνει διαρκώς ενέργεια καθώς όλο και περισσότερες ίνες ταλαντώνονται μετατρέποντας την ηχητική ενέργεια σε θερμική. Υπάρχουν δυο όρια ανάμεσα στα οποία βρίσκονται τα καλά ηχοαπορροφητικά υλικά. Αν οι ίνες είναι πολύ αραιές θα απορροφηθεί λίγη ηχητική ενέργεια σαν θερμότητα, ενώ αντίθετα, αν οι ίνες είναι πολύ πυκνές η εισχώρηση του ήχου δεν θα είναι επαρκής ώστε να προκαλέσει την απαιτούμενη τριβή. Μεταξύ αυτών των δυο ορίων βρίσκονται ηχοαπορροφητικά υλικά που είναι καλοί ηχοαπορροφητές και αποτελούνται από κυτταρίνη ή ορυκτές ίνες.

Άλλα γνωστά ηχοαπορροφητικά υλικά είναι το υαλόνημα σε μορφή ταμπλώ (με ίνες από γυαλί που αποτελούνται από ειδικά υλικά μεγάλης πυκνότητας), οι αφροί από πολουρεθάνη (αφρολέξ) γνωστά και ως Sonex, και οι κουρτίνες που λειτουργούν σαν ηχοαπορροφητές ήχου ανάλογα με το βάρος του υλικού που είναι κατασκευασμένες, τον βαθμό πτύχωσης (ζάρες) και την απόσταση τους από τον τοίχο. Τα χαλιά τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως για την αισθητική στο χώρο απορροφούν τον ήχο συνήθως στις υψηλές συχνότητες και αυτό δημιουργεί ένα πρόβλημα στην ισοστάθμιση της ηχοαπορρόφησης.

Τέλος οι ηχοαπορροφητές με διαφράγματα ή αλλιώς "*συνηχητές μεμβράνης*" σε αντίθεση με τους πορώδεις απορροφητές οι οποίοι απορροφούν τον ήχο σε υψηλές και μεσαίες συχνότητες, έχουν τη δυνατότητα απορρόφησης του ήχου σε χαμηλές συχνότητες. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη μηχανική δόνηση της επιφάνειας που πάλλεται, όταν ο ήχος προσπίπτει πάνω της και έτσι αποσβένει τον κραδασμό. Η ανάγκη για την παρουσία ηχοαπορροφητών με διάφραγμα σε χώρους ακροατηρίου είναι απαραίτητη αφού οι ακροατές και τα περισσότερα υλικά απορροφούν μεσαίες

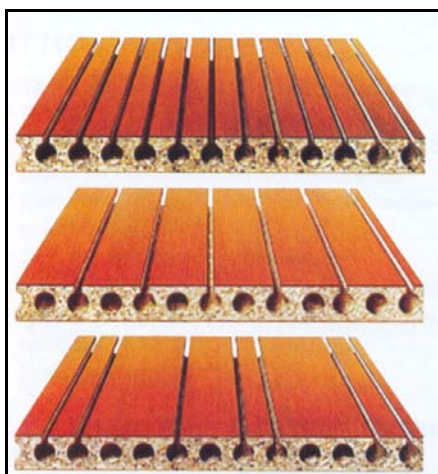
και υψηλές συχνότητες. Τα υλικά κατασκευής των συνηχητών είναι συνήθως υποπροϊόντα του ξύλου όπως νοβοπάν και κόντρα πλακέ.

Η επίδραση του πάχους των ηχοαπορροφητικών υλικών μετά από κάποια τιμή, αν και θα περιμέναμε να μας δίνει μεγάλο συντελεστή ηχοαπορρόφησης για μεγαλύτερο πάχος, ισχύει μόνο για τις χαμηλές συχνότητες κάτω από τα 500Hz. Σε αυτή την περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων παρατηρούμε βελτίωση όσο αυξάνεται το πάχος του υλικού, αντίθετα πάνω από τα 500Hz ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης παραμένει σχεδόν σταθερός.

Επίδραση του κενού πίσω από τον ηχοαπορροφητή: Η απορρόφηση ενός απορροφητικού υλικού μπορεί να βελτιωθεί στις χαμηλές συχνότητες αν τοποθετηθεί σε απόσταση από τον τοίχο. Ανάλογα με τη συχνότητα που θέλουμε να απορροφήσουμε τοποθετούμε το απορροφητικό υλικό σε απόσταση ενός τετάρτου μήκος κύματος ή σε περίττα πολλαπλάσια του ενός τετάρτου. Αυτός είναι ένας εύκολος τρόπος να πάρουμε μεγαλύτερη ηχοαπορρόφηση σε χαμηλές συχνότητες.

Η επίδραση της πυκνότητας που μεταβάλλεται σχεδόν 4 προς 1 επηρεάζει πάρα πολύ λίγο τον συντελεστή ηχοαπορρόφησης του ηχοαπορροφητικού υλικού. Σε πολύ μικρές πυκνότητες η τριβή μεταξύ των ινών και του ήχου που προσπίπτει δεν είναι ικανή ώστε να απορροφήσει τον ήχο και σε πολύ μεγάλες πυκνότητες έχουμε μικρή εισχώρηση του ήχου στο πορώδες υλικό με μεγάλη ανάκλαση. Οι δύο παραπάνω περιπτώσεις αφορούν τα όρια μεταξύ πυκνότητας υλικών και συντελεστή ηχοαπορρόφησης.

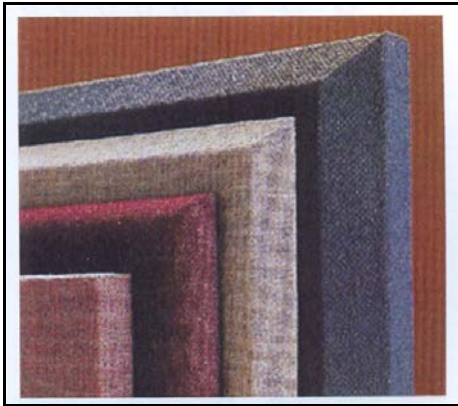
Σχήμα 2.24: Συνηχητής κοιλότητας dewewton. (Τσινίκας 2005 σελ.61)



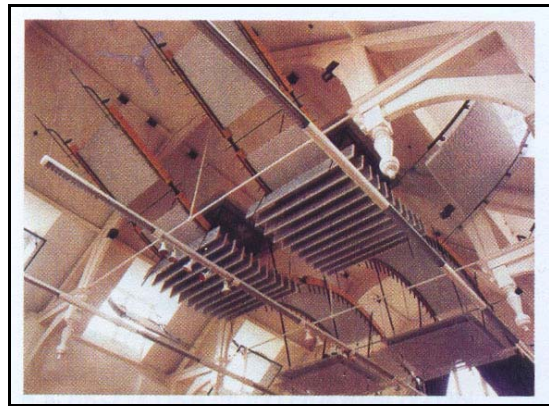
Σχήμα 2.25: Πορώδη ηχοαπορροφητικά από αφρώδη πολυουρεθάνη με εξογκώματα για την αύξηση της επιφάνειας ηχοαπορρόφησης. (Τσινίκας 2005 σελ.61)



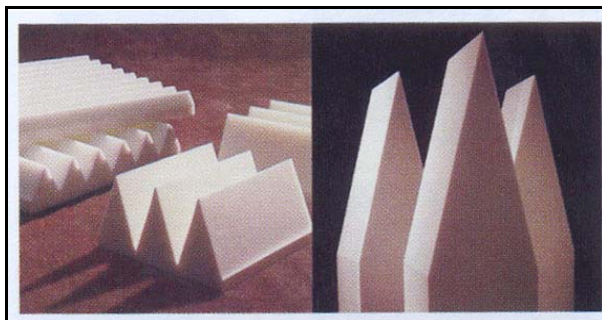
Σχήμα 2.26: Φινίρισμα πλασιών που επικαλύπτουν πορώδη υλικά. (Τσινίκας 2005 σελ.61)



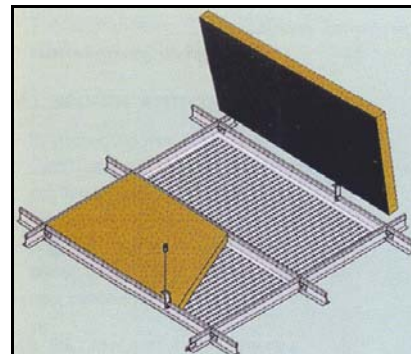
Σχήμα 2.27: Σύνθεση αναρτημένων στοιχείων ηχοαπορρόφησης, ηχοδιάχυσης και φωτισμού. (Τσινίκας 2005 σελ.61)



Σχήμα 2.28: Πορώδη ηχοαπορροφητικά sonex από αφρώδη πολουρεθάνη. (Τσινίκας 2005 σελ.61)

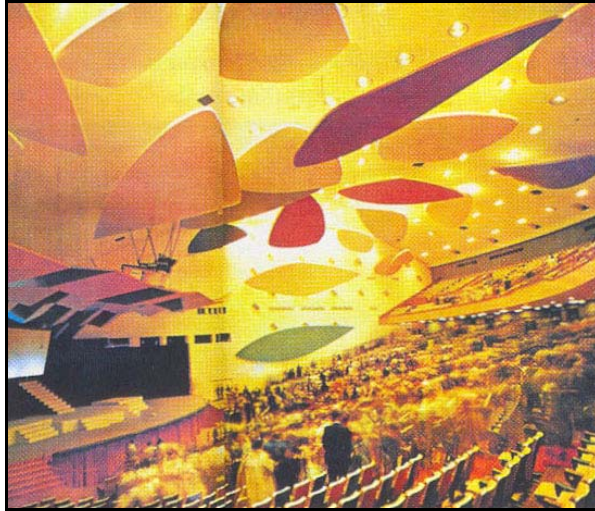


Σχήμα 2.29: Πορώδης ηχοαπορροφητική πλάκα από ύαλο-πετρο-ορυκτο-βάμβακα που επικαλύπτεται από ειδικό επίστρωμα υαλοπιλήματος, που τοποθετείται πίσω από μεταλλικό διάτρητο ηχοδιαπερατό πλέγμα ψευδοροφής. (Τσινίκας 2005 σελ.61)



2.6.2: Ηχοανακλαστήρες

Ηχοανακλαστήρας είναι η επιφάνεια εκείνη η οποία έχει την ιδιότητα να αντανακλά τον ήχο που προσπίπτει σε αυτήν. Το επιφανειακό βάρος και το υλικό που είναι κατασκευασμένη η επιφάνεια επηρεάζουν την ανακλαστικότητα του ηχοανακλαστήρα. Επίσης το μήκος κύματος του ήχου που προσπίπτει θα πρέπει να είναι μικρότερο από την επιφάνεια του ηχοανακλαστή. Συνήθως χρησιμοποιούμε κυρτές ανακλαστικές επιφάνειες οι οποίες έχουν την τάση να διαχέουν τον ήχο που προσπίπτει σε αυτές προς όλες τις κατευθύνσεις μέσα στο χώρο, αντίθετα με τις κοίλες ανακλαστικές επιφάνειες οι οποίες έχουν την τάση να συγκεντρώνουν τον ήχο που προσπίπτει πάνω τους.



Σχήμα 2.30: Ανακλαστήρες που συμβάλουν και στην καλή αισθητική του χώρου σε αίθουσα της Βενεζουέλας. (Τσινίκας 2005 σελ.36)

2.6.3: Ηχοδιαχυτές

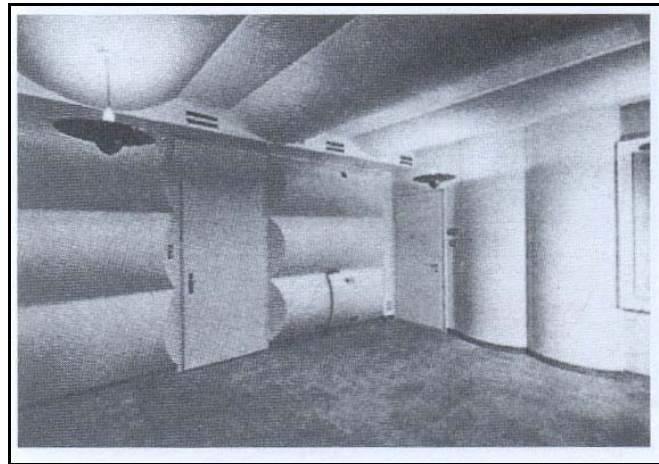
Ηχοδιαχυτές είναι τα υλικά εκείνα τα οποία διαχέουν τον ήχο που προσπίπτει πάνω τους προς όλες τις διευθύνσεις. Αυτό είναι και το ζητούμενο σε ένα χώρο, ώστε να έχουμε τον ίδιο χρόνο αντήχησης σε όλες τις θέσεις του δωματίου καθώς και ισόποση ηχητική πυκνότητα και ένταση προς όλες τις διευθύνσεις.

Ο πρώτος ηχοδιαχυτής ήταν του Schroeder. Ο Schroeder παράγγειλε ένα μεταλλικό φύλλο με αυλακώσεις οι οποίες είχαν βάθος ενός τετάρτου του μήκος κύματος της συχνότητας που πρόσπιπτε πάνω στο φύλλο και παρατήρησε ότι ο ήχος είχε μεγαλύτερη διάχυση στο χώρο, σε σχέση με προηγούμενες αυλακώσεις που είχαν τυχαία βάθη ανάλογα με το μήκος κύματος της συχνότητας. Το πείραμα αυτό ήταν σημείο καμπής για την ακουστική, καθώς μέχρι τότε η διάχυση αναζητούνταν με στρέβλωση των τοίχων, με χρήση υλικών διαφόρων γεωμετρικών προεξοχών κ.α.

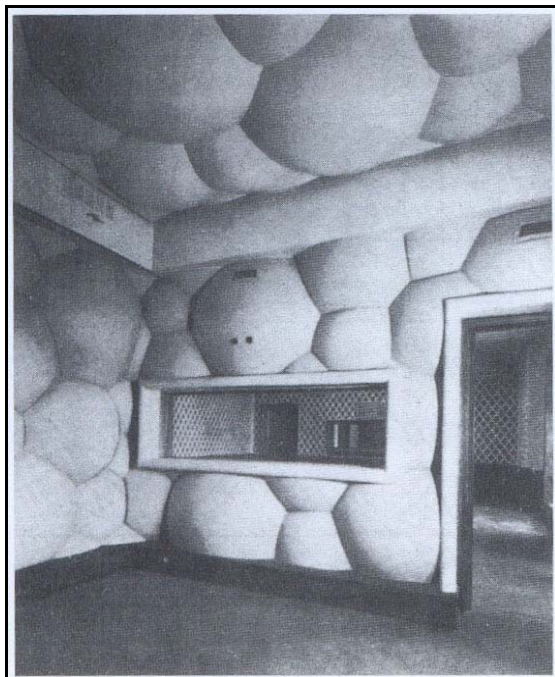
Άλλοι τύποι ηχοδιαχυτών είναι οι ηχοδιαχυτές φράγματος περίθλασης. Σε ένα μεγάλο χώρο η ηχητική ποιότητα της αίθουσας εξαρτάται και επηρεάζεται πολύ από τις ανακλάσεις των πλευρικών τοίχων. Μια σειρά από ηχοδιαχυτές φράγματος περίθλασης στο κέντρο της αίθουσας, στη στάθμη της οροφής, μπορεί να διαχέει τον ήχο από την σκηνή πλάγια προς το ακροατήριο. Επίσης οποιαδήποτε ενοχλητική ανάκλαση μπορεί να ελεγχθεί με την κατάλληλη θέση των ηχοδιαχυτών. Σε ένα μεγάλο χώρο είναι χρήσιμο να γίνεται καταληπτή η ομιλία αλλά και οι συνθήκες να μην επηρεάζουν την απόλαυση και ποιότητα της μουσικής. Συνήθως ο πίσω τοίχος με τις ανακλάσεις δημιουργεί ηχώ. Αν τοποθετηθούν ηχοδιαχυτές εξαλείφεται η ηχώ και διατηρείται πολύτιμη ενέργεια για τη μουσική αλλά και για την ομιλία. Άλλοι τύποι διαχυτών είναι οι διαχυτές τετραγωνικού υπολοίπου (QRD) και οι διαχυτές

πρωτεύουσας ρίζας. Οι ηχοδιαχυτές είναι συνήθως σχήματα όπως κύβοι, ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, ημικύλινδροι και συνδυασμοί αυτών που εξέχουν από τους τοίχους. Είναι κατασκευασμένοι από σκληρά λεία υλικά για να εξασφαλίζεται έντονη ανακλαστικότητα. Τέλος δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, έτσι ώστε να μην δονούνται και απορροφούν χαμηλές συχνότητες.

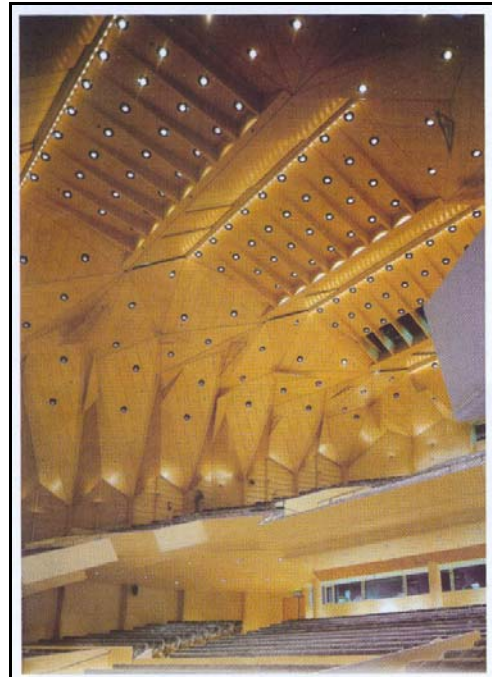
Σχήμα 2.31: Ηχοδιαχυτές κυλινδρικού σχήματος. (Τσινίκας 2005 σελ.71)



Σχήμα 2.32: Ηχοδιαχυτές σφαιρικού σχήματος. (Τσινίκας 2005 σελ.71)



Σχήμα 2.33: Ηχοδιαχυτές - πρίσματα σε πλαϊνούς τοίχους σε αίθουσα συναυλιών στην Φινλανδία. (Τσινίκας 2005 σελ.71)



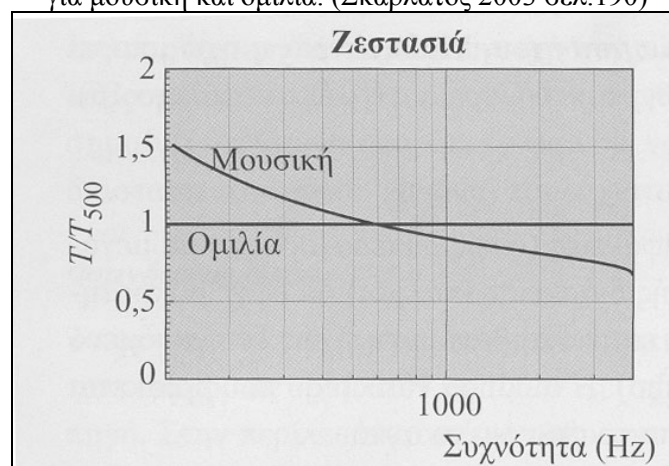
ΕΝΟΤΗΤΑ 2.7: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

Η αρχιτεκτονική ακουστική είναι η επιστήμη που εξετάζει όλες τις παραμέτρους που πρέπει να διέπονται σε ένα χώρο ώστε αυτός να έχει καλή ακουστική. Ονομάζεται έτσι γιατί ένας χώρος κατασκευάζεται εξαρχής από τον μηχανικό-αρχιτέκτονα ώστε να πληρεί όλες τις παραμέτρους καλής ακουστικής. Επίσης σε ήδη κατασκευασμένους χώρους προτείνει λύσεις ανάλογα με τις εφαρμογές που εξυπηρετούν. Παρακάτω βλέπουμε κάποιες από τις πιο σημαντικές παραμέτρους.

2.7.1:Χρωματισμός, «Ζεστασιά»

Όταν η καθυστέρηση του ανακλώμενου ήχου σε ένα χώρο είναι μικρή, της τάξης των 10ms, τότε η χροιά του ήχου αλλάζει άρα χρωματίζεται. Επίσης αλλαγή της χροιάς του ήχου έχουμε ανάλογα με την συμπεριφορά του χρόνου αντήχησης ως προς το συχνοτικό φάσμα. Έτσι ένας χώρος που έχει μεγάλο χρόνο αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες και μικρότερο στις ψηλές χαρακτηρίζεται σαν «ζεστός χώρος». Αίθουσες που προορίζονται για μουσικές εφαρμογές προτιμώνται να έχουν το χαρακτηριστικό του ζεστού χώρου ενώ αίθουσες που προορίζονται για ομιλία όχι. Στο κάτω σχήμα βλέπουμε πως για μουσικούς χώρους ο χρόνος αντήχησης μπορεί να μετατοπιστεί στα 1,5sec για την συχνότητα των 100Hz.

Σχήμα 2.34: Σύγκριση σχετικών χρόνων αντήχησης για μουσική και ομιλία. (Σκαρλάτος 2003 σελ.190)



2.7.2: Οικειότητα

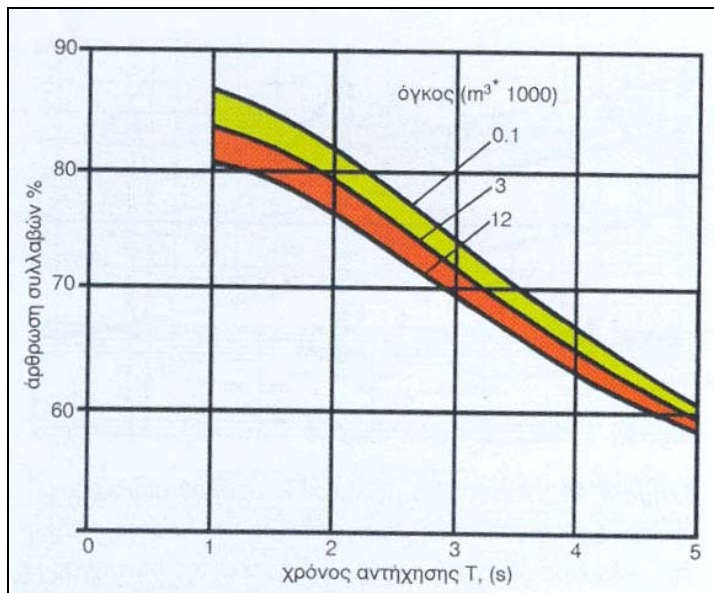
Παράλληλα μια πολύ σημαντική παράμετρος είναι η οικειότητα που ονομάζεται αλλιώς παρουσία (presence). Η οικειότητα επιτυγχάνεται όταν στην μικρή αίθουσα η μουσική που παίζεται, ακούγεται σαν να παίζεται σε μικρή αίθουσα. Οι καθυστερήσεις των ανακλώμενων ηχητικών ακτινών από τις απευθείας διαδιδόμενες καθορίζουν την τιμή της. Αυτές οι καθυστερήσεις δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 20ms ώστε να δίνουν την αίσθηση ότι δεν διαφέρουν πολύ από τον απευθείας ήχο. Οι τιμές αυτές επηρεάζονται από την απόσταση των ανακλαστικών επιφανειών και ισχύουν και για θέσεις μακριά από την πηγή που τροφοδοτούνται από πολύ κοντινό ανακλαστήρα. Έτσι λοιπόν τα 20ms που είναι και η μεγαλύτερη τιμή της οικειότητας αντιστοιχούν σε 7m. Οι ανακλάσεις των πλάγιων επιφανειών του χώρου είναι αυτές που μας ενδιαφέρουν πιο πολύ, ενώ αυτές της οροφής όχι τόσο.

2.7.3: Ηχητική Συγκέντρωση (Sound Focus – dead spot)

Όταν έχουμε μια κοίλη επιφάνεια και πέσει ένα ηχητικό κύμα πάνω της, που το μήκος του είναι μικρότερο σε σχέση με την καμπύλη της επιφάνειας, τότε ο ήχος εστιάζεται σε συγκεκριμένα σημεία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα σημεία αυτά να έχουν μεγάλες τιμές έντασης ενώ κάποια άλλα (νεκρά σημεία), να υστερούν κατά πολύ σε σχέση με αυτά. Αυτό το φαινόμενο δεν είναι επιθυμητό και για την αντιμετώπισή του χρησιμοποιούμε ανακλαστήρες κυρτής καμπύλης ή και διαχυτές.

2.7.4: Ευκρίνεια

Σε μεγάλους χώρους όπου γίνεται ομιλία, η ευκρίνεια του ήχου είναι πολύ χαμηλή λόγω του μεγάλου χρόνου αντήχησης που κάνει κάθε συλλαβή να ακούγεται πάνω από την προηγούμενη συλλαβή. Η ευκρίνεια σχετίζεται με τον δείκτη RASTI που μιλήσαμε στην ενότητα της καταληπτότητας ομιλίας, αλλά και με τον όγκο και χρόνο αντήχησης του χώρου που καθορίζουν το ποσοστό (%) άρθρωσης της ομιλίας. Στο κάτω σχήμα βλέπουμε ότι η % άρθρωση ομιλίας μειώνεται όσο αυξάνει ο όγκος και ο χρόνος αντήχησης.



Σχήμα 2.35: Μέση % άρθρωση συλλαβών σε σχέση με τον χρόνο αντήχησης χώρων με διαφορετικούς όγκους 100m³, 3000m³ και 12000m³. (Τσινίκας 2005 σελ.80)

2.7.5: Όγκος ανά ακροατή

Η σχέση όγκου ανά ακροατή παίζει πολύ μεγάλο ρόλο και εξασφαλίζει την χρυσή τομή ανάμεσα στις ανακλαστικές και ηχοαπορροφητικές επιφάνειες. Όταν σε μια αίθουσα ο όγκος ανά ακροατή είναι μικρότερος από τον βέλτιστο, τότε ο χρόνος αντήχησης είναι μικρότερος από τον βέλτιστο και για να τον πετύχουμε χρησιμοποιούμε περισσότερες ανακλαστικές επιφάνειες. Αντίθετα όταν ο όγκος ανά ακροατή είναι μεγαλύτερος από τον βέλτιστο τότε και ο χρόνος αντήχησης είναι μεγαλύτερος από τον βέλτιστο για αυτό και χρησιμοποιούμε περισσότερες ηχοαπορροφητικές επιφάνειες. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τον βέλτιστο όγκο ανά ακροατή για τις σημαντικότερες κατηγορίες αιθουσών.

Πίνακας 2.4: Βέλτιστος Όγκος ανα Ακροατή

ΧΩΡΟΙ	Όγκος Ανά Ακροατή (m ³)		
	ελάχιστος	βέλτιστος	μέγιστος
Χώροι ομιλίας	2,3	3,1	4,3
Αίθουσες συναυλιών	6,2	7,8	10,8
Όπερες	4,5	5,7	7,4
Κινηματογράφοι	2,8	3,5	5,1
Εκκλησίες	5,4	7,8	10,5
Πολλαπλών χρήσεων	5,1	7,1	8,5

2.7.6: Συχνότητα FL

Ο Manfred Schroeder όρισε ως συχνότητα FL, την συχνότητα όπου πάνω από αυτή το δωμάτιο θα συμπεριφέρεται ομοιόμορφα σε όλες τις συχνότητες. Ο τύπος που μας δείχνει τη συχνότητα αυτή είναι:

$$F_L = K \sqrt{\frac{RT_{60}}{V}}$$

Όπου: K = η σταθερά 2000 στο σύστημα S.I

RT60 = ο χρόνος αντήχησης (sec).

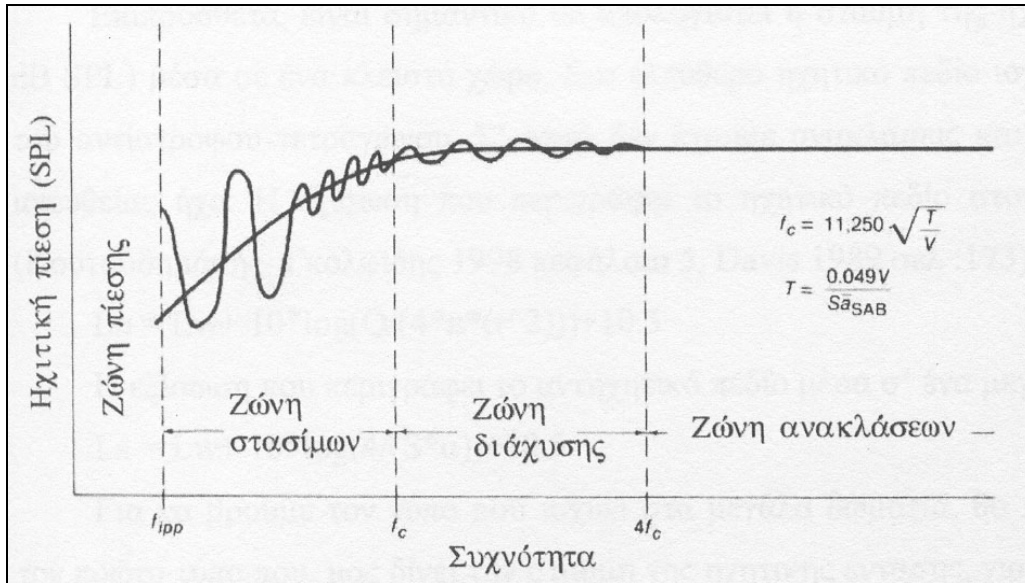
V = ο όγκος του δωματίου (m³)

Παράδειγμα: Θέλουμε να κατασκευάσουμε δυο χώρους. Ο ένας προορίζεται για ομιλία και ο άλλος για μουσική. Ο χώρος της ομιλίας πρέπει να έχει κατώτερο όριο συχνότητας FL=80Hz και ο χώρος της μουσικής κατώτερο όριο συχνότητας FL=30Hz. Αν υποθέσουμε πως ο χρόνος αντήχησης RT60 θα είναι και στους δυο χώρους 1,6sec τότε:

- Ο χώρος ομιλίας θα πρέπει να έχει όγκο V = 1000m³
- Ο χώρος μουσικής θα πρέπει να έχει όγκο V = 7111m³

Η συχνότητα FL είναι αυτή που καθορίζει ένα μικρό από ένα μεγάλο χώρο. Σε μεγάλο χώρο αυτή μπορεί να είναι 30Hz, ενώ σε μικρό μπορεί να είναι 250HZ και πάνω. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι ένα δωμάτιο αποτελείται από τέσσερις συχνοτικές περιοχές. Η πρώτη είναι η ζώνη πίεσης, μια περιοχή πολύ χαμηλών συχνοτήτων συχνά μη ακουστών και κυμαίνεται από τα 0Hz έως $F = \frac{171,5}{L}$ όπου L η μεγαλύτερη διάσταση του δωματίου. Η δεύτερη ζώνη είναι η ζώνη στάσιμων κυμάτων και κυμαίνεται από το τέλος της ζώνης πίεσης έως και την FL (FL=fc). Σε αυτή την περιοχή σχηματίζονται τα βασικότερα στάσιμα κύματα γιατί οι συχνότητες που υπάγονται σε αυτή την κατηγορία έχουν μήκη κύματος ίσα με τις διαστάσεις του δωματίου. Τρίτη είναι η ζώνη διάχυσης, και κυμαίνεται από την συχνότητα fc έως και την 4fc. Τελευταία ζώνη είναι η ζώνη ανακλάσεων όπου σε αυτήν την περιοχή τα στάσιμα κύματα που δημιουργούνται είναι τόσο πυκνά που δεν υπάρχει διακύμανση της ακουστικής πίεσης.

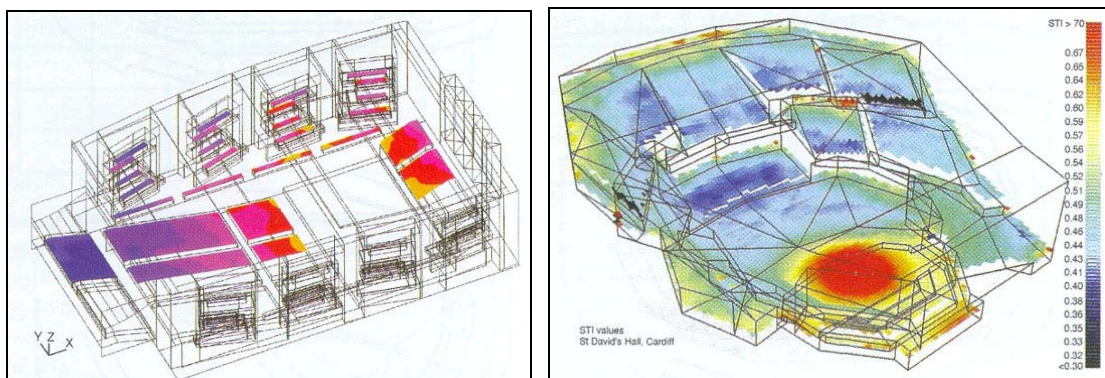
Σχήμα 2.36: Στους μικρούς χώρους η f_c κυμαίνεται από τα 250Hz και πάνω.
(Davis 1997 σελ.168)



2.7.7: Κατανομή του Ήχου (Ισοσταθμικές καμπύλες)

Όσο μικρότερες διαφορές έντασης υπάρχουν σε ένα ακροατήριο τόσο αδιάφορο είναι που θα κάτσει κάποιος για να ακούει καλύτερα. Οι ισοσταθμικές καμπύλες κατανομής ήχου παρουσιάζουν τις στάθμες από την πρώτη σειρά ακροατών έως και την τελευταία σειρά ακροατών. Μια διαφορά στάθμης των 3dBA θεωρείται άριστη. Παρακάτω βλέπουμε τις ισοσταθμικές καμπύλες δύο χώρων.

Σχήμα 2.37: Κατανομή του ήχου σε ισοσταθμικές καμπύλες.
(Τσινίκας 2005 σελ. 82)



2.7.8: Παράμετροι Καλής Ακουστικής

Γενικότερα λέμε ένας χώρος έχει καλή ακουστική όταν ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Ο ήχος έχει την ίδια κατανομή παντού, δηλαδή είναι διάχυτος.
- Το φαινόμενο της επικάλυσης δεν εμφανίζεται ή είναι περιορισμένο.
- Ο ρυθμός μείωσης του ήχου είναι βέλτιστος με αποτέλεσμα την καθαρότητα της ομιλίας και την βελτίωση της μουσικής. Ισχύει δηλαδή ο βέλτιστος χρόνος αντήχησης.
- Δεν υπάρχουν δυσάρεστες καταστάσεις όπως ηχώ, πολλαπλή ηχώ, φαινόμενο Haas, ηχητικές σκιές, παραμορφώσεις και ηχητικές συγκεντρώσεις.
- Ο χώρος διαθέτει επαρκή ηχομόνωση.

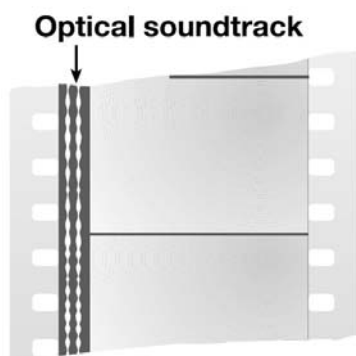
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΗΧΟΣ

Εισαγωγή:

Μια βόλτα σε μια κινηματογραφική αίθουσα σήμερα είναι πολύ πιο συναρπαστική από ποτέ άλλοτε και αυτό οφείλεται σαφώς στην εξέλιξη της εικόνας (έγχρωμο φιλμ, μεγάλα φορμάτ), αλλά πολύ περισσότερο στην εξέλιξη του ήχου. Οι περισσότεροι κινηματογραφόφιλοι δεν αντιλαμβάνονται την δύναμη και την σημασία του ήχου σε μια ταινία αλλά ένα πολύ καλό τεστ κλείνοντας τον ήχο σίγουρα θα τους έκανε να παραδεχτούν αυτή την δύναμη, πόσο μάλλον αν πρόκειται για ταινία επιστημονικής φαντασίας ή δράσης.

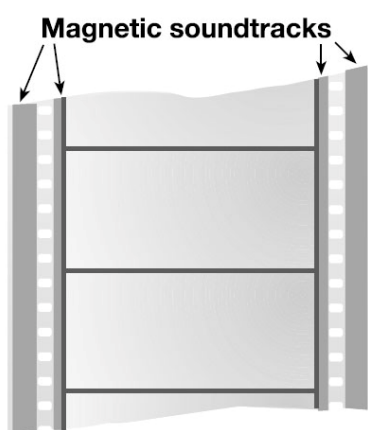
Αυτή την δύναμη άρχισαν να αντιλαμβάνονται και οι κινηματογραφιστές στα τέλη της δεκαετίας του 1920 που έκριναν απαραίτητο να ακούγεται η φωνή του κάθε ηθοποιού καθώς και μια μουσική υπόκρουση. Έτσι περάσαμε από τον γνωστό σε όλους μας βουβό κινηματογράφο στον ομιλούντα (μόνο διάλογοι) και μετά στον ηχητικό (πρόσθεση των ηχητικών εφέ). Η πρώτη ταινία με ήχο που σήμανε το τέλος του βουβού κινηματογράφου είναι η ταινία “Lights Of New York” που παίχτηκε το 1928 και αποτέλεσε ένα αξιοθαύμαστο γεγονός.

Στην αρχή βέβαια η ποιότητα της ηχογράφησης δεν είχε καμία σχέση με την σημερινή, λόγω των μικροφώνων εκείνης της εποχής που είχαν μικρή ευαισθησία λήψης, κάτι που επηρέαζε την ερμηνεία των ηθοποιών αφού έπρεπε να μιλάνε πολύ δυνατά και καθαρά. Άλλο ένα πρόβλημα που αντιμετώπιζαν οι παλιοί κινηματογραφιστές ήταν το ότι μπορούσαν να ελέγξουν το πώς καταγράφηκε ο ήχος μετά την τύπωση του φιλμ, και αυτό γιατί γραφόταν παράλληλα με την εικόνα σε ειδική ταινία (οπτικό φιλμ).



Σχήμα 3.1: Εγγραφή της ηχητικής πληροφορίας πάνω στο οπτικό φιλμ.
([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

Στις αρχές όμως του 1950 με την εξέλιξη της τεχνολογίας οι ηχολήπτες μπορούσαν να καταγράψουν ξεχωριστά τον ήχο και να συγχρονίσουν την τελική μίξη του με την εικόνα στο οπτικό φιλμ που είχε την οπτική πληροφορία. Τοποθετώντας πάνω σε αυτό μια επίστρωση μαγνητικής ταινίας όπου και είχε χαραγμένη την ηχητική πληροφορία που διαβάζονταν από μαγνητικές κεφαλές. Αυτό ενεργοποίησε και την εισαγωγή του στερεοφωνικού ήχου και έδωσε μια νέα αίσθηση στην κινηματογραφική εμπειρία.



Σχήμα 3.2: Καταγραφή της ηχητικής πληροφορίας μέσω μαγνητικής ταινίας στα άκρα του οπτικού φιλμ.
([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

Η επανάσταση όμως ήρθε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 με την εταιρία Dolby Laboratories που εξέλιξε μια υψηλής εργονομίας οπτική ταινία 35mm πολυκάναλου ήχου. Αυτή η ταινία εκτός από το αριστερό και δεξί κανάλι (stereo) περιείχε και ένα κεντρικό κανάλι (center) καθώς και ένα κανάλι περιβάλλοντος, το λεγόμενο surround, που παρήγαγε τα διάφορα ηχητικά εφέ και τους ήχους περιβάλλοντος. Αυτό το φορμάτ ήχου ονομάστηκε Dolby Stereo.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους και άλλα φορμάτ ήχου με όμοια ψηφιακά χαρακτηριστικά που όχι μόνο παράγουν πολύ καλής ποιότητας ήχο αλλά μεταφέρουν σε εμάς όλες τις προθέσεις του σκηνοθέτη.

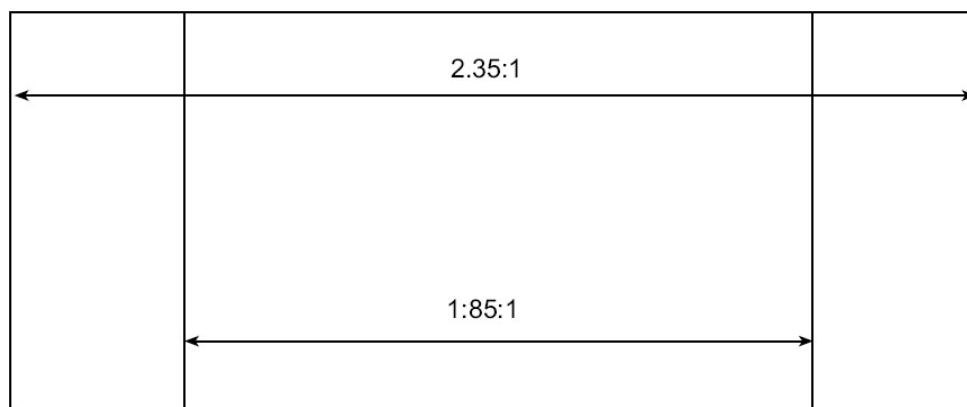
ΕΙΔΗ ΦΙΛΜ

Η ηχητική πληροφορία όπως είδαμε παραπάνω σχετίζεται με την κινηματογραφική ταινία, το λεγόμενο φιλμ, επειδή είναι πάνω σε αυτό μέσω μαγνητικής ταινίας. Υπάρχουν πολλά είδη φιλμ που ταξινομούνται σύμφωνα με τις διαστάσεις τους, και είναι τα εξής: •8mm •Super 8 •9,5mm •16mm •35mm και •70mm εκ των οποίων τα δυο τελευταία είναι τα καθιερωμένα φιλμ στον

κινηματογράφο.

Οι πιο συνηθισμένοι λόγοι προβολής (aspect ratio) για το φιλμ των 35mm είναι ο 1,85:1 γνωστός και σαν “flat” και ο 2,35:1 γνωστός ως “cinemascope”.

Σχήμα 3.3: Aspect Ratios “Cinemascope” πάνω, “flat” κάτω.



Το φιλμ των 35mm τροποποιήθηκε τη δεκαετία του 1950 και έχει 4 γραμμές από μαγνητικό υλικό όπου και μεταφέρουν την ηχητική πληροφορία των τεσσάρων αντίστοιχων καναλιών: αριστερό, κεντρικό, δεξί και περιφερειακό (surround). Σήμερα δεν γίνεται και ιδιαίτερη χρήση αυτού του φιλμ.

Το φιλμ των 70mm έχει 6 γραμμές μαγνητικού υλικού όπου οι 4 μεταφέρουν ηχητική πληροφορία των καναλιών αριστερό, κεντρικό, δεξί και περιφερειακό. Ενώ οι δύο εναπομείναντες γραμμές μεταφέρουν ηχητική πληροφορία για το κανάλι των χαμηλών συχνοτήτων που τροφοδοτεί το subwoofer και το διπλό κανάλι surround.

Η ηχητική πληροφορία στα φιλμ διαβάζεται από κινηματογραφικές μηχανές προβολής που φέρουν μαγνητικές κεφαλές ανάγνωσης όμοιες με αυτές του κασετοφώνου.



Σχήμα 3.4: Μαγνητική κεφαλή ανάγνωσης ηχητικής πληροφορίας, μέρος της κινηματογραφικής μηχανής προβολής.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1: FORMAT ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΉΧΟΥ

3.1.1: Dolby Stereo

Το καθιερωμένο φορμάτ για το αναλογικό φιλμ των 35mm είναι το στερεοφωνικό οπτικό φορμάτ Dolby Stereo. Η κωδικοποίηση τεσσάρων καναλιών ήχου σε δύο κανάλια εγγραφής (γραμμές) οφείλεται στην τεχνολογία «κωδικοποίησης πλέγματος» (Matrix) και καθιστά δυνατή την αναπαραγωγή δύο ακόμα καναλιών, Center (κεντρικό) και Surround (περιφερειακό), εκτός από τα κανάλια Left και Right. Εν συντομία αναφέρεται και ως LCRS (Left-Center-Right-Surround).

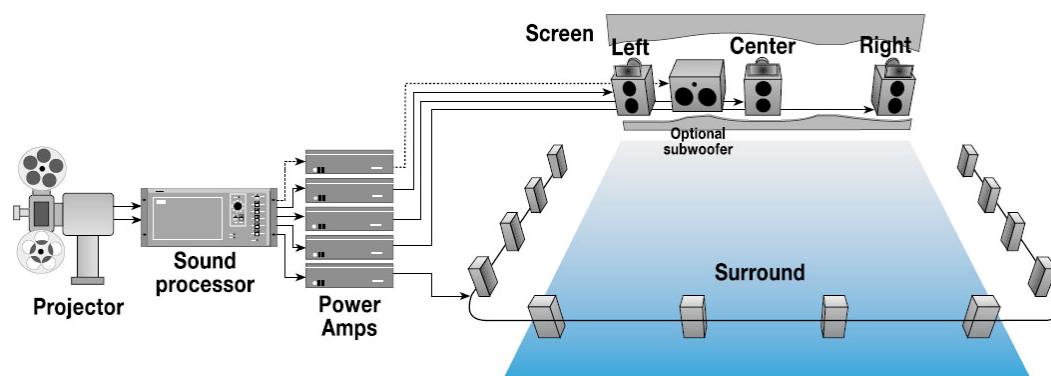
Η Κωδικοποίηση Matrix είναι σχετικά απλή. Η πληροφορία του κεντρικού καναλιού μοιράζεται μισή στο δεξί και μισή στο αριστερό κανάλι, ενώ η πληροφορία του surround καναλιού μοιράζεται σε αριστερό και δεξί με αναστροφή φάσης -90° για το αριστερό και $+90^\circ$ για το δεξί. Έτσι ο αποκοδοικοποιητής ανιχνεύει τις όμοιες πληροφορίες που υπάρχουν σε αριστερό και δεξί κανάλι όπου και τις οδηγεί στο κεντρικό κανάλι, ενώ τις όμοιες πληροφορίες που έχουν διαφορά φάσης 90° τις οδηγεί στο κανάλι surround που τροφοδοτεί με την σειρά του τα περιφερειακά ηχεία.

Το Dolby Stereo είχε πολλά πλεονεκτήματα. Καταρχήν η εγγραφή του ήχου γινόταν με την οπτική μέθοδο και όχι με την μαγνητική. Χρησιμοποιούσε το σύστημα περιορισμού θορύβου Dolby A που οδήγησε στην αύξηση του δυναμικού εύρους καθώς και στην επέκταση της συχνοτικής περιοχής από τα 4KHz στα 12KHz. Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα ήταν η συμβατότητα που είχε με το κλασσικό μονοφωνικό σύστημα που ήταν καθιερωμένο εκείνη την εποχή, έτσι οι τότε κινηματογράφοι δεν χρειάζονταν να αλλάξουν το σύστημα τους από την μια στιγμή στην άλλη, κάτι που απαιτούσε μεγάλο κόστος.

Αξίζει να πούμε πως τα περιφερειακά ηχεία σε αυτό το φορμάτ αναπαράγουν μόνο τα ηχητικά εφέ και γενικά τον περιφερειακό ήχο της ταινίας, για να δώσουν στο κοινό καλύτερα την αίσθηση του περιβάλλοντος ήχου. Η συχνοτική τους απόκριση φτάνει τα 7KHz, αυτό γίνεται γιατί οι πολύ ψηλές συχνότητες είναι κατευθυντικές και υπάρχει ο κίνδυνος να εντοπισθεί η προέλευση του ήχου από ένα μέρος του ακροατηρίου ιδιαίτερα από αυτούς που κάθονται πιο κοντά σε αυτά τα ηχεία. Στο Dolby Stereo το κεντρικό ηχείο αναπαράγει κυρίως τους διαλόγους των ηθοποιών για

να έχουν την αίσθηση οι θεατές πως οι ηθοποιοί βρίσκονται ακριβώς εκεί από που τους βλέπουν, δηλαδή στην οθόνη.

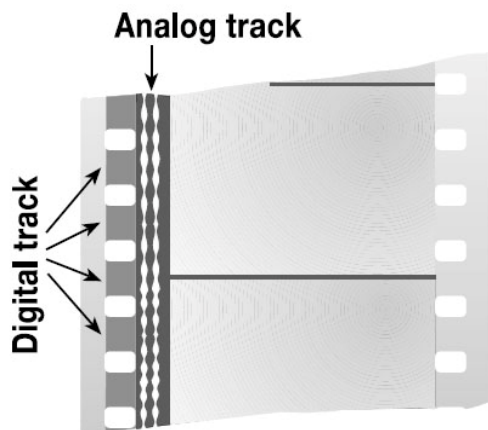
Η πρώτη ταινία με ήχο Dolby Stereo ήταν η «Αποκάλυψη Τώρα» που κυκλοφόρησε το 1977. Το Dolby Stereo παρουσιάστηκε το 1976 από την εταιρία Dolby Laboratories και ήταν μια μεγάλη επανάσταση στην ιστορία του κινηματογράφου.



Σχήμα 3.5: Η διάταξη του Dolby Stereo ή αλλιώς Dolby SR γνωστό και σαν σύστημα LCRS. ([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

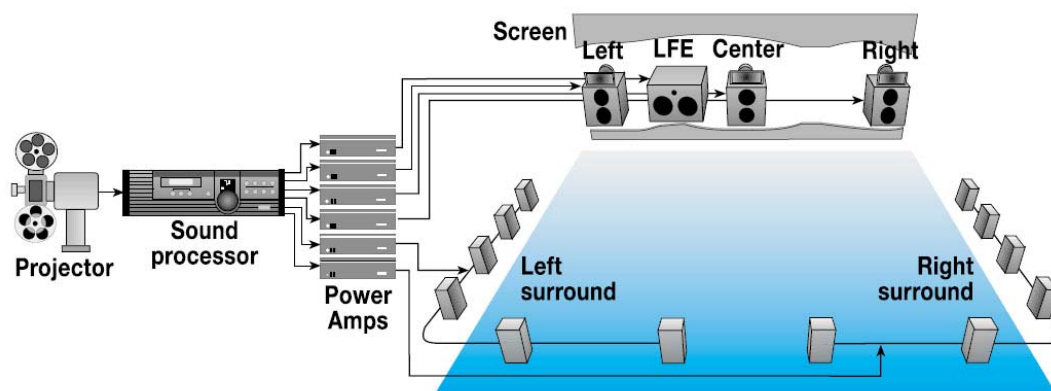
3.1.2. Dolby Digital

Το 1986 η Dolby Laboratories εισήγαγε μία νέα επαγγελματική διαδικασία ηχογράφησης το λεγόμενο Dolby SR (spectral recording) όπου είχε μεγαλύτερο από το διπλάσιο περιορισμό θορύβου από ότι το παλιό πλέον Dolby A. Επίσης είχε μεγαλύτερο δυναμικό εύρος, πιο ευρύ φάσμα συχνοτήτων και χαμηλότερη παραμόρφωση. Έτσι η οπτική ταινία 35mm τροφοδοτούσε τους καινούργιους ψηφιακούς επεξεργαστές SR αντικαθιστώντας τους Dolby A όπου όχι μόνο ηκούσαν υπέροχα αλλά δεν είχαν και προβλήματα συμβατότητας. Αυτό έκανε όλους τους σοβαρούς κινηματογράφους να εξοπλιστούν με τους νέους επεξεργαστές.



Σχήμα 3.6: Η ψηφιακή ηχητική πληροφορία τυπωμένη σε 35mm οπτικό φιλμ. Η αναλογική πληροφορία εξακολουθεί να υπάρχει. ([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

Το 1992 έγινε η προβολή της πρώτης ταινίας με το καινούργιο ψηφιακό μορματ που περιέχει 6 κανάλια: 3 κανάλια οθόνης (L-C-R), ένα πίσω διαχωρισμένο ζευγάρι surround (Left και Right) και ένα κανάλι πολύ χαμηλών συχνοτήτων από 30Hz μέχρι 120Hz ονομαζόμενο ως LFE (Low Frequency Effects) το οποίο οδηγεί ένα subwoofer. Το συγκεκριμένο μορματ πήρε την ονομασία Dolby Digital, Dolby Stereo Digital ή αλλιώς Dolby SR-D, το συναντάμε και σαν σύστημα «5.1» καθώς το LFE κανάλι δεν αναπαράγει όλο το συχνοτικό φάσμα. Μια μεγάλη παρεξήγηση έχει δημιουργηθεί με το κανάλι των χαμηλών συχνοτήτων σε σύγκριση μεταξύ Dolby Stereo και Dolby Digital. Η διαφορά είναι ότι στο Dolby Stereo μπορεί να έχουμε κάποιο subwoofer για την αναπαραγωγή των χαμηλών συχνοτήτων αλλά δεν τροφοδοτείται από ξεχωριστό κανάλι όπως στο Dolby Digital αλλά από όλα τα κανάλια με την διαφορά ότι το σήμα περνάει από ένα crossover για να ακουστούν μόνο οι χαμηλές συχνοτήτες. Στο Dolby Digital επιλέγει ο ηχολήπτης πότε και τι θα παίξει το κανάλι των χαμηλών συχνοτήτων LFE.



Σχήμα 3.7: Η διάταξη του Dolby Digital και κάθε συστήματος «5.1». ([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

Για να μπορέσουν οι οπτικές ταινίες 35mm να μεταφέρουν πολυκάναλη ψηφιακή πληροφορία το Dolby Digital χρησιμοποιεί την μέθοδο κωδικοποίησης AC-3 (Audio Coding 3) με λόγο συμπίεσης 12:1.

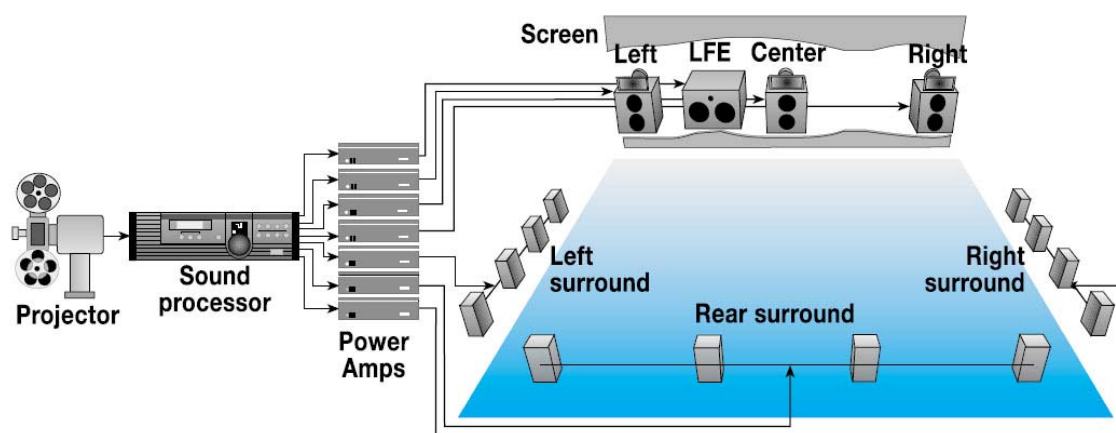
Το AC-3 χωρίζει το συχνοτικό φάσμα σε στενές περιοχές και με μαθηματικά μοντέλα αναλύει κάθε περιοχή ώστε να αναλύσει την ακουστότητα των σημάτων της. Για να εξασφαλίσει καλύτερη λειτουργικότητα των πληροφοριών ο μεγαλύτερος αριθμός bit αντιστοιχεί σε μεγάλης ακουστότητας σήματα ενώ ο ελάχιστος αριθμός bit αντιστοιχεί σε μικρής ακουστότητας σήματα. Τότε το AC-3 κάνει μια κωδικοποίηση σύμφωνα με το φαινόμενο *Masking*, κατά το οποίο χαμηλής ακουστότητας σήματα επικαλύπτονται από τα σήματα μεγάλης ακουστότητας των

γειτονικών συχνοτικών περιοχών καθότι το ανθρώπινο αυτί δεν μπορεί να εντοπίσει τα μικρής ακουστότητας. Αυτή η κωδικοποίηση κάνει το Dolby Digital εξαιρετική επιλογή για συστήματα που απαιτούν υψηλή ηχητική ποιότητα (μέχρι 48KHz συχνότητα δειγματοληψίας και δυναμικό εύρος έως 24bit), μόνο που απαιτούνται μεγάλα μέσα αποθήκευσης.

Σήμερα το Dolby Digital είναι το πιο διαδεδομένο φορμάτ στο κινηματογραφικό ήχο και το χρησιμοποιούν οι περισσότεροι κινηματογράφοι ανά τον κόσμο.

3.1.3: Dolby Digital Surround Ex

Το νεότερο φορμάτ της Dolby Laboratories σε συνεργασία με την Lucasfilm THX είναι το Dolby Digital Surround EX και έκανε την εμφάνισή του το 1999 με την ταινία “Star Wars Episode I – The Phantom Menace”. Αυτό το φορμάτ δεν είναι τίποτα άλλο από το Dolby Digital με ένα ακόμα κανάλι Surround προστεθειμένο. Με αυτό το νέο κανάλι υπάρχει καλύτερη αντίληψη της χοροτοποθέτησης των ήχων γιατί τροφοδοτεί μια σειρά surround ηχείων (rear surround), στο πίσω μέρος της αίθουσας, ενώ τα Left και Right Surround ηχεία τοποθετούνται στους δυο πλαϊνούς τοίχους. Ένα ακόμα πλεονέκτημα που έχει το Dolby Digital Surround EX ή αλλιώς σύστημα «6.1» καθότι έχει 3 κανάλια οθόνης, 3 κανάλια περιβάλλοντος και ένα χαμηλών συχνοτήτων (LFE), είναι πως έχει συμβατότητα με το Dolby Digital και γενικότερα όλα τα «5.1» συστήματα. Έτσι κινηματογράφοι με «5.1» που δεν μπορούν να αποδικοποιήσουν το επιπλέον κανάλι δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην αναπαραγωγή γιατί αυτό μοιράζεται στα δυο άλλα κανάλια περιβάλλοντος, Left surround και Right surround.



Σχήμα 3.8: Η διάταξη του Dolby Surround EX καθώς και κάθε συστήματος “6.1”.
([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

3.1.4: DTS

Η εταιρία Digital Theater System με κύριο επενδυτή τον σκηνοθέτη Steven Spielberg παρουσίασε το 1993 με την ταινία του “Jurassic Park” το φορμάτ DTS, το οποίο αναπαράγει πέντε διακριτά κανάλια (3 κανάλια οθόνης, 2 κανάλια surround) και ένα κανάλι χαμηλών συχνοτήτων LFE και ανήκει στην κατηγορία συστημάτων «5.1» όπως το Dolby Digital. Η κύρια διαφορά με το Dolby Digital είναι πως η ηχητική πληροφορία είναι τυπωμένη σε CD-Rom το οποίο συγχρονίζεται με το φιλμ που έχει ένα κανάλι συγχρονισμού. Κάθε CD-Rom μπορεί να περιέχει 90 λεπτά ηχητικής πληροφορίας. Για ταινίες μεγαλύτερες των 90 λεπτών χρειάζεται και δεύτερο CD. Έτσι η DTS είχε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει χαμηλότερο βαθμό συμπίεσης από τον AC-3 της Dolby καθώς ο δικός της αλγόριθμος συμπίεσης ονομαζόμενος CAC (Coherent Acoustics Coding) έχει λόγο συμπίεσης 4:1.

Μετά από το DTS η εταιρία παρουσίασε δυο νέα συστήματα, «6.1» αυτή την φορά, το DTS-ES Matrix και το DTS-ES Discrete πλήρης συμβατότητας με συστήματα «5.1».

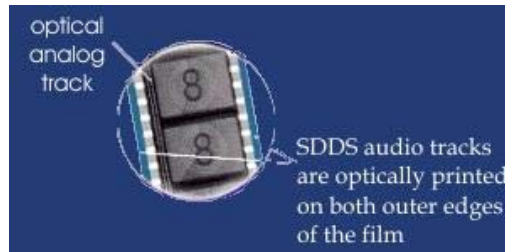
Σχήμα 3.9: Ο κινηματογραφικός επεξεργαστής DTS.
([Http://www.dtsonline.com](http://www.dtsonline.com))



3.1.5: SDDS

Η εταιρία Sony έχει παρουσιάσει το δικό της ψηφιακό φορμάτ με ονομασία SDDS όπου εκτός από τα κανάλια που παρέχει το Dolby Digital έχει δύο ακόμα πίσω κανάλια surround αριστερά και δεξιά με ακριβή ονομασία Left Rear Surround και Right Rear Surround αντίστοιχα. Η ηχητική πληροφορία είναι τυπωμένη πάνω στο φιλμ όπως το Dolby Digital, με την διαφορά ότι προστέθηκαν δυο ακόμα ψηφιακά μέρη σε κάθε άκρη της μαγνητικής ταινίας για τα δύο επιπλέον κανάλια.

Σχήμα 3.10: Ο πληροφορία SDDS πάνω στο φιλμ.
([Http://www.sdds.com](http://www.sdds.com))



Το φορμάτ αυτό είναι γνωστό και σαν σύστημα «7.1» και σε ειδικές εφαρμογές τα δύο επιπλέον κανάλια μπορούν να παίξουν τον ρόλο καναλιών οθόνης αντί για surround. Η συμπίεση που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος του SDDS έχει λόγο συμπίεσης 4,5:1 και επιτρέπει την αναπαραγωγή της ηχητικής πληροφορίας ακόμα και αν παρουσιαστούν προβλήματα στην επιφάνεια του φιλμ. Το SDDS έκανε πρεμιέρα στην ταινία “Last Action Hero” και ήταν το πρώτο σύστημα «7.1». Παρόλο αυτά το SDDS δεν γνώρισε τόσο μεγάλη επιτυχία επειδή ήταν πιο δαπανηρό από τους ανταγωνιστές του, δεν είχε καλή τεχνική υποστήριξη από την Sony, και ίσως γιατί είναι το μοναδικό φορμάτ που δεν βγαίνει σε DVD για οικιακή χρήση, έτσι και εγκαταλείφθηκε από την Sony το 2001.

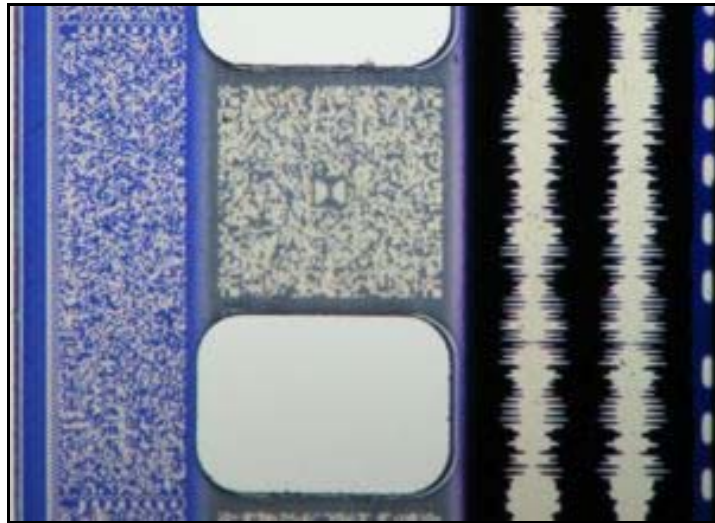
Σχήμα 3.11: Ο κινηματογραφικός επεξεργαστής SDDS της Sony. ([Http://www.sdds.com](http://www.sdds.com).)



Σχήμα 3.12: Ο ηχητική κεφαλή του SDDS.
([Http://www.sdds.com](http://www.sdds.com).)



Σχήμα 3.13: Σε ένα οπτικό φιλμ μπορούν να συνυπάρξουν μέχρι και τρία διαφορετικά φορμάτ. Τα συνηθέστερα είναι αυτά που βλέπουμε και εδώ από αριστερά προς τα δεξιά: SDDS, Dolby Digital, Αναλογική πληροφορία. ([Http://www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))



ΕΝΟΤΗΤΑ 3.2: ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

3.2.1: THX

Ο όρος THX προκαλεί συνήθως σύγχυση γιατί το συναντά κανείς σε συσχετισμούς με τον κινηματογράφο και έτσι πολλοί νομίζουν ότι είναι ακόμα ένα φορμάτ πολυκάναλου ήχου όπως το Dolby Digital ή το DTS. Η επωνυμία THX αποτελεί μια σειρά από προδιαγραφές που όρισαν τα κινηματογραφικά στούντιο της εταιρίας Lucas Films. Οι προδιαγραφές αυτές έχουν σχέση με την σωστή αναπαραγωγή της εικόνας και του ήχου, όπως ακριβώς την επιθυμούν οι σκηνοθέτες και οι παραγωγοί. Το THX ελέγχει και πιστοποιεί τον κάθε κινηματογράφο σύμφωνα με την ποιότητα σε όλη την αλυσίδα αναπαραγωγής, από την ποιότητα της κόπιας του φιλμ, την μηχανή προβολής, το ηχητικό σύστημα και την ακουστική και οπτική συμπεριφορά της αίθουσας. Οι παράμετροι που ισχύουν σε έναν κινηματογράφο πιστοποιημένο από την THX χωρίζονται σε κατηγορίες και είναι οι εξής:

Θέσεις και Θεατές:

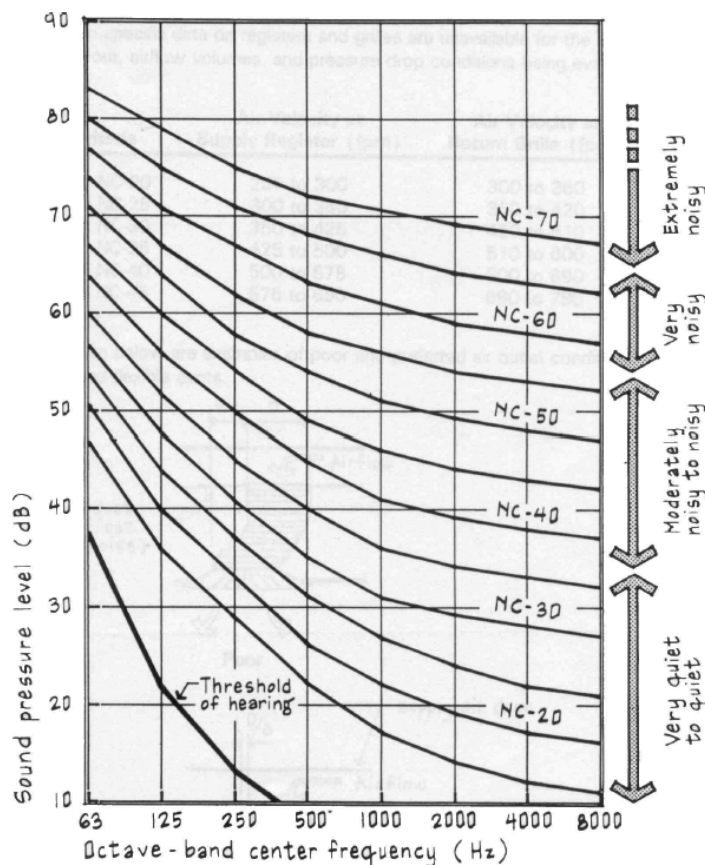
- Όλοι οι θεατές μέσω του ήχου και της εικόνας νιώθουν πως βρίσκονται μέσα στο περιβάλλον της ταινίας που παρακολουθούν.

- Τίποτα δεν αποσπάει την προσοχή τους.
- Η προβολή είναι ξεκούραστη για όλους.
- Νιώθουν την εμπειρία όπως ακριβώς θέλει ο δημιουργός της ταινίας.
- Τα καθίσματα είναι αναπαυτικά και για μακρινές αποστάσεις, χωρίς να μπλοκάρουν τον ήχο. Ο αριθμός τους είναι ο κατάλληλος ως προς το μέγεθος της οθόνης και του όγκου του δωματίου.
- Τα Καθίσματα είναι τοποθετημένα για την καλύτερη οπτική και ηχητική εμπειρία.

Αίθουσα Προβολής:

• Είναι απομονωμένη από εξωτερικούς θορύβους, χωρίς υψηλό θόρυβο βάθους και χωρίς ενοχλητικά για τους θεατές φώτα που μπορούν να εμποδίσουν την παρακολούθηση. Ο θόρυβος βάθους είναι ελεγχόμενος από κλιματιστικές μονάδες, συστήματα εξαερισμού και από την μηχανή προβολής. Η στάθμη του θορύβου βάθους δεν πρέπει να ξεπερνά την καμπύλη NC-30 σε οποιαδήποτε οκταβική ζώνη. Υψηλές στάθμες θορύβου βάθους μπορεί να καλύψουν τους διαλόγους ή τα ηχητικά έφε μιας ταινίας, κάτι που δεν είναι αποδεκτό από την THX.

Σχήμα 3.14: Καμπύλες κριτηρίου θορύβου NC Curves
([Http://www.acousticalsolutions.com](http://www.acousticalsolutions.com))

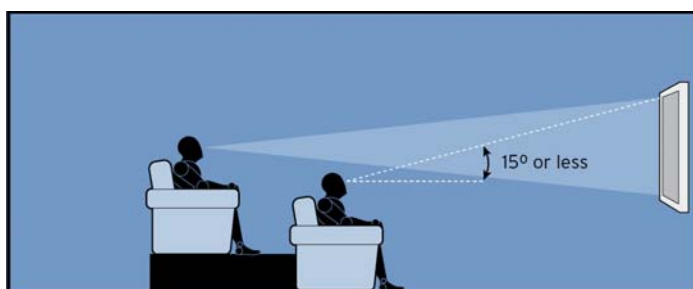


- Είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να παρέχει καλή διάχυση του ήχου. Ο χρόνος αντήχησης μιας αίθουσας μετριέται και πρέπει να συμμορφώνεται με το χρονικό διάγραμμα που έχει υπολογιστεί από την THX για πιστοποιημένα ακροατήρια.
- Έχει πόρτες και παράθυρα που σφραγίζουν άψογα ώστε να απομακρύνουν το θόρυβο που υπάρχει στο εξωτερικό περιβάλλον όπως είναι το κυκλοφοριακό και οι πιθανές διπλανές κινηματογραφικές αίθουσες.
- Έχει ελεγχόμενο φωτισμό.

Προβολή και Εικόνα:

- Η οθόνη είναι τόσο μεγάλη που γεμίζει την όραση των θεατών αλλά και τόσο μικρή για να υπάρχει καθαρή εικόνα. Έχει υψηλό contrast άσπρου-μαύρου, καλή γκρίζα απόχρωση και μπορεί να αναπαράγει όλο το οπτικό φάσμα. Είναι αρκετά ψηλά για καθαρή προβολή για όλους χωρίς να αναγκάζονται να κοιτάζουν ψηλά πάνω από 15°.

Σχήμα 3.15: Οπτική γωνία 15° ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))



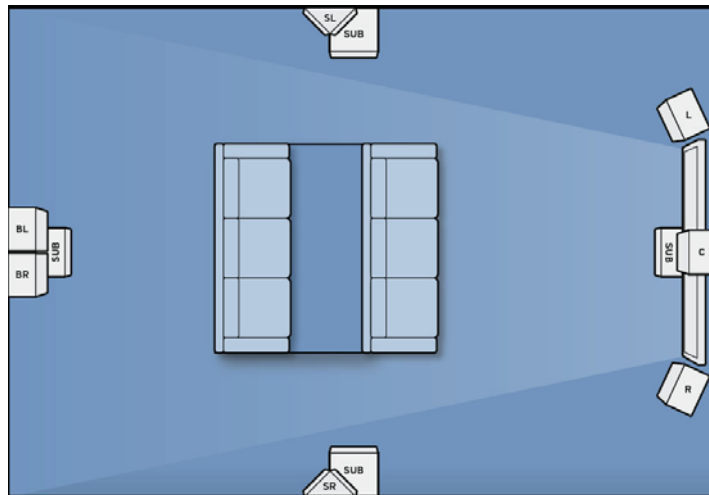
- Ελέγχονται οι γωνίες παρακολούθησης και γίνεται τοποθέτηση του προβολέα με αποτέλεσμα την καλύτερη παρουσίαση της εικόνας.

Ηχητικό σύστημα:

- Εγκεκριμένος ηχητικός εξοπλισμός από την THX και κατάλληλα ευθυγραμμισμένος για την κατάλληλη ηχητική αναπαραγωγή.
- Τα ηχεία αναπαράγουν τον ήχο σε μεγάλη ένταση χωρίς παραμόρφωση, βόμβους, κροταλίσματα και συντονισμούς. Κατευθύνουν τον ήχο σε όλο το ακροατήριο.
- Τα ηχεία οθόνης κατευθύνουν τον ήχο στους ακροατές και όχι στους πλαϊνούς τοίχους το δάπεδο ή το ταβάνι. Έχουν οριζόντια διασπορά 45° και να είναι ακριβώς πίσω από την οθόνη.
- Τα ηχεία surround τοποθετούνται στους πλαϊνούς τοίχους και σε κατάλληλο ύψος, μπορούν να τοποθετηθούν και στο ανώτερο ύψος δηλαδή κάτω από το ταβάνι.

- Υπάρχει διαχωριστής συχνοτήτων crossover για τα subwoofer στα 80Hz με 120Hz. Τα subwoofer τροφοδοτούνται από την μονοφωνική έξοδο του καναλιού LFE.
- Αν επιθυμείται τοποθέτηση και άλλων subwoofer εκτός από αυτό της οθόνης, τοποθετούνται ακριβώς στο κέντρο του τοίχου που προορίζονται.

Σχήμα 3.16: Τοποθέτηση Subwoofer ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))



3.2.2: Απαιτήσεις Πριν Τον Έλεγχο

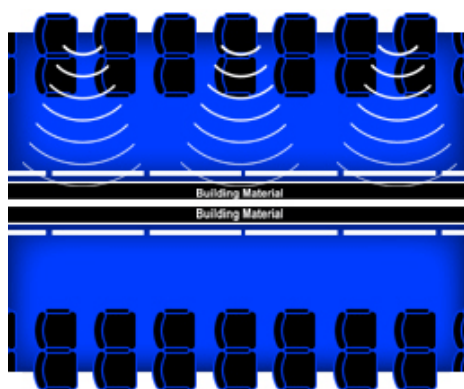
Πριν η THX ελέγξει αν κάποιος κινηματογράφος πληρεί τις ποιοτικές προδιαγραφές για την πιστοποίηση, ζητάει να έχουν γίνει οι παρακάτω εργασίες:

- Όλες οι εσωτερικές δουλειές στην κινηματογραφική αίθουσα θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί.
- Πόρτες, χαλιά, κουρτίνες και υφάσματα με πτυχές θα πρέπει να έχουν τοποθετηθεί.
- Τα καθίσματα θα πρέπει να έχουν εγκατασταθεί και να έχουν αφαιρεθεί τα πλαστικά καλύμματα.
- Να μην υπάρχουν αντικείμενα και εργαλεία από τότε που γίνονταν οι εργασίες κατασκευής της αίθουσας.
- Ισορροπία των συστημάτων εξαερισμού και των κλιματιστικών μονάδων σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας καθώς και η δυνατότητα να γίνουν ρυθμίσεις και αλλαγές αν χρειαστεί από τον κατασκευαστή.
- Ο ηχητικός εξοπλισμός θα πρέπει να είναι συνδεδεμένος με τον κινηματογραφικό επεξεργαστή και με τους ενισχυτές ώστε να γίνει ο έλεγχος και επισκευές αν είναι απαραίτητες.
- Ο προβολέας θα πρέπει να είναι εγκατεστημένος και ευθυγραμμισμένος.

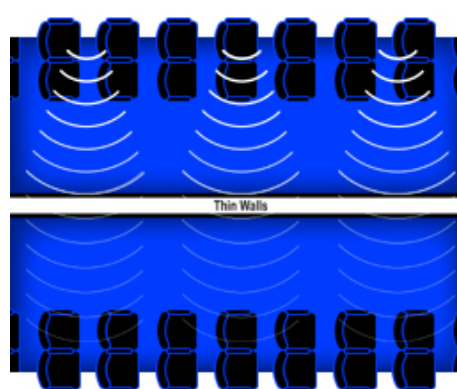
- Οι οπτικές και ηχητικές κεφαλές θα πρέπει να είναι ελεγχόμενες και ευθυγραμμισμένες.
- Τα μεγάφωνα θα πρέπει να είναι τοποθετημένα και καλωδιωμένα με βάση τις προδιαγραφές της THX.

3.2.3: Βασικές Διαφορές Πιστοποιημένων THX Κινηματογράφων με μη Πιστοποιημένων

1) Οι πιστοποιημένοι από την THX κινηματογράφοι είναι χτισμένοι από ογκώδεις τοίχους για την αποφυγή εισχώρησης εξωτερικών δυνατών θορύβων. Αυτό πετυχαίνεται με ένα τοίχο που ουσιαστικά αποτελείται από δύο ογκώδεις τοίχους με ένα κενό από αέρα ανάμεσα τους.

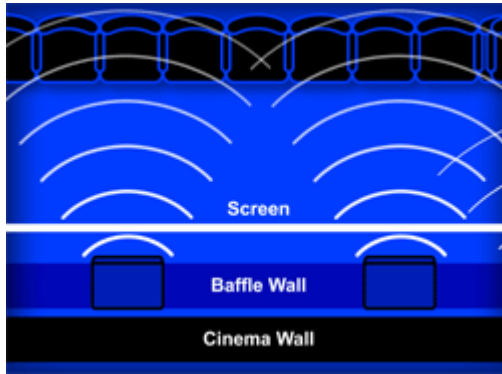


Σχήμα 3.17: Η απομόνωση πιστοποιημένων THX αιθουσών είναι άψογη. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

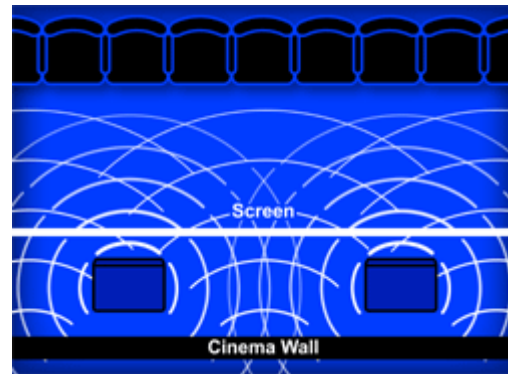


Σχήμα 3.18: Σε μη πιστοποιημένους κινηματογράφους οι λεπτοί τοίχοι αφήνουν τους ήχους των γειτονικών αιθουσών να περάσουν στην δικιά μας αίθουσα. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

2) Οι απλοί κινηματογράφοι συνήθως τοποθετούν τα ηχεία οθόνης στο δάπεδο ή σε βάσεις κάτι που κάνει να ακούγεται ο ήχος πλαδαρός, χωρίς έλεγχο, ακανόνιστος και με διαστρεβλωμένη στερεοφωνική εικόνα. Επίσης δημιουργούνται και αντηχήσεις από τον τοίχο που βρίσκεται πίσω από τα ηχεία κάτι που χειροτερεύει ακόμα περισσότερο τα πράγματα. Στους πιστοποιημένους από την THX κινηματογράφους τα ηχεία οθόνης είναι εντοιχισμένα σε ένα διαχωριστή συντονισμού ήχου (τοίχος-μπάφλα), κάνοντας τον ήχο να ακούγεται καθαρός, εντυπωσιακός, χωρίς μπάσες αντηχήσεις από τον πίσω τοίχο και με πολύ καλή στερεοφωνική εικόνα.

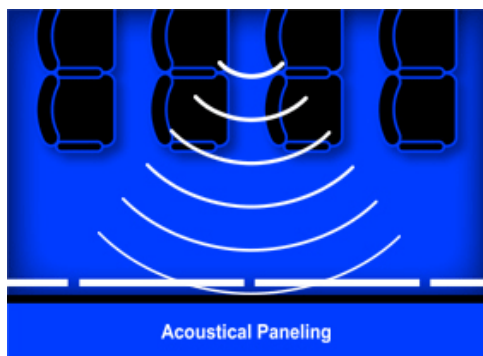


Σχήμα 3.19: Τα ηχεία οθόνης εντοιχισμένα στον τοίχο-μπάφλα σύμφωνα με τις προδιαγραφές της THX. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

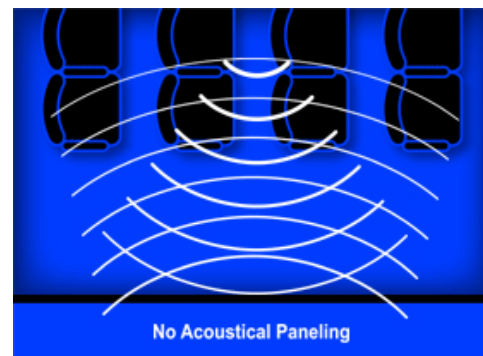


Σχήμα 3.20: Μη εντοιχισμένα ηχεία οθόνης δημιουργούν ηχητικά προβλήματα. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

3) Φανταστείτε μια σκηνή σε μια ταινία που αμέσως μετά από έναν ήχο καταιγίδας ακούγεται ένας διάλογος αλλά επειδή η αντήχηση του ήχου της καταιγίδας στην αίθουσα διαρκεί για λίγα δευτερόλεπτα καθιστά αδύνατο να γίνει αντιληπτός ο διάλογος από τους θεατές. Οι πιστοποιημένοι από την THX κινηματογράφοι ελέγχουν την αντήχηση, τοποθετώντας ηχοαπορροφητικά υλικά σε όλη την επιφάνεια των τοίχων.

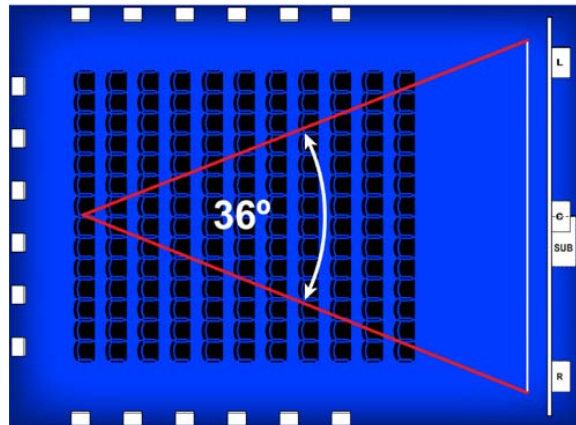


Σχήμα 3.21: Κατάλληλοι ηχοαπορροφητές ελέγχουν την αντήχηση κάνοντας τον ήχο εύκολα αντιληπτό. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))



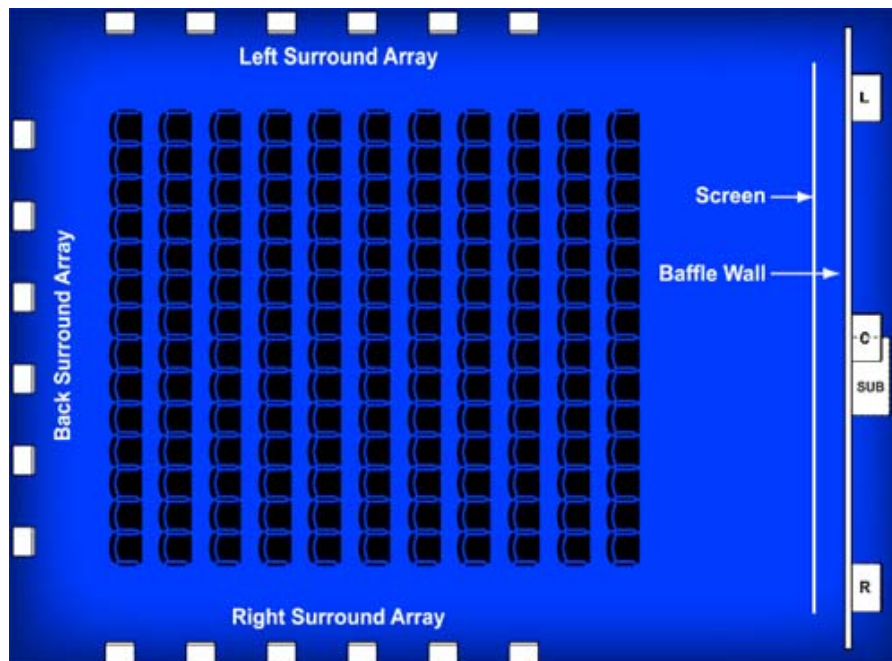
Σχήμα 3.22: Η αντήχηση που δημιουργείται από τους γυμνούς τοίχους “ανακατεύεται” με τον ήχο της ταινίας. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

4) Η τοποθέτηση της οθόνης γίνεται με ακρίβεια από την THX για κάθε κινηματογράφο πιστοποιημένο από αυτή. Για την εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής παρακολούθησης η THX προτείνει η οθόνη να έχει άνοιγμα 36° από τον τελευταίο μεσαίο θεατή. Επίσης για να κάνει σίγουρο πως όλες οι θέσεις έχουν την κατάλληλη κάθετη γωνία 15° προτείνει το ανέβασμα ή κατέβασμα του δαπέδου.



Σχήμα 3.23: Άνοιγμα Οθόνης ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

5) Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα προσχέδιο για το πώς τοποθετούνται τα ηχεία σε έναν πιστοποιημένο από την THX κινηματογράφο.



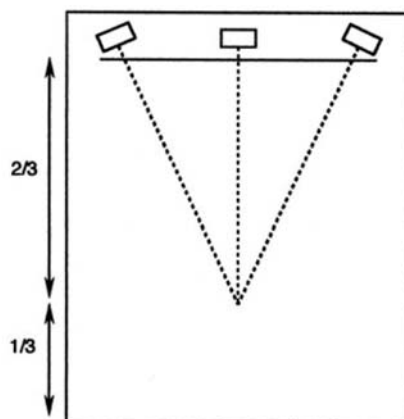
Σχήμα 3.24: Διάταξη Dolby Surround EX σε πιστοποιημένο κινηματογράφο. ([Http://www.thx.com](http://www.thx.com))

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.3: ΗΧΕΙΑ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ

3.3.1: Ηχεία Οθόνης

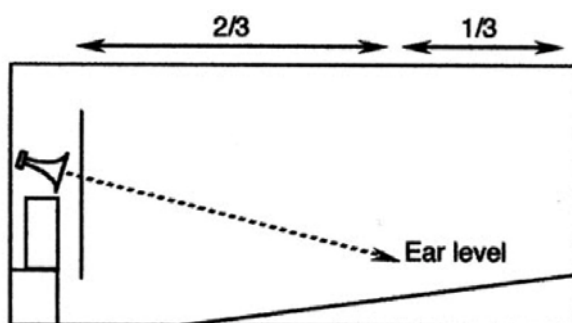
Τα ηχεία οθόνης τοποθετούνται ακριβώς πίσω από το πανί της οθόνης σε συγκεκριμένο ύψος και πάνω από τα subwoofer. Είναι απαραίτητο να ταιριάζουν με το πλάτος της διάταξης της εικόνας, δηλαδή το αριστερό και το δεξί κανάλι να είναι

στα άκρα της οθόνης με μεγάλη απόσταση μεταξύ τους, για την εξασφάλιση της καλύτερης στερεοφωνικής εικόνας σε ολόκληρη την περιοχή του ακροατηρίου. Επίσης να βρίσκονται σε τέτοιο ύψος ώστε τα μεγάφωνα και των τριών ηχείων (αριστερό, κεντρικό, δεξί) να βρίσκονται περίπου στα 2/3 του ύψους της οθόνης. Τα εξωτερικά ηχεία (αριστερό, δεξί) τοποθετούνται έτσι ώστε η επέκταση του άξονά τους να τέμνεται στα 2/3 της απόστασης της οθόνης με τον πίσω τοίχο όπως φαίνεται στο κάτω σχήμα.



Σχήμα 3.25: Πλάνο τρόπου τοποθέτησης ηχείων οθόνης.
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com).)

Αν τα ηχεία έχουν κόρνες για την αναπαραγωγή των ψηλών συχνοτήτων τότε αυτές παίρνουν κλίση προς τα κάτω ώστε να στοχεύουν στους θεατές που βρίσκονται στα 2/3 από την απόσταση οθόνης – πίσω τοίχου όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 3.26: Κλίση της κόρνας των ψηλών συχνοτήτων των ηχείων οθόνης.
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com).)

3.3.2: Subwoofer

Τα μεγάφωνα πολύ χαμηλών συχνοτήτων αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των ηχητικών συστημάτων σε κινηματογραφικές αίθουσες οποιουδήποτε μεγέθους. Συνήθως έχουν οδηγό διαμέτρου 18''(ιντσών) και ευαισθησία όχι μικρότερη από τα 97dB. Η ισχύ ανά οδηγό δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 400W συνεχούς ισχύος (continuous power).

Γενικά έχει καθοριστεί ένας οδηγός subwoofer για κάθε 680m³ της αίθουσας. Πρώτα υπολογίζουμε τον όγκο της αίθουσας και με βάση αυτόν βρίσκουμε και τον αριθμό των subwoofer που χρειαζόμαστε με στρογγυλοποίηση προς τα πάνω. Για παράδειγμα αν έχουμε αποτέλεσμα 3,5 τότε τοποθετούμε 4 subwoofer.

3.3.3: LFE (Low Frequency Effects)

Σε αντίθεση με τα ηχεία οθόνης το LFE κανάλι αναπαράγει συχνότητες μέχρι των 120Hz και δεν αποτελεί τόσο μεγάλο πρόβλημα στην τοποθέτησή του λόγω της μη κατευθυντικότητας των χαμηλών συχνοτήτων. Σκοπός του είναι να φέρει σε καλύτερη αναλογία τις χαμηλές συχνότητες με τις υπόλοιπες και να διευκολύνει τα άλλα ηχεία στην αναπαραγωγή των συχνοτήτων που προορίζονται. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για κινηματογραφική ταινία 70mm και μετέφερε σήματα πολύ χαμηλών συχνοτήτων σε ένα ή περισσότερα subwoofer. Αυτό επέτρεπε να προστεθούν στο ηχητικό μέρος των ταινιών εφέ πολύ χαμηλών συχνοτήτων χωρίς να χρειάζεται η αναβάθμιση των ηχείων και ενισχυτών στα τρία άλλα κανάλια οθόνης. Τέλος έχοντας υπόψη το πλεονέκτημα που το φιλμ 70mm μπορούσε να περιέχει ακόμα ένα κανάλι με σκοπό την ξεχωριστή διαχείριση των εφέ πολύ χαμηλών συχνοτήτων έτσι όπως θα όριζε ο κάθε δημιουργός, το LFE κανάλι καθιερώθηκε στα κινηματογραφικά φορμάτ ήχου με αρχή το Dolby Digital.

Το κανάλι LFE δεν αντιστοιχεί απαραίτητα με την έξοδο ενός subwoofer, είναι πιθανό για ένα πρόγραμμα να παρέχει κανάλι LFE αλλά ο αποκωδικοποιητής να μην παρέχει έξοδο subwoofer και έτσι όλες οι χαμηλές συχνότητες να αναπαράγονται από τα κύρια ηχεία. Το αντίστροφο είναι επίσης δυνατό να συμβεί, να μην παρέχει το πρόγραμμα κανάλι LFE αλλά ο αποκωδικοποιητής να παρέχει έξοδο προς subwoofer γιατί τα ηχεία είναι ανίκανα να αναπαράγουν τις πολύ χαμηλές συχνότητες. Όπως είπαμε παραπάνω αλλά και σε προηγούμενη ενότητα η διαφορά ανάμεσα στο κανάλι LFE και στην έξοδο subwoofer είναι ότι το κανάλι LFE μεταφέρει πληροφορίες χαμηλών συχνοτήτων στο πρόγραμμα του συστήματος, ενώ η έξοδος του subwoofer αναπαριστά πως θα γίνει η αναπαραγωγή των χαμηλών συχνοτήτων.

Το σήμα αυτού του καναλιού καλιμπράρεται κατά την αναπαραγωγή του ηχητικού μέρους της ταινίας έτσι ώστε να παράγει κατά 10dB υψηλότερη στάθμη από τα άλλα κανάλια της οθόνης. Ακόμα και αν τα άλλα κανάλια της οθόνης είναι ενεργά, αρκετά μπάσα μπορούν να μεταφερθούν μόνο από το κανάλι LFE και το subwoofer να έρθει σε ισορροπία με τα ηχεία της οθόνης.

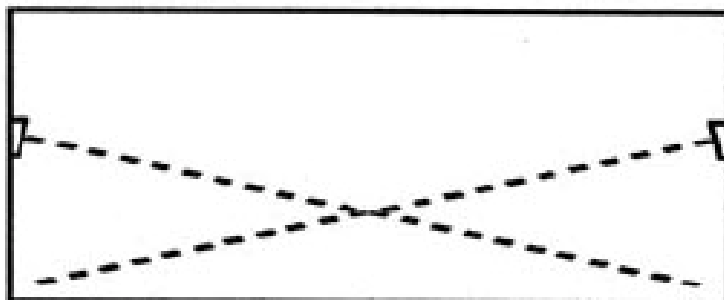
Η έξοδος του subwoofer, σε αντίθεση με το LFE, περιλαμβάνει την πληροφορία των χαμηλών συχνοτήτων και από τα έξι κανάλια. Επίσης περιλαμβάνει πληροφορίες χαμηλών συχνοτήτων από το κανάλι LFE, από τα κανάλια οθόνης και από τα περιφερειακά, όταν αυτά τα μεγάφωνα δεν έχουν την ικανότητα να αναπαράγουν τις πολύ χαμηλές συχνότητες.

3.3.4: Περιφερειακά Ηχεία

Ένα τυπικό ηχητικό σύστημα κινηματογράφου ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση των περιφερειακών ηχείων (surround speakers). Ο ήχος από τα περιφερειακά ηχεία βγάζει τους θεατές από το δυσδιάστατο πλαίσιο της οθόνης, δίνοντας τους την αίσθηση ότι βρίσκονται οι ίδιοι μέσα στην ταινία. Για παράδειγμα, έστω ότι ένα αεροπλάνο σε μια σκηνή περνάει πάνω από τον κεντρικό ήρωα και φεύγει, τότε οι θεατές νιώθουν σαν να βρίσκονται στην θέση του ήρωα και ακούνε να περνάει το αεροπλάνο από πάνω τους. Σε αυτή την αίσθηση συμβάλουν και τα μπροστινά ηχεία φυσικά που βοηθούν στην ηχητική κίνηση του ήχου του αεροπλάνου.

Τα περιφερειακά ηχεία είναι δύο ή τριών δρόμων και πολύ μικρότερης ισχύος από τα ηχεία οθόνης και το subwoofer. Αυτό οφείλεται στο ότι πρέπει να παράγουν χαμηλές στάθμες ώστε να μην γίνεται άμεσα αντιληπτή η θέση τους στο χώρο. Άλλωστε τα περιφερειακά ηχεία αναπαράγουν μόνο ηχητικά εφέ και όχι διαλόγους ή μουσική, για αυτό και πρέπει να δίνουν την αίσθηση ότι προέρχονται από μη συγκεκριμένη θέση από τις πλαϊνές και πίσω πλευρές της αίθουσας. Η συχνοτική απόκριση αυτών των ηχείων φτάνει τα 7KHz γιατί οι ψηλές συχνότητες είναι κατευθυντικές και μπορούν να αποκαλύψουν την θέση του ηχείου. Ένα άλλο τέχνασμα στο να μην φανερώνουν την θέση τους ηχητικά είναι στο να τοποθετούνται πολύ κοντά το ένα με το άλλο, καλύπτοντας τον πίσω τοίχο και τα 2/3 των πλαϊνών τοίχων.

Τα περιφερειακά ηχεία συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους σε κάθε κανάλι του ενισχυτή, έτσι ώστε αν κάποιο πάθει βλάβη τα άλλα να συνεχίσουν να λειτουργούν κανονικά. Τα περιφερειακά ηχεία τοποθετούνται συνήθως σε ύψος 3,6 με 4,5m πάνω από το δάπεδο και πολλές φορές ακολουθούμε την κλίση του δαπέδου έτσι ώστε να υπερκαλύπτουν την θέση ακρόασης και του τελευταίου καθίσματος από την απέναντι πλευρά.



Σχήμα 3.27: Κλίση Περιφερειακών ηχείων
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com).)

Τα περιφερειακά ηχεία μέτριας ισχύος (100W) είναι συνήθως κώνοι ευαισθησίας 91dB (1w/1m). Ενώ τα υψηλής ισχύος είναι ευαισθησίας 96dB (1w/1m). Ως γενικός κανόνας, το σύνολο των περιφερειακών ηχείων ενός καναλιού πρέπει να αναπαράγει τόσο ακουστική ισχύ όσο ένα κανάλι οθόνης. Όταν πρόκειται για αίθουσες μεγαλύτερης χωρητικότητας των 200 θέσεων τοποθετούμε περιφερειακά ηχεία υψηλής ισχύος ενώ μικρότερης χωρητικότητας κάτω των 200 θέσεων τοποθετούμε ηχεία μέτριας ισχύος.

Στις περισσότερες κινηματογραφικές αίθουσες ο ιδανικός αριθμός των περιφερειακών ηχείων είναι από 12 ως 16. Τοποθετούμε 4 τουλάχιστον ηχεία στον πίσω τοίχο, ενώ τα υπόλοιπα τοποθετούνται στους πλαϊνούς τοίχους και είναι απαραίτητο να είναι ισάριθμα σε κάθε πλευρά. Αν πρόκειται για αίθουσα με 12 περιφερειακά ηχεία τότε τοποθετούμε τέσσερα σε κάθε τοίχο. Εξαιρέση αποτελούν οι πολύ μικρές αίθουσες στις οποίες κατάλληλη είναι η τοποθέτηση δύο ηχείων στο πίσω τοίχο και από τρία στους πλαϊνούς τοίχους, με σύνολο 8 περιφερειακά ηχεία.

Στην περίπτωση του Surround EX έχουμε τρία περιφερειακά κανάλια επομένως και οι τρεις τοίχοι (δύο πλαϊνοί και ο πίσω) πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό ηχείων.

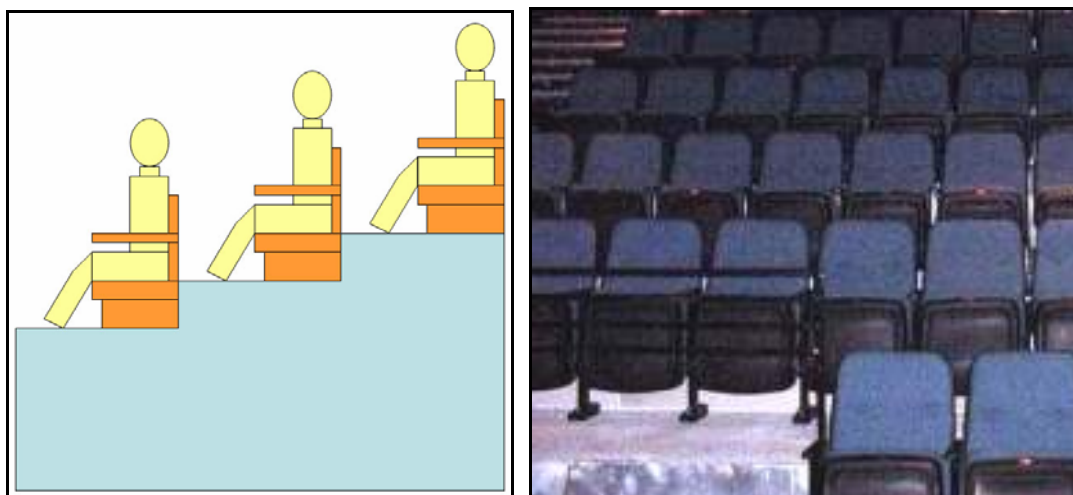
Αν ακολουθήσουμε όλα αυτά που αναφέραμε παραπάνω τότε θα έχουμε σταθερή στάθμη με αυξομείωση 2dB στο ηχητικό πεδίο που δημιουργούν τα περιφερειακά ηχεία. Η ομοιομορφία του ηχητικού πεδίου μπορεί να επιτευχθεί με σωστή ρύθμιση των οδηγών των μεγάφωνων. Όταν πρόκειται για πολύ μεγάλες αίθουσες πρέπει να προετοιμαστούμε για περιφερειακές ζώνες με εισαγωγή καθυστέρησης (delay lines), για να εξασφαλίσουμε ότι τα σήματα από τα διάφορα κανάλια φτάνουν στους θεατές χωρίς πολύ μεγάλες χρονικές μετατοπίσεις το ένα με το άλλο. Συγκεκριμένους κανόνες τοποθέτησης περιφερειακών ηχείων θα δούμε στο πειραματικό μέρος (βλ. σελ.92).

ΕΝΟΤΗΤΑ 3.4: ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΙΘΟΥΣΩΝ

3.4.1: Stadium Seating

Stadium Seating είναι η τεχνική τοποθέτησης των καθισμάτων που χρησιμοποιείται κυρίως σε κινηματογράφους, θέατρα και γήπεδα ώστε να μπορούν όλοι οι θεατές να παρακολουθούν το συμβάν χωρίς να μπλοκάρει ο μπροστινός τους το οπτικό τους πεδίο, όπως συμβαίνει στην κλασική τοποθέτηση θέσεων. Σε αντίθεση με την κλασική τοποθέτηση θέσεων, στο stadium seating οι θέσεις έχουν μια κλίση προς τα πάνω, από την πρώτη μέχρι την τελευταία θέση. Αυτή η κλίση στα γήπεδα είναι συνήθως 30° ενώ στα θέατρα και στους κινηματογράφους πιο μικρής τάξης γύρω στις 15° . Με αυτή την κλίση έχουμε σαφώς καλύτερο οπτικό πεδίο προς την οθόνη και μειώνονται οι πιθανότητες αν κάτσει μπροστά μας ένας ψηλός θεατής να μπλοκάρει την ορατότητά μας. Το stadium seating είναι πλέον στάνταρ στους σημερινούς κινηματογράφους με την μόνη παρατήρηση ότι προτιμάται το κεκλιμένο επίπεδο να είναι βηματικό, δηλαδή με πολλά διαζώματα, και όχι ενιαίο γιατί τότε τα αντικείμενα που πέφτουν από τους θεατές και κυλάνε προς τα κάτω δημιουργούν θόρυβο.

Σχήμα 3.28: Stadium Seating



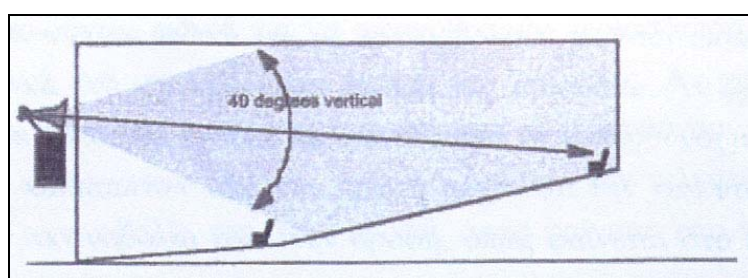
3.4.2. Διασπορά Ήχου

Με την καθιέρωση του stadium seating στους κινηματογράφους παρουσιάστηκε όμως και ένα πρόβλημα. Τα ηχεία οθόνης έπρεπε να έχουν μεγαλύτερη κάθετη διασπορά απ' ό,τι χρειάζονταν με την κλασική τοποθέτηση θέσεων. Η οριζόντια

διασπορά δεν είχε πρόβλημα γιατί το πλάτος των θέσεων παρέμενε ίδιο και τα ηχεία είχαν ειδή σχεδιαστεί να έχουν 60° με 90° οριζόντια διασπορά.

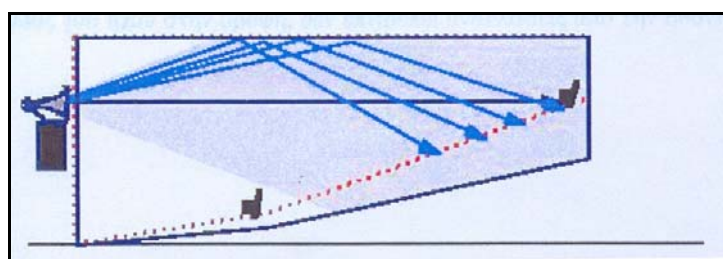
Οι κόνρες που αναπαρήγαγαν τις ψηλές συχνότητες όπου είναι και κατευθυντικές έπρεπε να δώσουν την λύση. Στην αρχή σχεδιάστηκαν ώστε να έχουν κάθετη διασπορά 40° και έτσι με μια καλή τοποθέτηση που θα περιλάμβανε τον πρώτο και τον τελευταίο θεατή λύνονταν το πρόβλημα εφόσον η στάθμη σε ολόκληρο το ακροατήριο ήταν ομοιόμορφη και ίσα κατανεμημένη σε όλη την αίθουσα.

Σχήμα 3.29: Προβολή της κάθετης διασποράς συνηθισμένης κόνρας σε μια κινηματογραφική αίθουσα τύπου “stadium seating”.



Παρόλα αυτά υπήρχε και άλλο ένα σοβαρό πρόβλημα εκτός από την διασπορά. Για να κατανέμει η κόνρα καλή διασπορά προς όλο το ακροατήριο έπρεπε να τοποθετηθεί ψηλά, έτσι ένα μεγάλο μέρος της ηχητικής ενέργειας πήγαινε στην οροφή της αίθουσας δημιουργώντας ανακλάσεις όπως φαίνεται στο από κάτω σχήμα.

Σχήμα 3.30: Ανακλάσεις από την οροφή της αίθουσας με την συνηθισμένη κόνρα.

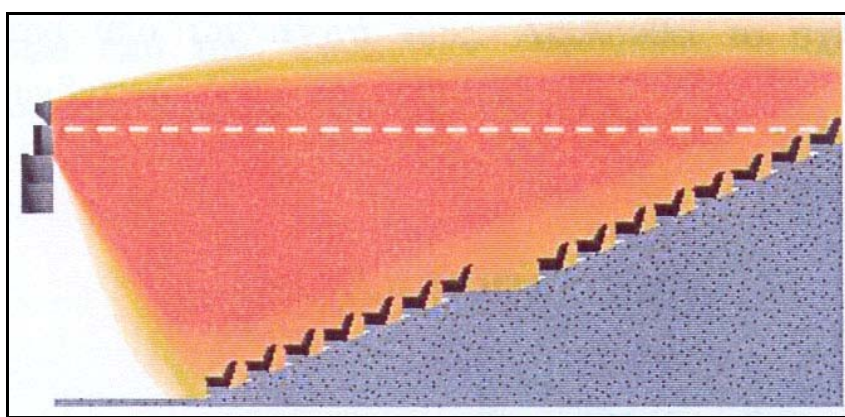


Οι ανακλάσεις αυτές λόγω υψηλής συχνότητας δημιουργούσαν πρόβλημα με την καταληπτότητα των διαλόγων, για αυτό και άρχισαν να τοποθετούν στην οροφή απορροφητές μεσαίων και ψηλών συχνοτήτων. Αργότερα όμως πολλοί σχεδιαστές κινηματογραφικών ηχείων κατάλαβαν ότι αυτές οι κόνρες σταθερής κατευθυντικότητας που ακτινοβολούσαν τον ήχο με συμμετρικό σχήδιο δεν

συμπεριφέρονταν καλά σε οροφές μη πολύ καλά σχεδιασμένες και εκτός αυτού δημιουργούσαν ανακλάσεις μεσαίων συχνοτήτων από τον τοίχο πίσω από την οθόνη.

Έτσι έπειτα από πειραματισμούς και έρευνες δημιούργησαν ένα νέο τύπο κόρνας που κάλυπτε με περισσότερη ενέργεια συγκεκριμένο τμήμα της αίθουσας, με αποτέλεσμα ο ήχος να κατευθύνεται σε όλη την έκταση των καθισμάτων αποφεύγοντας την ακτινοβολία του προς την οροφή. Αυτές οι κόρνες ονομάστηκαν *ασύμμετρες κόρνες* και καθιερώθηκαν στον κινηματογραφικό ήχο.

Σχήμα 3.31: Προβολή της κάθετης διασποράς ασύμμετρης κόρνας σε μια αίθουσα τύπου “stadium seating”.



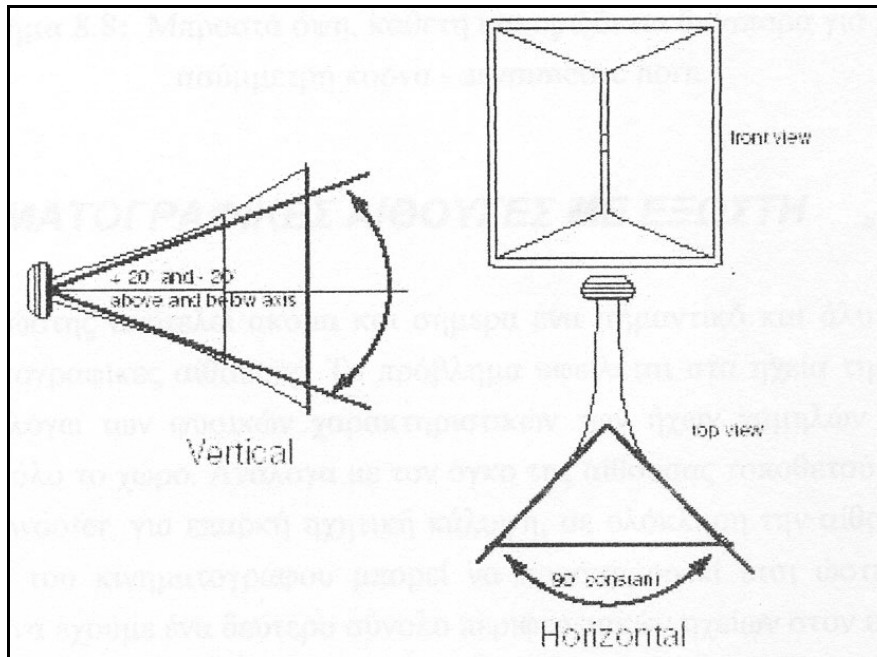
Άλλο ένα πλεονέκτημα που έχουν οι ασύμμετρες κόρνες είναι το γεγονός που αν πάρουν κλίση προς τα κάτω δεν δημιουργούν ανακλάσεις από τον τοίχο της οθόνης και εξακολουθούν να καλύπτουν όλη την περιοχή του ακροατηρίου εξίσου ικανοποιητικά αποφεύγοντας ακόμα περισσότερο την ηχητική ακτινοβολία προς την οροφή.

3.4.3: Ασύμμετρες Κόρνες

Η κύρια διαφορά που προκύπτει κατασκευαστικά μεταξύ συμβατικής και ασύμμετρης κόρνας είναι όχι στην οριζόντια διασπορά, που και στις δυο περιπτώσεις είναι περίπου ίδια, αλλά στη κάθετη διασπορά.

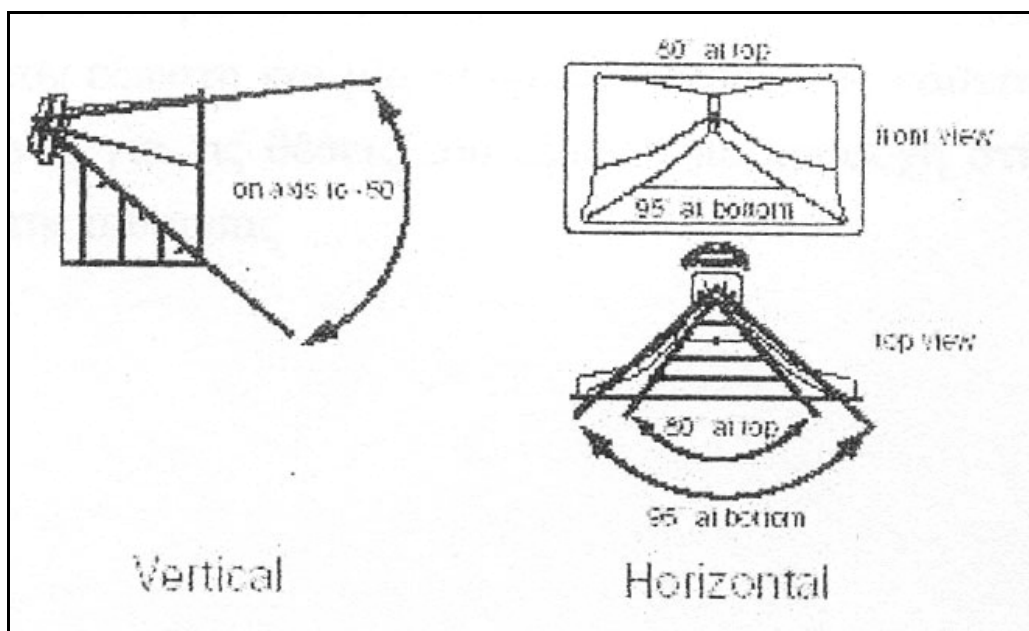
Η συμβατική κόρνα έχει οριζόντια διασπορά 90° ακτινοβολώντας 45° δεξιά και αριστερά από τον άξονά της. Η κάθετη διασπορά είναι 40° και ακτινοβολεί 20° πάνω και κάτω από τον άξονά της.

Σχήμα 3.32: Μπροστά όψη, κάθετη και οριζόντια διασπορά για μια συμβατική κórνα – conventional horn.



Η ασύμμετρη κórνα έχει οριζόντια διασπορά μέχρι και 95° . Η κάθετη διασπορά της είναι 50° και ακτινοβολεί ακριβώς από τον άξονά της και κάτω με αποτέλεσμα να κατευθύνει τον ήχο κατευθείαν στο ακροατήριο χωρίς να δημιουργούνται ανακλάσεις από την οροφή.

Σχήμα 3.33: Μπροστά όψη, κάθετη και οριζόντια διασπορά για μια ασύμμετρη κórνα – asymmetric horn.



3.4.4: Κινηματογράφοι Με Εξώστη

Ένα μεγάλο ακουστικό πρόβλημα που συναντάμε στους κινηματογράφους είναι αυτό με τις αίθουσες που έχουν εξώστη. Το πρόβλημα βρίσκεται με την διασπορά των ψηλών συχνοτήτων και τα ηχεία αναπαραγωγής τους. Οι χαμηλές συχνότητες δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα γιατί δεν είναι κατευθυντικές και έτσι εκπέμπονται σε όλο το χώρο. Ανάλογα με τον όγκο της αίθουσας τοποθετούμε και όσα subwoofer είναι απαραίτητο. Ούτε και τα περιφερειακά κανάλια αντιμετωπίζουν πρόβλημα. Μπορούμε αν έχει η αίθουσα εξώστη να τοποθετήσουμε και ένα δεύτερο σύνολο περιφερειακών ηχείων χωρίς να επηρεάζουν την ακουστική κάτω από τον εξώστη.

Με τα ηχεία οθόνης όμως και ιδιαίτερα με την ηχητική κάλυψη των μεγάφωνων τύπου κόρνας έχουμε πρόβλημα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ψηλές συχνότητες δεν έχουν μεγάλο μήκος κύματος και έτσι δύσκολα φτάνουν σε μεγάλες αποστάσεις όπου και βρίσκεται ο εξώστης. Επίσης στο αποτέλεσμα της κάθετης διασποράς της ασύμμετρης κόρνας. Οι ασύμμετρες κόρνες δεν ανταποκρίνονται σωστά σε αίθουσες με εξώστη γιατί δεν μπορούν να καλύψουν ηχητικά τις θέσεις πάνω και κάτω από τον εξώστη λόγω του ότι η κάθετη διασπορά τους είναι 50° . Το δάπεδο του εξώστη θα δημιουργήσει ανακλάσεις και ηχητικά κενά στις θέσεις που βρίσκονται κάτω από αυτόν.

Κάποιος θα πρότεινε την τοποθέτηση συμβατικής και ασύμμετρης κόρνας μαζί αλλά αυτό δημιουργεί παρεμβολές λόγω της διαφορετικότητας της κάθετης διασποράς μεταξύ αυτών των δυο ηχείων. Μια λύση θα ήταν να τοποθετήσουμε μια ασύμμετρη κόρνα που θα εκπέμπει για τις θέσεις κάτω από τον εξώστη και άλλη μία ασύμμετρη κόρνα με την διαφορά ότι αυτή θα εκπέμπει από τον άξονά της και πάνω, για να καλύψει ηχητικά τις θέσεις του εξώστη, προσέχοντας πάντα τις ανακλάσεις της οροφής. Όπως και να έχει όταν πάτε στον κινηματογράφο προτιμήστε να κάτσετε σε κάποια θέση εκτός του εξώστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

Η εικόνα στον κινηματογράφο είναι προϊόν του προβολέα και της οθόνης. Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πως λειτουργούν, καθώς δεν είναι καθόλου μια απλή διαδικασία.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

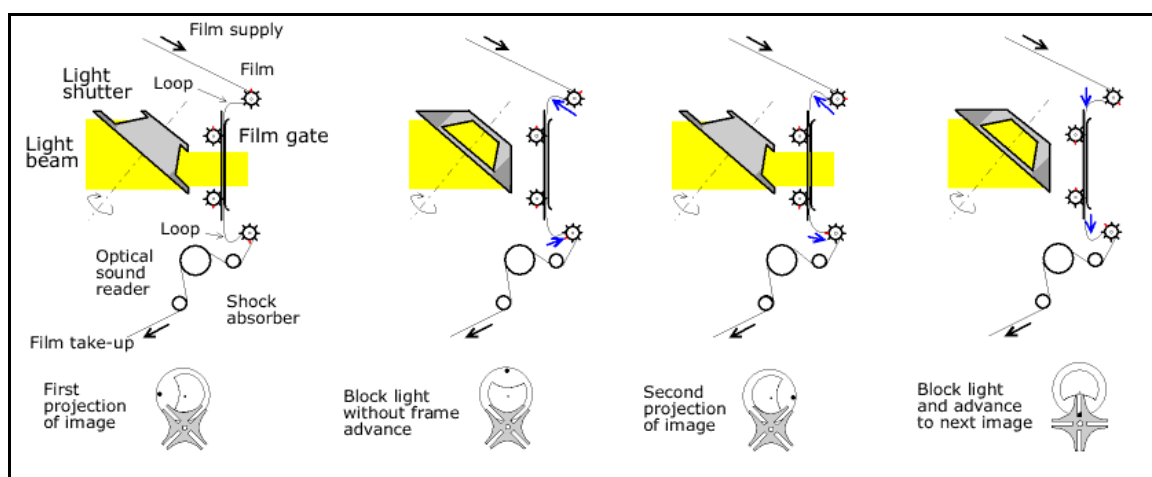
4.1.1: Λειτουργία Προβολέα (Projector)

Ας δούμε πως λειτουργεί ένας προβολέας οπτικού φιλμ:

- Μια πυρακτωμένη λάμπα παράγει φωτόνια. Αυτή η πηγή φωτός παράγει αρκετή θερμότητα ώστε να κάψει το φιλμ αν κάποιο frame παραμείνει ακίνητο πάνω από ένα κλάσμα του δευτερολέπτου.
- Ένας καμπυλωμένος φακός συγκεντρώνει το εκπεμπόμενο φως και το οδηγεί στο Gate.
- Το Douser είναι μια μεταλλική λεπίδα που κόβει το φως και κατά συνέπεια την θερμότητα, πριν πάει στο Gate, για να προστατέψει το φιλμ σε περίπτωση που ο τροχός του φιλμ δυσλειτουργήσει.
- Ένα frame από ολόκληρο το φιλμ τοποθετείται και κρατιέται επίπεδο για να εκπέμψει απάνω του η δέσμη φωτός, ώστε να προβληθεί μέσω του μηχανισμού διαφράγματος του προβολέα στην οθόνη για λιγότερο του ενός κλάσματος του δευτερολέπτου. Το εξάρτημα που κρατάει επίπεδο το frame του φιλμ είναι το διάφραγμα του φακού (περνάει μέσα του η δέσμη φωτός) και ονομάζεται Gate. Το Gate παρέχει μια μικρή δόση τριβής στο frame τόσο ώστε να μην γλιστράει γρήγορα το frame, χωρίς να διαβαστεί ή κολλήσει και δεν διαβαστούν τα υπόλοιπα frame.
- Το φιλμ μετά το Gate οδηγείται στις ηχητικές κεφαλές που διαβάζουν την ηχητική πληροφορία. Για αυτό τον λόγο όλα τα οπτικά ηχητικά φορμάτ βρίσκονται πάνω στο φιλμ σε ασynchρονισμό με την εικόνα γιατί όπως είπαμε η εικόνα έχει διακοπτόμενη κίνηση. Ο ήχος διαβάζεται συνεχόμενος γιατί αν συγχρονίζονταν με την εικόνα τότε θα ακούγαμε απότομα ξεκινήματα-σταματήματα στον ήχο με γρήγορη ταχύτητα. Έτσι η ηχητική πληροφορία είναι μόνη της στα πρώτα frame χωρίς την παρουσία της εικόνας αν οι ηχητικές κεφαλές ήταν μετά το Gate, ενώ αν ο προβολέας είχε τις κεφαλές πριν το Gate τότε πρώτα έρχεται η εικόνα και μετά η ηχητική πληροφορία στο φιλμ.

- Πολλοί πιστεύουν ότι η εικόνα που βλέπουμε στην οθόνη ενός κινηματογράφου, είναι μια σειρά από frames που κινούνται πολύ γρήγορα μέσα από μια δέσμη φωτός, αλλά αυτό είναι ένας μύθος. Αν συνέβαινε αυτό θα βλέπαμε μια σειρά από θολές εικόνες. Είναι το shutter (ο μηχανισμός διαφράγματος) που δίνει την ψευδαίσθηση του ενός ολοκληρωμένου frame που αντικαθίσταται άμεσα από ένα άλλο. Το κυλινδρικό shutter που παίρνει το ρόλο της πύλης εμποδίζει ανά γρήγορα χρονικά διαστήματα το φως, την ώρα που είναι να έρθει το επόμενο frame. Οι θεατές δεν καταλαβαίνουν το φως που τρεμοσβήνει γιατί ο εγκέφαλος σε τέτοιες ταχύτητες δεν κατανοεί την αλλαγή της εικόνας και πιστεύει πως δεν υπάρχει τρεμόσβημα.

Σχήμα 4.1: Μηχανική ακολουθία οπτικού φιλμ στον προβολέα ([Http://www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))



4.1.2: Τρόποι Κίνησης Οπτικού Φιλμ

Υπάρχουν δυο μέθοδοι ξετυλίγματος του φιλμ ώστε να εισέρθει και να διαβαστεί από τον προβολέα.

1) Με δυο κυλίνδρους (Two Reel System):

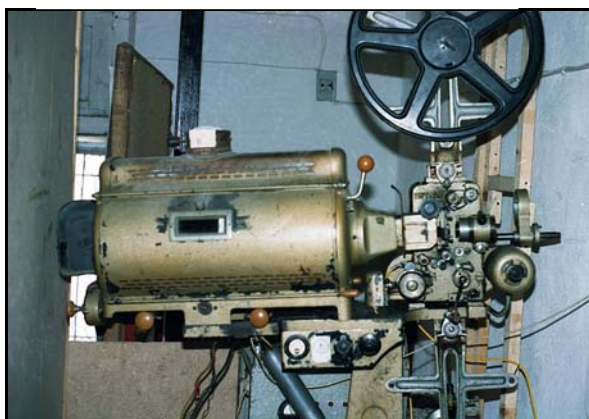
Αυτός ο τρόπος είναι ακριβώς ίδιος με τις εμπορικές κασέτες ήχου, μόνο πολύ μεγαλύτερου μήκους και με μεγαλύτερους τροχούς. Ο ένας τροχός είναι ο τροχός τροφοδοσίας που στέλνει το φιλμ στον προβολέα και έχει μια ελαφρά αντίσταση για να κρατά το φιλμ σε ισορροπία, καθώς ο άλλος τροχός μαζεύει το φιλμ μετά τον προβολέα με διαρκή τάση τόση ώστε να μην φύγει το φιλμ από τον μηχανισμό του ή τεντωθεί τόσο πολύ που να σκιστεί.

Το μέγεθος των δυο τροχών ποικίλει ανάλογα πάντα με τον προβολέα. Το φιλμ μπορεί να φτάσει και τα 610m για μια ταινία 22 λεπτών στα 24fps (frames per

second). Κάποιοι τροχοί μπορούν να κουβαλήσουν και φιλμ μήκους 1830m, κάτι που βοηθάει στο να μην γίνεται αλλαγή του φιλμ στην μέση της ταινίας. Εξ' ου και τα διαλείμματα, που διαρκούν τόσο ώστε ο τεχνικός να αλλάξει το φιλμ. Το Two Reel System ήταν το πρώτο σύστημα μηχανισμού κίνησης του φιλμ.

Σχήμα 4.2: Two Reel System
(σύστημα δύο κυλίνδρων)

Σχήμα 4.3: Παλιός προβολέας



2) Με ένα κύλινδρο (single reel system):

Γνωστό και σαν μακράς διάρκειας σύστημα (long-play system). Υπάρχουν δυο ειδών Single Reel System:

- Το σύστημα «Πύργος» (Tower System), κάθετης κίνησης του φιλμ.
- Το σύστημα «Πιατέλα» (Platter System), οριζόντιας κίνησης.

- Το **Tower System** μοιάζει πολύ με το Two Reel System με την διαφορά ότι ο ίδιος πύργος είναι ένα αυτόνομο μηχανήμα έχοντας και τον προβολέα μαζί. Ωστόσο υπάρχουν και προβολείς συστήματος Two Reel που έχουν ενσωματωμένους δυο κάθετους τροχούς και η μόνη διαφορά που παρουσιάζουν είναι ότι αυτή του Tower System έχουν τέσσερα καρούλια που ουσιαστικά θεωρούνται ένας κύλινδρος γιατί μοιράζουν την ταινία σε τέσσερα μέρη.

- Στο **Platter System** οι εικοσάλεπτο φιλμ τροχοί που ενώνονται μαζί ουσιαστικά σαν ένα κύλινδρο, στέλνουν το φιλμ στον προβολέα και μετά αυτό τυλίγεται σε μια οριζόντια κινούμενη στρογγυλή πιατέλα, εξ' ου και η ονομασία "platter system". Το platter system μπορεί να αποτελείται και από περισσότερες από μια πιατέλες κίνησης.



Σχήμα 4.4: Platter System. Φαίνονται οι τρεις πιατέλες που θεωρούνται σαν ένας κύλινδρος.

Ένας μηχανισμός που λέγεται payout καθορίζει την ταχύτητα κίνησης των τροχών και των πιατέλων που τροφοδοτούν τον προβολέα με φιλμ.

Με αυτό το σύστημα δεν χρειάζεται να γυρίσουμε πίσω το φιλμ (rewind) για να προβάσουμε την ταινία, γλυτώνοντας έτσι κόπο και αποφεύγοντας την τριβή του φιλμ από το γρήγορο rewind που μπορεί να προκαλέσει και την καταστροφή του. Το μόνο μειονέκτημα είναι ότι αν δεν τοποθετεί το φιλμ με προσοχή στον προβολέα μπορεί να αποκτήσει διαγώνια γδαρσίματα και ότι συλλέγει περισσότερη σκόνη και βρωμιά καθώς είναι εκτεθειμένο στον αέρα μέχρι να πάει από τον προβολέα στις πιατέλες. Για αυτό με το platter system κρίνεται απαραίτητο να έχουμε ένα δωμάτιο προβολής απομονωμένο, με σωστό ποσοστό υγρασίας καθώς και καθαριστικά εξαρτήματα που απομακρύνουν την σκόνη από το φιλμ όταν αυτό κινείται.

Σχήμα 4.5: Απομονωμένο δωμάτιο προβολής με τον προβολέα Century SA και την πιατέλα Cristie AW3 τύπου platter system.



Παρόλο που το σύστημα Single Reel System είναι πιο διαδεδομένο και προτιμάται στους κινηματογράφους σήμερα, το Two Reel System βρίσκεται ακόμα σε σημαντική χρήση.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4.2: ΟΘΟΝΗ

4.2.1: Οθόνη και Κατηγορίες

Η οθόνη είναι ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα ενός κινηματογράφου. Μπορεί με την πρώτη ματιά να φαίνεται απλή σαν ένα άσπρο πανί αλλά στην πραγματικότητα είναι ένα πολύπλοκο επίτευγμα της τεχνολογίας. Ουσιαστικά η οθόνη φτιάχνεται από βαρύ λευκό βινύλιο και είναι επιστρωμένη με μια ανακλαστική επιφάνεια που αυτή με την σειρά της φτιάχνεται ή από αλουμίνιο για υψηλή αντίθεση στο μέτριο φως του περιβάλλοντος, ή από μια άσπρη επιφάνεια με μικρούς κόμπους γυαλιού για υψηλή φωτεινότητα σε σκοτεινές αίθουσες. Η οθόνη έχει επίσης εκατοντάδες μικρές ισαπέχουσες τρυπίτσες για να περνάει ο ήχος από τα ηχεία οθόνης ειδικά θα ανακλώταν πίσω.

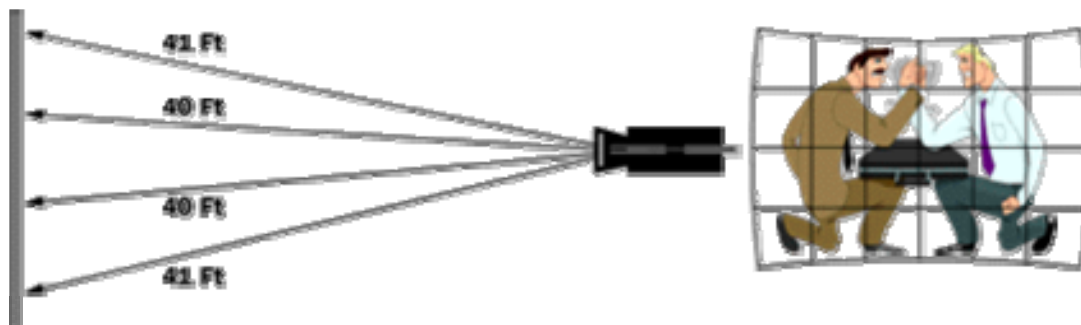
Όμως ας δούμε πως κατηγοριοποιούνται οι οθόνες σύμφωνα με την φωτεινότητά τους:

- Λευκό Ματ (Matte White): με ανακλαστικότητα κάτω του 5% του εκπεμπόμενου φωτός, με αποτέλεσμα η εικόνα να μην είναι πολύ φωτεινή.
- Λαμπρή (Pearlescent): με ανακλαστικότητα 15%. Η εικόνα είναι λαμπρή με καλή αντίθεση (contrast).
- Ασημί (Silver): με 30% ανακλαστικότητα. Η εικόνα σε αυτές τη οθόνες είναι πολύ λαμπρή αλλά τα σκούρα χρώματα δείχνουν λίγο θολά.
- Γυάλινης Χάντρας (Glass Bead): είναι αυτές με τους κόμπους γυαλιού που αναφέραμε και παραπάνω, με ανακλαστικότητα 40% και πάνω. Η εικόνα είναι υπερβολικά λαμπρή και χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις.

Σύμφωνα με το φωτισμό της αίθουσας γίνεται και η επιλογή της οθόνης όσον αναφορά την ανακλαστικότητα του φωτός που έχουν. Η συνηθέστερη και ίσως η καλύτερη επιλογή όμως είναι η οθόνη κατηγορίας Pearlescent.

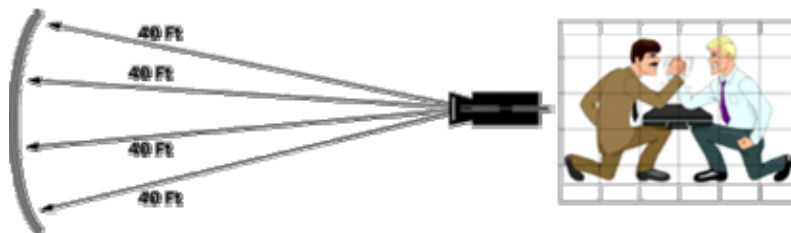
Υπάρχουν όμως και άλλες τρεις κατηγορίες που χωρίζουν τις οθόνες κινηματογράφου, σύμφωνα με την κλίση τους. Αυτές είναι η εξής:

1) *Flat Screen (επίπεδες)*: Είναι αυτές που δεν παρουσιάζουν καθόλου κλίση, με αποτέλεσμα να δημιουργείται αλλοίωση της εικόνας επειδή το φως που πέφτει στο κέντρο της οθόνης διανύει λιγότερη απόσταση από το φως που πέφτει στα άκρα της. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην κάτω εικόνα και το φαινόμενο αυτό ονομάζεται “Pincushion Effect”.



Σχήμα 4.6: *Flat Screen*. Pincushion effect (1m = 3,3Ft)

2) *Horizontal-curve screen (οριζόντιας κλίσης)*: Αυτές οι οθόνες έχουν κλίση στις οριζόντιες άκρες τους (δεξιά και αριστερά), που κλίνουν προς το κοινό. Έτσι το φως διανύει ίση απόσταση στις άκρες της οθόνης με το κέντρο της.



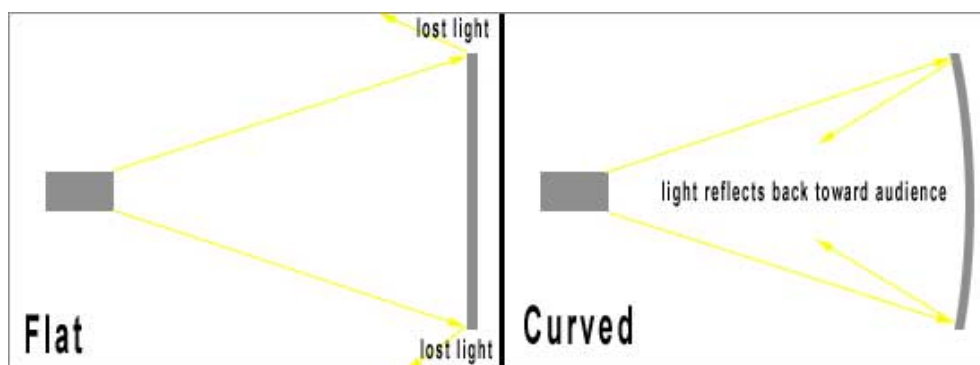
Σχήμα 4.7:
Horizontal-curve screen. No
Pincushion effect

Η κλίση αυτή είναι 30cm αλλά συνήθως ρυθμίζεται από την εταιρία που έχουμε προμηθεύει την οθόνη καθώς δεν είναι όλες ίδιων διαστάσεων. Σε μια μικρή αίθουσα με μικρή οθόνη η κλίση θα είναι μικρότερη από τι σε μια πολύ μεγάλη αίθουσα με μεγάλη οθόνη.

3) *Torex screen (κοίλες οθόνες)*: Αυτές οι οθόνες εκτός από την κλίση που έχουν στις οριζόντιες άκρες τους έχουν και κάθετη κλίση (πάνω-κάτω), δημιουργώντας έτσι μια κοίλη επιφάνεια. Το φως σε αυτές φτάνει στην ίδια απόσταση σε όλα τα σημεία.

Ένας άλλος στόχος που επιτυγχάνουν οι οθόνες τύπου Horizontal-curve και Torex είναι πως το φως ανακλάται προς το κοινό, κάνοντας αυτές πιο φωτεινές από της flat που ανακλούν το φως προς τα έξω.

Σχήμα 4.8: Σύγκριση οθόνων τύπου flat με Horizontal-curve και Torex.

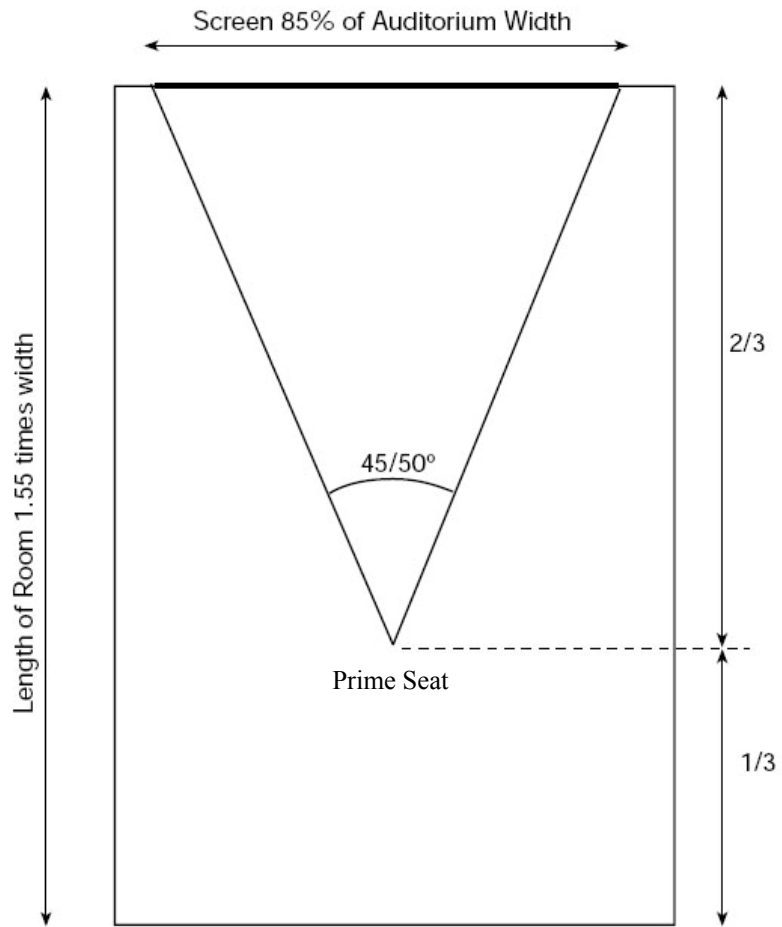


4.2.2: Γωνία οθόνης

Μέγιστης σημασίας έχει και το μήκος της οθόνης. Το καλύτερο μήκος οθόνης βρίσκεται σε συνάρτηση με την «εκτεινόμενη γωνία» η οποία είναι από το σημείο που βρίσκεται στα 2/3 του μήκους της αίθουσας από την οθόνη. Αυτό το σημείο ονομάζεται και “Prime Seat”, είναι το ίδιο σημείο που στοχεύει ο άξονας των οδηγών ψηλών συχνοτήτων των ηχείων οθόνης, και είναι το σημείο που συνήθως επιλέγει ο πρώτος θεατής να κάτσει καθώς έχει την καλύτερη οπτική επαφή με την οθόνη.

Αυτή η γωνία πρέπει να είναι λοιπόν 45° με 50°. Η THX όπως έχουμε δει, την καθορίζει στις 36° από την τελευταία σειρά καθισμάτων όμως, και όχι από το σημείο Prime Seat (βλ. σελ.61 σχ.3.23)

Με την εκτεινόμενη γωνία μπορούμε να δούμε αν κάποιος κινηματογράφος έχει σωστή σχέση μήκους πλάτους και ποιο το κατάλληλο μήκος οθόνης ανάλογα με τις διαστάσεις του πλάτους της αίθουσας. Όπως βλέπουμε στην κάτω εικόνα η κατάλληλη γεωμετρία κινηματογράφου είναι όταν το μήκος του είναι 1,55 φορές το πλάτος του, και η οθόνη καλύπτει το 85% του πλάτους της αίθουσας.



Σχήμα 4.9: Κατάλληλη γεωμετρία κινηματογράφου
([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5.1: ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Η γεωμετρία του χώρου είναι πολύπλοκη καθότι ο εσωτερικός χώρος δεν είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο αλλά έχει πολλά τμήματα διαφορετικού πλάτους, πέντε τον αριθμό (βλ. σελ.134), μη σταθερού ύψους καθώς και τμήματα διαφορετικής χωρητικότητας θέσεων. Βρήκαμε επίσης πως διαστάσεις τμημάτων που θα έπρεπε να είναι ίδιες δεν είναι, για παράδειγμα το ύψος των διαζωμάτων του κεκλιμένου επιπέδου, το μήκος των σκαλιών, οι προεκτάσεις των τμημάτων πλάτους κ.α. Γενικότερα δεν υπάρχει σε όλο το αμφιθέατρο ισομετρική κατανομή διαστάσεων.

Τα σχεδιαγράμματα απεικονίζουν την κάτοψη (σελ.133) και την τομή (σελ.135) του χώρου καθώς και τα τμήματα πλάτους (σελ.134, 136). Εδώ να πούμε πως δεν φαίνονται όλες οι διαστάσεις του χώρου και για αυτό δεν μπορούμε να δούμε και την ασύμμετρη κατανομή αυτών. Όπως αναφέραμε και στον πρόλογο, η τέλεια παρουσίαση των διαστάσεων του αμφιθέατρου ήταν κάτι που δεν μπορέσαμε να φέρουμε εις πέρας λόγω της ανύπαρκτης εμπειρίας μας με το υπολογιστικό πρόγραμμα αρχιτεκτονικής, όπως και την επίσης μηδενική γνώση μας πάνω σε θέματα αρχιτεκτονικής καταγραφής χώρων. Παρόλα αυτά πιστεύουμε, πως τα σχεδιαγράμματα βοηθάνε πολύ στο να σχηματίσουμε μια γενική άποψη για πως είναι αυτός ο χώρος και ότι η παράβλεψη κάποιων διαστάσεων δεν επηρεάζει την θεωρητική εφαρμογή μας.



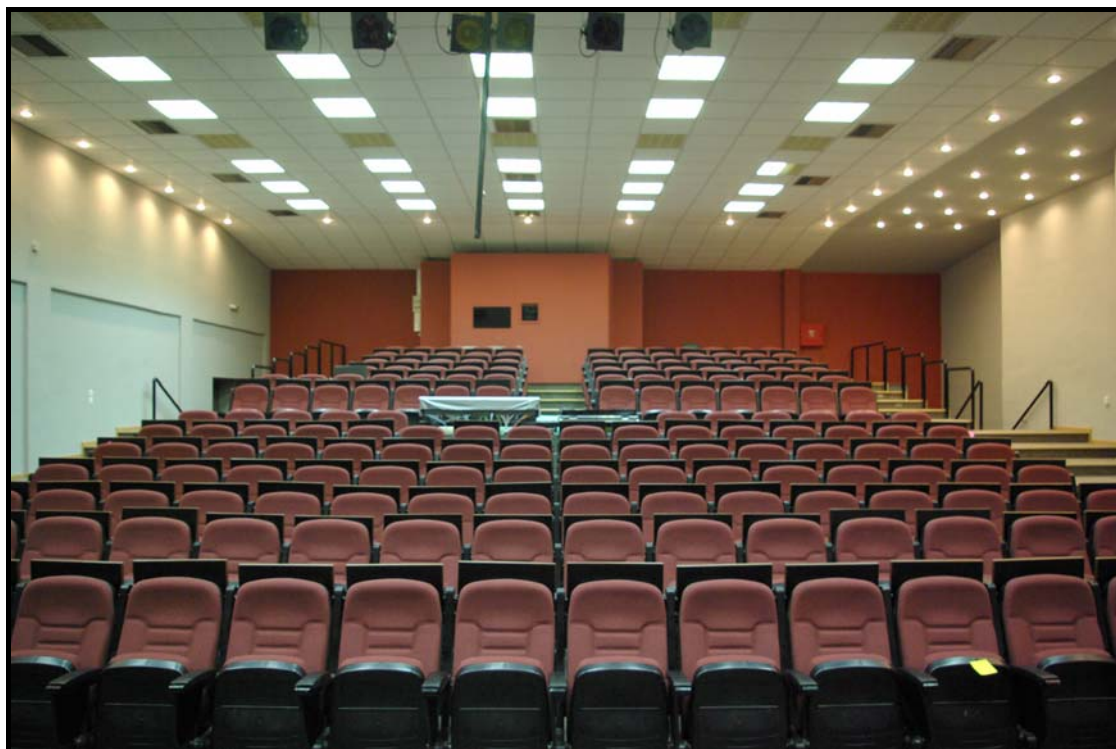
Σχήμα 5.1: Οροφή που κλείνει στο πίσω μέρος της αίθουσας.
(φώτο: Θεωδωρής Διαμαντής)



Σχήμα 5.2: Τμήματα πλάτους.
(φώτο: Θεωδωρής Διαμαντής)

Το αμφιθέατρο έχει την γεωμετρία του “stadium seating” που είναι απαραίτητη για κινηματογραφικές προβολές, όπως επίσης και πολύ καλή αναλογία μήκους πλάτους που υπάρχει στους κινηματογράφους. Αναλυτικότερα όμως θα δούμε στις παρακάτω ενότητες ποια είναι η σωστή αναλογία διαφόρων διαστάσεων και ποιος ο σκοπός αυτών (βλ. σελ.113).

Σχήμα 5.3: Stadium seating (φώτο: Θεωδωρή Διαμαντής)



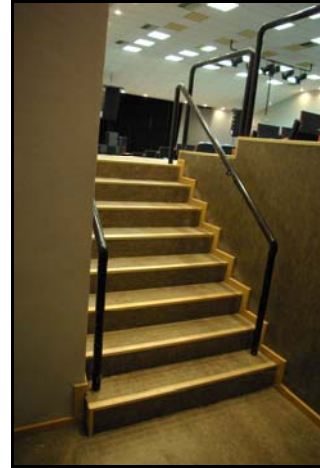
ΕΝΟΤΗΤΑ 5.2: ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ

Εσωτερικά βλέπουμε πως έχουμε τρία τμήματα θέσεων (βλ. σελ.133), το πρώτο με 107 θέσεις, το δεύτερο με 42 θέσεις και το τρίτο με 34 θέσεις. Το σύνολο αυτών 183 θέσεις με κάθε μία να έχει και συρόμενο γραφείο.

Το κεκλιμένο επίπεδο (βλ. σελ.135) αποτελείται από 15 διαζώματα πλάτους 90cm διαφορετικού όμως ύψος το καθένα, χαρακτηρίζοντας το ως βηματικό, κάτι που ισχύει στους κινηματογράφους γενικότερα. Από κάτω έχει κενό που χρησιμοποιείται σαν αποθήκη για τον εξοπλισμό του ΤΕΙ.



Σχήμα 5.4:
Κεκλιμένο
επίπεδο
(φώτο: Θεοδωρήs
Διαμαντήs)



Σχήμα 5.5:
Σκαλιά
(φώτο: Θεοδωρήs
Διαμαντήs)

Στο εντέκατο με δωδέκατο διάζωμα κατεβαίνουν δεξιά και αριστερά 7 σκαλιά που δίνουν πρόσβαση σε εξόδους και στις τουαλέτες.

Η σκηνή έχει ύψος 84cm. Τον χώρο προς τα καμαρίνια δεν τον έχουμε συμπεριλάβει στο σχέδιο επειδή θεωρούμε πως ο μόνος χώρος χρήσιμος αναφοράς είναι το νοητό ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο που δημιουργείται για την στέγαση των ηχείων οθόνης, τον τοίχο-μπάφλα και την ίδια την οθόνη. Εδώ να πούμε πως θεωρούμε σαν θέση τοποθέτησης της οθόνης την νοητή προέκταση των τοιχωμάτων αριστερά και δεξιά του μικρού πλάτους του αμφιθεάτρου.

Μικρό πλάτος ονομάσαμε το μικρότερο τμηματικά πλάτος 11,8m ενώ μεγάλο πλάτος το τελευταίο και μεγαλύτερο 14,36m. Τα τμήματα πλάτους του αμφιθεάτρου είναι 5 (βλ. σελ.134).

Στον χώρο λειτουργεί κλιματισμός με κανάλια διανομής του αέρα μέσα από την ψευδοροφή και εξαγωγής αυτού από περσίδες εξαερισμού.



Σχήμα 5.6:
Περσίδες
εξαερισμού.



Σχήμα 5.7:
Δωμάτιο
προβολής

Ο φωτισμός του χώρου γίνεται μέσα από λάμπες τύπου “spot” και φθορίου. Το δωμάτιο προβολής είναι μήκους 4,6m πλάτους 2m και ύψους 2,45m και είναι φτιαγμένο από γυψοσανίδα, με δύο ανοίγματα για τον προβολέα, το πρώτο 31cm×33cm και το δεύτερο 73cm×41cm σε απόσταση από το πάτωμα 1,34m. Ο τοίχος στο λεγόμενο κενό οθόνης είναι και αυτός από γυψοσανίδα.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5.3: ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΓΚΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ

Η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας του αμφιθεάτρου, λόγω του διαζώματος, των δύο επιπέδων με τα σκαλιά, τα πέντε διαφορετικά τμήματα πλάτους και το μεταβλητό ύψος του, κάνει δύσκολο τον υπολογισμό του όγκου του. Για αυτό θα τον υπολογίσουμε προσεγγιστικά.

Θα το χωρίσουμε σε έξι τμήματα διαφορετικού πλάτους και μήκους, και έπειτα θα προσθέσουμε τους όγκους αυτών των τμημάτων για να μας δώσει το άθροισμα τον όσο καλύτερο προσεγγιστικό όγκο του αμφιθεάτρου (βλ. σελ.133 – 134).

- 1^ο τμήμα πλάτους (μικρό): Μήκος=11,8m Πλάτος=4,2m Ύψος=5m
Όγκος $V_1=11,8m \times 4,2m \times 5m$ μείον τον όγκο σκιηνής ($V_{σκ.}=31,5m^3$) **$V_1=216,3m^3$**
- 2^ο τμήμα πλάτους: Μήκος=11,8+0,65=12,45m Πλάτος=4,2m Ύψος=4,9m
Όγκος $V_2=12,45m \times 4,2m \times 4,9m$ **$V_2=256,2m^3$**
- 3^ο τμήμα πλάτους: Μήκος=12,45+0,59=13,04 Πλάτος=4,2m Ύψος=4,5m
Όγκος $V_3=13,04m \times 4,2m \times 4,5m$ **$V_3=246,5m^3$**
- 4^ο τμήμα πλάτους: Μήκος=13,04+0,59+13,63 Πλάτος=4,25m Ύψος=3,7m
Όγκος $V_4=13,63 \times 4,25 \times 3,7$ **$V_4=214,3m^3$**
- 5^ο τμήμα πλάτους(μεγάλο):Μήκος=13,63+0,73=14,36 Πλάτος=4m Ύψος=2,7m
Όγκος $V_5=14,36m \times 4m \times 2,7m$ **$V_5=155,1m^3$**

Προσθέτοντας τους όγκους των 5 τμημάτων βρίσκουμε ότι ο προσεγγιστικός όγκος του αμφιθεάτρου είναι:

$$V_{ολ}=V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$
$$V_{ολ}=216,3 + 256,2 + 246,5 + 214,3 + 155,1$$
$$V_{ολ}=1088,4m^3$$

$V_{ολ}=1.088m^3$

Εδώ να πούμε ότι ο πραγματικός όγκος του αμφιθεάτρου είναι σαφώς μικρότερος από τον προσεγγιστικό, λόγω του κεκλιμένου επιπέδου που μειώνει σταδιακά το ύψος άρα και τον όγκο.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5.4: ΥΛΙΚΑ ΔΟΜΗΣΗΣ

Τα υλικά που δομούν τον χώρο είναι κυρίως μπετόν που το συναντάμε στο πάτωμα, στον αριστερό και στον πίσω τοίχο με πάχος 24cm. Από μπετόν είναι επίσης

και ο δεξιός τοίχος μόνο που σε 5 τμήματα αντί για μπετόν έχει γυψοσανίδα διαστάσεων 3,7m×2,3m (προσεγγιστικές διαστάσεις γιατί είναι διαφορετικές και στα 5 τμήματα) .

Σχήμα 5.8: Τμήματα γυψοσανίδας ανάμεσα στις κολώνες από μπετόν.

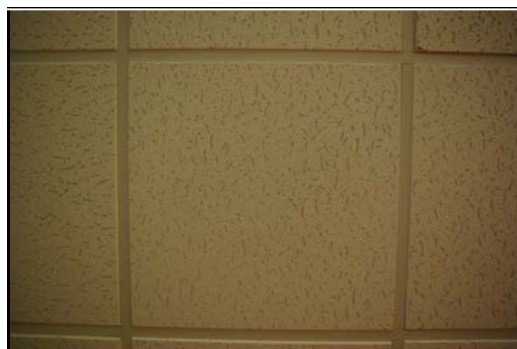


Η σκηνή είναι και αυτή από μπετόν αλλά με επένδυση ξύλου από πάνω.



Σχήμα 5.9:
Δάπεδο
σκηνής από
ξύλο.

Σχήμα 5.10:
Ψευδοροφή από τμήματα χαρτοπολτού.



Το κεκλιμένο επίπεδο είναι από μεταλλικό σκελετό σιδήρου με πάτωμα επενδυμένης λαμαρίνας πάχους 4mm και έχει από πάνω επένδυση πολύ λεπτού χαλιού.

Οι ψευδοροφή αποτελείται από τετραγωνικά τμήματα 57cm×57cm φτιαγμένα από πεπιεσμένο χαρτί και άλλα υλικά (χαρτοπολτός), που στηρίζονται σε μεταλλικό σκελετό.

Οι πόρτες είναι από φύλλο αλουμινίου πάχους 5cm, ύψους 2,20m, πλάτους 95cm και δεν είναι συμπαγείς. Έχουμε 3 πόρτες από την αριστερή πλευρά και δύο διπλές από την δεξιά. Επίσης βρίσκουμε άλλη μία πόρτα ξύλινης κατασκευής στο αριστερό

τμήμα σκαλιών για την είσοδο στις τουαλέτες και μία στο δωμάτιο προβολής καθώς και άλλη μια στο ίδιο τμήμα φτιαγμένη από σίδηρο για την είσοδο στην αποθήκη.



Σχήμα 5.11:
Πάχος πόρτας 5cm.
(φώτο: Θοδωρής Διαμαντής)

Σχήμα 5.12:
Πόρτα (φώτο: Θοδωρής
Διαμαντής)

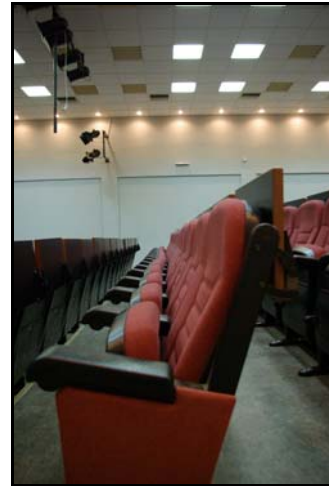
Σχήμα 5.13:
Διπλές πόρτες (φώτο: Θοδωρής Διαμαντής)



Οι καρέκλες δεν είναι γυμνές (μονάχα με το σκληρό σκελετό τους) όπως συμβαίνει στα περισσότερα αμφιθέατρα, αλλά έχουν χοντρή επένδυση για την μείωση του χρόνου αντήχησης ώστε να υπάρχει καλύτερη ακουστική όταν διεξάγονται διαφόρου τύπου ηχητικές εφαρμογές με το κοινό όρθιο.



Σχήμα 5.14:
Καρέκλα
(φώτο:
Θοδωρής
Διαμαντής)



Σχήμα 5.15:
Σειρά από
καρέκλες
(φώτο: Θοδωρής
Διαμαντής)

Τα φώτα φθορίου βρίσκονται σε 55 τμήματα αλουμινίου διαστάσεων 57cm×57cm, ενώ οι περσίδες εξαερισμού είναι 18 από κράμα αλουμινίου.

Παρόλα αυτά βλέπουμε την απουσία ηχοαπορροφητικών υλικών που βοηθούν στην βελτίωση της ακουστικής του χώρου και ότι λόγω κατασκευής (πάχος τοίχων, πλαστικές λεπτές πόρτες) δεν παρέχεται στο χώρο σωστή ηχομόνωση από τους εξωτερικούς θορύβους και από τον μέσα ήχο στον έξω χώρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ.

Θα ξεκινήσουμε να αναφέρουμε τον ηχητικό εξοπλισμό και τον εξοπλισμό εικόνας που ερευνήσαμε ως τον πιο κατάλληλο για τις ανάγκες του αμφιθεάτρου. Παρόλα αυτά δεν σημαίνει πως είναι ο μοναδικός που θα μπορούσε να πλαισιώσει τον χώρο σαν κινηματογράφο. Τα πλαίσια όμως που δημιουργούν την βάση για την επιλογή, τι χρειάζεται και την τοποθέτηση του εξοπλισμού είναι καθιερωμένα αφού υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες κινηματογραφικής εγκατάστασης και σύμφωνα με αυτά τα πλαίσια έχουμε κινηθεί και εμείς. Για να μην υπάρχει σύγχυση πρέπει να πούμε ότι εξοπλισμός ήχου και εικόνας συνεργάζονται στην συνδεσμολογία άσχετα με το γεγονός που τα έχουμε χωρίσει σε δυο ενότητες. Ξεκινάμε με την ηχητική κεφαλή που ουσιαστικά είναι το δεύτερο στοιχείο αριθμητικά στην αλυσίδα ήχου-εικόνας αφού τοποθετείται πάνω στον προβολέα. Μετά από τον εξοπλισμό ήχου που περιλαμβάνει και μη ηχητικά εξαρτήματα (πχ. τοίχος-μπάφλα, υπολογιστές) ακολουθεί η αναφορά στον εξοπλισμό εικόνας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6.1: ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

6.1.1: Ηχητική Κεφαλή / Dolby Digital Sound Head Cat. No.702

Το Cat.No.702 είναι μια ηχητική κεφαλή σχεδιασμένη έτσι ώστε να πλαισιώνεται σε παλιούς και τωρινούς προβολείς με σκοπό να διαβάξει τα ηχητικά formát: Dolby Digital, Dolby Stereo και Dolby Surround Ex που βρίσκονται στο οπτικό φιλμ. Δεν προστίθεται αλλά αντικαθιστά τις ηχητικές κεφαλές του προβολέα που θα πλαισιώσει.

Στην έξοδο του που είναι διασύνδεση 25pin D-Connector, βγάζει την ηχητική πληροφορία που βρίσκεται στο φιλμ, για αποκωδικοποίηση από τον κινηματογραφικό επεξεργαστή (cinema processor).

Για το διάβασμα των ηχητικών formát χρησιμοποιεί τελευταίας τεχνολογίας LED που η Dolby εγγυάται για την μακροζωία της. Επίσης χρησιμοποιεί τον σχηματισμό Davis Tight-loop για να εξασφαλίσει την ομαλή ροή του φιλμ. Τροφοδοτείται με ρεύμα από τον προβολέα.

Σχήμα 6.1: Dolby Digital Soundhead Cat.No.702



6.1.2:Κινηματογραφικός Επεξεργαστής / Dolby Cinema Processor CP650:

Η καρδιά ενός κινηματογραφικού συστήματος είναι ο κινηματογραφικός επεξεργαστής. Η βασική λειτουργία που τον καθιστά σαν κέντρο του ηχητικού συστήματος είναι η κωδικοποίηση του ηχητικού φορμάτ που υπάρχει στο φιλμ και διαβάζεται μέσω της ηχητικής κεφαλής που είδαμε προηγουμένως. Εξάγει την πληροφορία μέσω διασύνδεσης 25pin D-Connector στον ψηφιακό επεξεργαστή σήματος και αυτός μετέπειτα την στέλνει στους ενισχυτές και στα ηχεία.

Σχήμα 6.2: Dolby Cinema Processor CP650



Ο CP650 είναι το σήμα κατατεθέν σχεδόν σε όλους τους κινηματογράφους του κόσμου επειδή με τα άλλα προϊόντα της Dolby αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα στον ψηφιακό και αναλογικό ήχο. Είναι ο μοναδικός κινηματογραφικός επεξεργαστής που βγαίνει σε τέσσερις εκδόσεις:

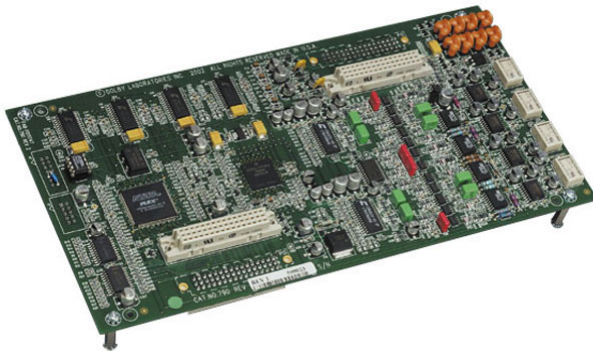
- CP650XO • CP650 • CP650D • CP650SR

Κάθε μία από αυτές κατάλληλη να διαβάζει τα φορμάτ που βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1: CP650 Card Upgrades ([Http://www.dolby.com](http://www.dolby.com))

	CP650XO	CP650	CP650D	CP650SR
Dolby A-type analog (2:4)	•	•	•	•
Dolby SR analog (2:4)	•	•	•	•
Dolby Digital, film sources	•	•	•	
Dolby Digital, non-film sources	•	•		
Dolby Digital Surround EX	•	•		
Screen speaker crossovers	•			
Le, Re support	•			

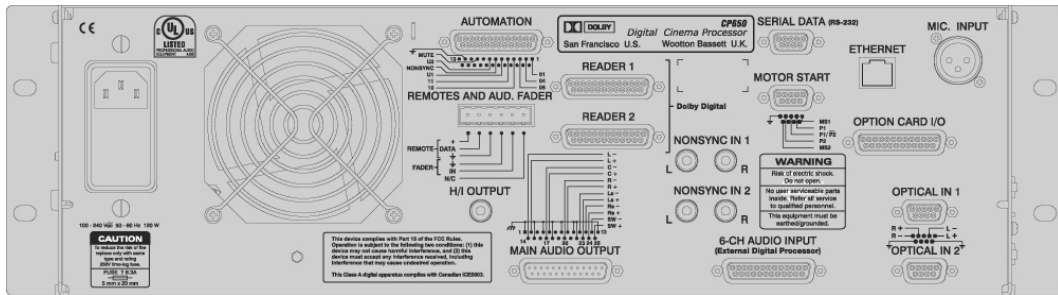
Το καλό με τον επεξεργαστή CP650 είναι ότι επιλέγοντας για αρχή μία από αυτές τις εκδόσεις μπορούμε στο μέλλον να τον αναβαθμίσουμε με μια κάρτα της Dolby ώστε να μπορέσει να αναπαράγει πιο εξελιγμένο φορμάτ της Dolby. Για παράδειγμα αν επιλέξουμε λόγω περιορισμού χρημάτων τον CP650SR που διαβάζει μόνο Dolby Stereo και Dolby A-type Analog, αντικαθιστώντας με μια νέα κάρτα Cat.No.790 την παλιά, ο επεξεργαστής μας γίνεται το τελευταίο μοντέλο CP650XO που διαβάζει όλα τα φορμάτ της Dolby.



Σχήμα 6.3: Dolby Card CAT. No. 709

Έχοντας και άλλα εργαλεία στο εσωτερικό του όπως το analyzer (αναλυτή συχνοτικής απόκρισης), το EQ, είσοδο μικροφώνου και σύνδεση με υπολογιστή για το ειδικό πρόγραμμα Dolby Show Manager, μπορούμε να ηχοσταθμίσουμε την αίθουσα και να ελέγξουμε αν όλα τα ηχεία παίρνουν το σωστό κανάλι για σήμα εισόδου ή παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα.

Σχήμα 6.4: Dolby Cinema Processor CP650 (πίσω μέρος).



6.1.3: Ψηφιακός Επεξεργαστής Σήματος / QSC DCM-10:

Ο ψηφιακός επεξεργαστής είναι ο επεξεργαστής που παίρνει στην είσοδό του (main input) το ηχητικό σήμα από τον κινηματογραφικό επεξεργαστή και το διανέμει σύμφωνα με τα κανάλια (left, center, right, left surround, right surround), που ορίζει ο δεύτερος, στους ενισχυτές του συστήματος.

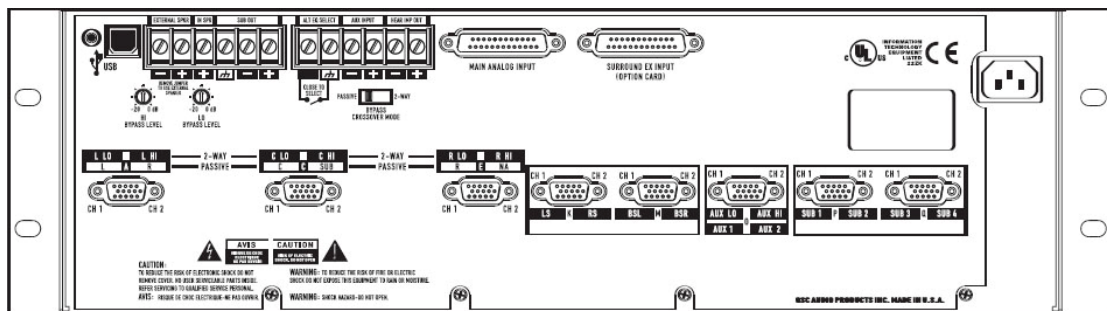
Ο DCM-10 είναι κατασκευή της εταιρίας QSC, γνωστή στον χώρο του κινηματογράφου για τον συγκεκριμένο επεξεργαστή, τους ενισχυτές και τα ηχεία της. Ο συγκεκριμένος είναι συμβατός με όλους τους κινηματογραφικούς επεξεργαστές της αγοράς όπως αυτούς της DTS και της Sony για το SDDS. Διαθέτει crossover για τον διαχωρισμό συχνοτήτων με σκοπό την βέλτιστη απόδοση των ηχείων και μας δίνει την δυνατότητα να επιλέξουμε εμείς την συχνότητα διαχωρισμού.

Σχήμα 6.5: DCM-10 Digital Signal Processor



DCM-10 | DCM-10D

Σχήμα 6.6: DCM-10 (πίσω μέρος)



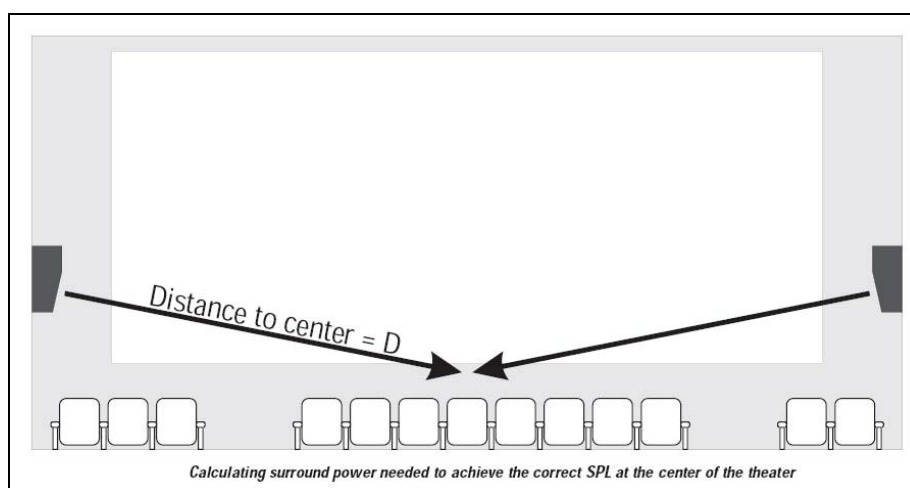
Στην προηγούμενη φωτογραφία του πίσω μέρους του DCM-10 βλέπουμε την είσοδο που είναι 25pin D-Connector και από κάτω από αυτή τις εξόδους σε DataPort διασύνδεση για τους ενισχυτές.

Από αριστερά προς τα δεξιά είναι οι εξόδοι για τα κανάλια: •Left •Center •Right
•Left Surround •Right Surround •Aux Outs •LFE/Subwoofer Out1
•LFE/Subwoofer Out2.

6.1.4: Περιφερειακά Ηχεία / JBL 8340A:

Για να δούμε τι περιφερειακά ηχεία θα χρησιμοποιήσουμε για τα Left Surround και Right Surround κανάλια πρέπει να βρούμε πρώτα πόση ισχύ χρειαζόμαστε για τον χώρο του αμφιθεάτρου. Αυτή η ισχύς θα είναι ίση με την απόσταση D που έχει ο πλαϊνός τοίχος από το κέντρο της αίθουσας.

Σχήμα 6.7: Απόσταση D. (<http://www.qscaudio.com>)



Για το D του αμφιθεάτρου παίρνουμε το μέσο όρο ανάμεσα στα 11,8m που είναι το μικρό πλάτος του αμφιθεάτρου και τα 14,36m που είναι το μεγάλο. Το αποτέλεσμα είναι D=13m. Πρέπει να γνωρίζουμε επίσης ότι η απαιτούμενη ένταση στο κέντρο της αίθουσας από ένα κανάλι Surround είναι 103dB. Οπότε από τον παρακάτω τύπο βρίσκουμε και την ευαισθησία πρέπει να έχει το ηχείο μας.

$$(1). Power(in\ dBW) = 20 \log D + 103 = 22,2 + 103 = 125$$

Ο όρος dBW είναι μια έκφραση έντασης που αναφέρεται σύμφωνα με το 1Watt. Για να βρούμε τα Watt από τα dBW χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$(2). Power(Watts) = 10^{(dBW/10)}$$

Στα dBW αφαιρούμε και την ευαισθησία (sensitivity) που είναι καθορισμένη από τον κατασκευαστή. Οπότε ο τύπος (1) καταλήγει σαν:

$$(3). \text{ dBW} = 20\log D + 103 - \text{Sensitivity}$$

Η ευαισθησία των surround ηχείων που υπάρχει στην αγορά κυμαίνεται από 92 έως 96w/m. Για αρχή θα πάρουμε το μέσο όρο αυτών (94) ώστε να σχηματίσουμε μια πρώτη άποψη για το πόσο Watt χρειαζόμαστε ανά πλευρά. Άρα έχουμε από τον τύπο (3) να προκύπτει για D=13m: $\text{dBW} = 20\log D + 103 - \text{Sensitivity}$

$$\text{dBW} = 22,2 + 103 - 94$$

$$\text{dBW} = 125 - 94$$

$$\text{dBW} = 31 \text{ Watt}$$

Τώρα κάνουμε αντικατάσταση στον τύπο (2) και έχουμε:

$$\text{Watt} = 10^{(\text{dBW}/10)}$$

$$\text{Watt} = 10^{(31/10)}$$

$$\text{Watt} = 10^{3,1}$$

$$\text{Watt} = 1260$$

Προκύπτει ότι χρειαζόμαστε 1260Watt ανά κανάλι surround. Για να δούμε όμως τι ηχείο θα επιλέξουμε πρέπει να δούμε και πόσα ηχεία χρειαζόμαστε ώστε να φτάσουν τον αριθμό των 1260Watt ανά πλευρά.

• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ένας καλός κανόνας να βρούμε τον αριθμό και την τοποθεσία των surround ηχείων που απαιτεί ο χώρος του αμφιθεάτρου είναι να βάλουμε ένα ηχείο κάθε 2,4m με 3,6m. Ο παρακάτω τύπος μας δείχνει πόσα ηχεία χρειαζόμαστε ανά πλευρά σύμφωνα με την απόσταση μεταξύ τους που επιλέγουμε από τώρα να είναι 3m.

$$N = \frac{\frac{4}{3L} + W}{S}$$

Όπου: N = ο αριθμός των surround ηχείων ανά πλευρά

L = το μήκος της αίθουσας (m)

W = το πλάτος της αίθουσας (m)

S = η απόσταση μεταξύ τους (m)

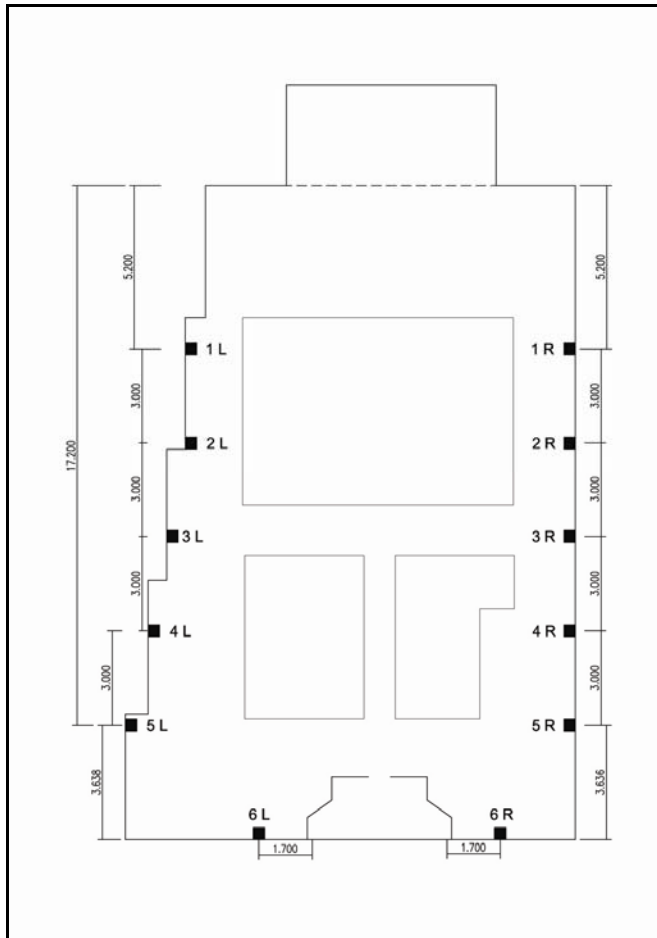
Έτσι για το αμφιθέατρο που ισχύει: L=20,85m, W=14,36m και S=3m (βλ. σελ.133) έχουμε:

$$N = 4,8 \quad N = \frac{\frac{4}{3 \times 20,85} + 14,36}{3} = \frac{14,42}{3} = 4,8$$
$$N = 4,8$$

Η στρογγυλοποίηση γίνεται προς τα πάνω, άρα για το αμφιθέατρο χρειαζόμαστε 5 surround ηχεία ανά πλευρά με απόσταση το ένα από το άλλο 3m.

Ένα μεγάλο πρόβλημα όμως αντιμετωπίζουμε στο πόσα ηχεία θα τοποθετήσουμε στον πίσω τοίχο και αυτό λόγω της παρουσίας του δωματίου προβολής πλάτους 2m, που καθιστά τον τοίχο μη ομοιόμορφο για σωστή τοποθέτηση πίσω surround ηχείων. Ωστόσο η πρώτη σκέψη είναι να βάλουμε 4 ηχεία από τα οποία τα 2 θα είναι στο δωμάτιο προβολής. Αυτό όμως θα κάνει τα δυο αυτά ηχεία να εντοπίζονται εύκολα ηχητικά από τους θεατές των ειδικά των τελευταίων θέσεων και αυτό γιατί η απόσταση μεταξύ αυτών και του δωματίου προβολής είναι μόλις 70cm. Οπότε καταλήγουμε να επιλέξουμε την τοποθέτηση 2 πίσω surround ηχείων που θα στηρίζονται στον πίσω τοίχο σε απόσταση 1,7m από ότι δωμάτιο προβολής δεξιά και αριστερά. Τώρα που καταλήξαμε στο πόσα ηχεία surround θέλουμε, συνοψίζοντας, βλέπουμε πως είναι στο σύνολό 12 ηχεία με 5 στους πλαϊνούς τοίχους δεξιά και αριστερά και 2 στον πίσω τοίχο.

Το πρώτο surround ηχείο θα τοποθετείται στην προσομοίωσή μας 5,2m σε απόσταση του άξονα πλάτους της οθόνης. Τα υπόλοιπα θα έχουν απόσταση μεταξύ τους 3m οπότε το τελευταίο θα απέχει από το πίσω τοίχο 3,6m. Έτσι θα καλύβονται ηχητικά κατά μήκος όλοι οι θεατές χωρίς να υπάρχει κάποιο ηχείο surround που θα ηχοβολεί σε κενό από θέσεις χώρο. Την θέση των surround ηχείων μπορείτε να την δείτε στην ακριβώς από κάτω Τοποθέτηση 1^η καθώς και στην σελ.140 σε κλίμακα 1:100.



Τοποθέτηση 1^η:

Η θέση των Surround ηχείων στον χώρο του αμφιθεάτρου.

Το ύψος του κάθε ηχείου κανονικά θα πρέπει να είναι 3,6m με 4,5m από το δάπεδο ώστε ο άξονας του μεγάφωνου των ψηλών συχνοτήτων να κοιτά τις θέσεις του απέναντι τοίχου.

Σχήμα 6.8: Κλίση περιφερειακών ηχείων ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))



Ωστόσο η απόσταση του τελευταίου surround ηχείου που είναι 3,6m από τον πίσω τοίχο το τοποθετεί στην θέση του δωδέκατου διαζώματος που έχει απόσταση από την οροφή μόλις 3,2m (βλ. σελ.135). Οποτε η αναγκαστική απόσταση που θα έχουν τα surround ηχεία από το διάζωμα που βρίσκονται είναι 3,2m.

Επόμενο βήμα εφόσον έχουμε βρει και τα απαιτούμενα Watt ανά πλευρά (1260W) και τον αριθμό ηχείων που χρειάζεται ο χώρος (5 ανά πλευρά), είναι να βρούμε ένα μοντέλο surround ηχείου που να αντιστοιχεί σε αυτά τα δεδομένα. Με μια απλή διαίρεση βρίσκουμε ότι το ηχείο που θα τοποθετηθεί ως surround πρέπει να είναι:

$$\frac{1260W}{5} = 252Watt$$

Ένα τέτοιο ηχείο είναι το 8340A της εταιρίας JBL πιστοποιημένο από την THX και από τα χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής καταλαβαίνουμε ότι είναι καθαρά ηχείο surround εφαρμογής. Έχει αντίσταση 8Ω και έχει ισχύ 250Watt.

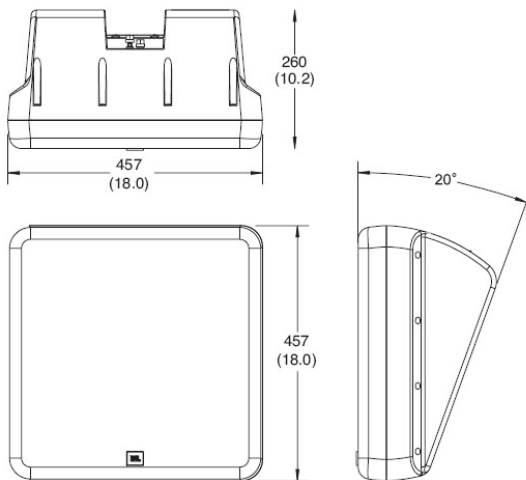
Σχήμα 6.9: Surround speaker JBL 8340A.



• Πρόσθετα εξαρτήματα για τα surround ηχεία:

Για την τοποθέτηση αυτών των ηχείων στον τοίχο, υπάρχουν εξαρτήματα περιστρεφόμενα κάθετα και οριζόντια, όπως το 2517amount της JBL. Αυτό μας βοηθά στη περιστροφή του ηχείου ώστε να στοχεύσει ο άξονας των ψηλών συχνοτήτων εκεί που επιθυμούμε. Έπειτα κλειδώνουμε το ηχείο σε αυτή την θέση για να μην μετακινηθεί.

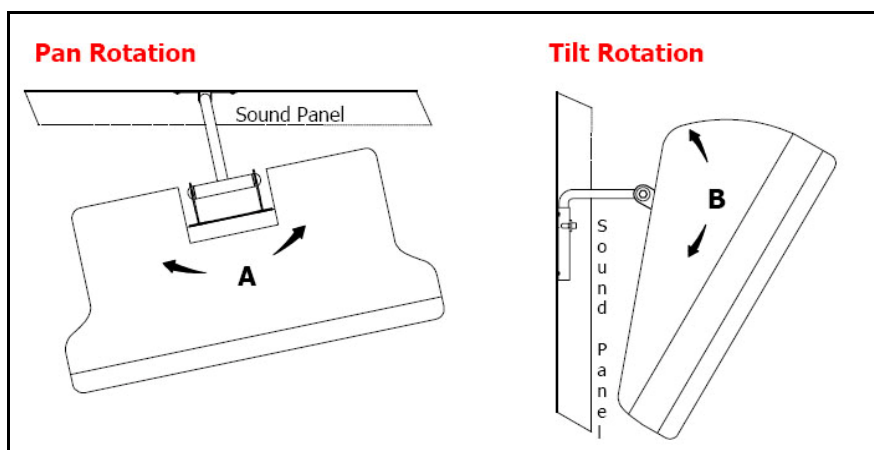
Σχήμα 6.10: Διαστάσεις JBL 8340A.



Σχήμα 6.11: Εξάρτημα Περιστροφής 2517amount.



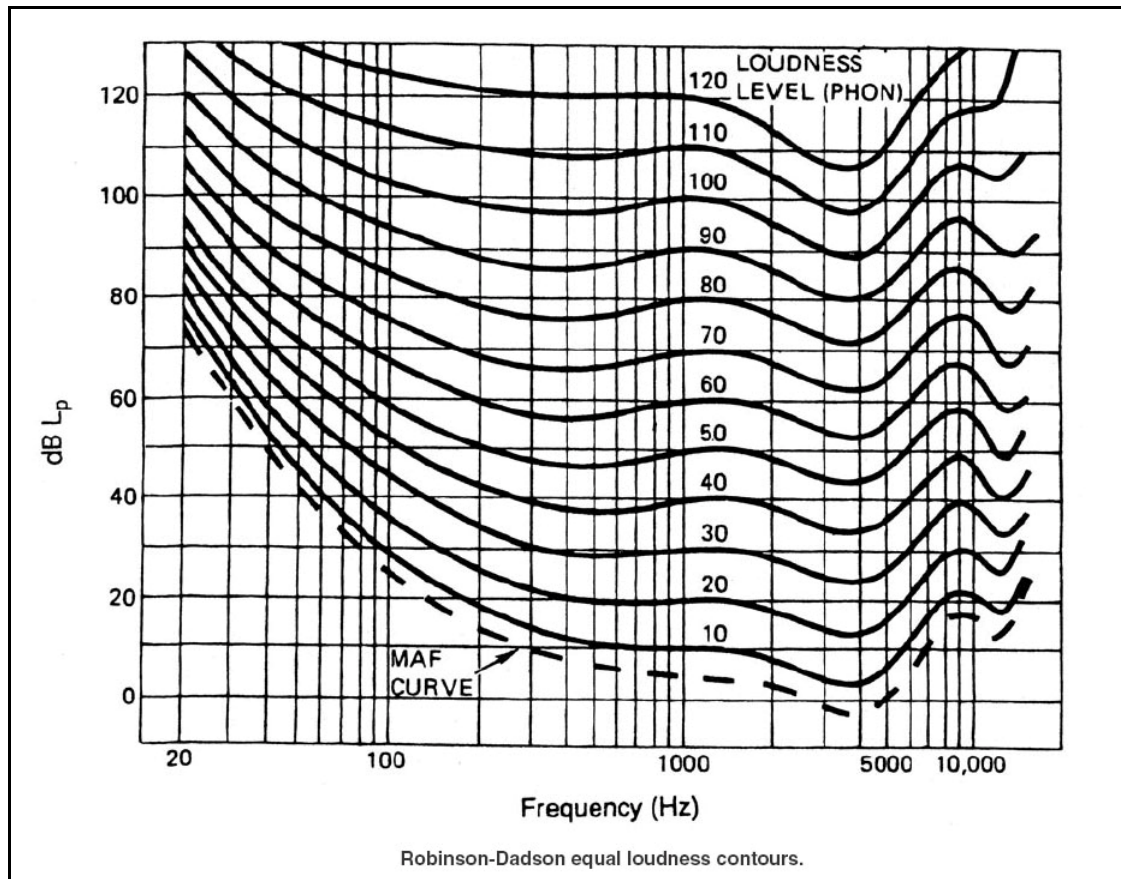
Σχήμα 6.12: Περιστροφή JBL 8340A.



6.1.5: Subwoofer / JBL 4642A:

Στην περίπτωση των subwoofer προτού πούμε για κάποιο συγκεκριμένο που θα μας δίνει μια συγκεκριμένη ένταση, πρέπει να γνωρίζουμε ότι το ανθρώπινο αυτί έχει μειωμένη ευαισθησία στις πολύ χαμηλές συχνότητες όπως φαίνεται στην καμπύλη Rabinson-Danson.

Σχήμα 6.13: Καμπύλες ακουστότητας Robinson-Dadson.



Από αυτήν την καμπύλη καταλαβαίνουμε ότι ένας ήχος συχνότητας 30Hz με 40Hz για να φτάσει την ακουστότητα ενός άλλου συχνότητας 1KHz και έντασης 85dB πρέπει να αυξηθεί 15 με 20dB.

Ο αριθμός των subwoofer που θα τοποθετήσουμε σε ανά κινηματογράφο καθορίζεται από τον όγκο του χώρου και αντιστοιχεί σε 1 subwoofer για κάθε 680m³ περίπου. Το αμφιθέατρο έχει όγκο 1467m³, χρειάζεται οπότε 2 subwoofer για κινηματογραφικές εφαρμογές.

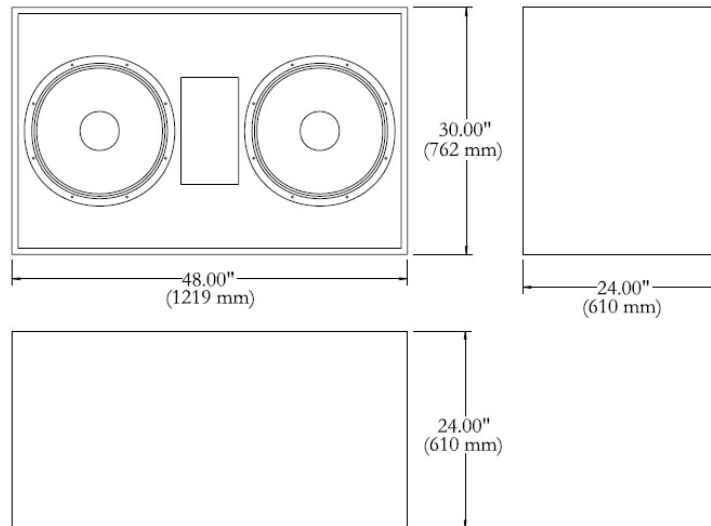
Όσον αφορά την ένταση που θα μπορούν να παράγουν τα subwoofer σε σχέση με τον όγκο του χώρου δεν υπάρχει όπως στα surround ηχεία κάποιος κανόνας, γιατί οι χαμηλές συχνότητες δεν είναι κατευθυντικές και μπορούν να διαχέονται στο χώρο άνετα, χωρίς να μας προβληματίζει τόσο αν θα φτάσουν σε κάποια συγκεκριμένη θέση όπως στα surround ηχεία.

Τα subwoofer που επιλέγουμε είναι το μοντέλο 4642A της JBL 1200Watt (continuous Power), αντίστασης 4Ω και δύο μεγάφωνων 18". Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι πιστοποιημένο από την THX.



Σχήμα 6.14: Subwoofer 4642A της JBL

Σχήμα 6.15: Οι διαστάσεις του Subwoofer 4642A.



• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

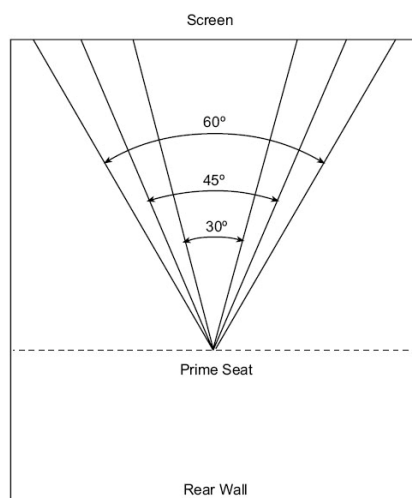
Τα δυο subwoofer τα τοποθετούμε κολλητά ακριβώς από κάτω από το κεντρικό ηχείο της οθόνης και φυσικά μέσα στον τοίχο-μπάφλα όπου θα βρίσκονται στην προσομοίωσή μας εντοιχισμένα μαζί με όλα τα ηχεία οθόνης.

- Οι διαστάσεις του είναι: Μήκος=1,22m , Πλάτος=0,61m, Ύψος=0,76m όπως βλέπουμε στο Σχήμα 6.16. Την θέση των subwoofer στον χώρο του αμφιθεάτρου μπορούμε να την δούμε στη σελ.141 σε κλίμακα 1:50 μαζί με τα ηχεία οθόνης.

6.1.6: Ηγεία Οθόνης / JBL 4675C:

Προτού επιλέξουμε ένα μοντέλο για ηχείο οθόνης πρέπει να δούμε τι πρέπει να προσέξουμε ώστε η επιλογή μας να πληρεί τις ποιοτικές προδιαγραφές των σύγχρονων κινηματογράφων. Και στα ηχεία οθόνης ισχύει ένας κανόνας σύμφωνα με την ένταση που μπορεί να δώσει ένα ηχείο οθόνης σε μια απόσταση. Αυτός ο κανόνας λέει πως κάθε κανάλι οθόνης πρέπει να δίνει ένταση 105dB SPL σε

απόσταση 2/3 του χώρου από την οθόνη. Αυτό το σημείο λεγόμενο και ως σημείο Prime seat.



Σχήμα 6.16: Prime Seat
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει σε πόσα μέτρα βρίσκεται αυτή η απόσταση ανάλογα με τον αριθμό θέσεων της αίθουσας που εξαρτάται και από τον όγκο της.

Πίνακας 6.2 ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

Seating:	Room Volume:	Two-thirds Distance: (front-to-back)
75-125	695 m ³ (25,000 cu ft)	12.0 meters (40 feet)
125-250	1390 m ³ (50,000 cu ft)	14.2 meters (47 feet)
250-500	2780 m ³ (100,000 cu ft)	16.4 meters (54 feet)
500-1000	5560 m ³ (200,000 cu ft)	18.0 meters (60 feet)

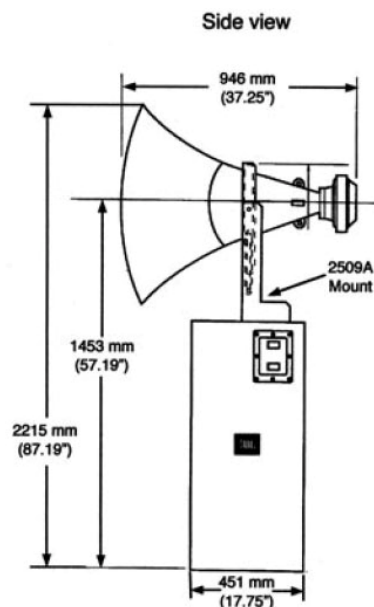
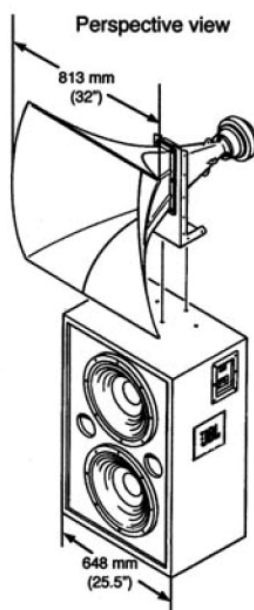
Βλέπουμε ότι τα χαρακτηριστικά του αμφιθεάτρου δεν αποκλίνουν πολύ από τα δεδομένα του πίνακα, καθότι η απόσταση του “prime seat” είναι 14,6m για όγκο χώρου 1467m³ με 183 θέσεις. Ανήκει άρα στην κατηγορία της απόστασης των 14,2m και σύμφωνα με αυτήν οδηγούμαστε στον παρακάτω πίνακα να επιλέξουμε εύκολα ένα από τα μοντέλα της JBL που είναι και πιστοποιημένα από την THX.

Πίνακας 6.3 (<http://www.jbl.com>)

Model:	Sensitivity: (1W@1m)	Rated Power:	Maximum continuous level (dB) at:				
			1 m:	12 m:	14.2 m:	16.4 m:	18 m:
3622N	101 dB	400 W	127	105.4	104	103	102
3632	104 dB	500 W	131	109.4	108	107	106
3678	98 dB	300 W	123	101.4	100	99	98
4622	101 dB	600 W	129	107.4	106	105	104
4632	106 dB	800 W	135	113.4	112	111	110
4670D	100 dB	600 W	128	106.4	105	104	103
4675C	100 dB	600 W	128	106.4	105	104	103

Αυτό θα είναι το 4675C καθώς έχει την επιθυμητή ένταση των 105dB στα 14,2m. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ισχύος 600Watt (continuous power) και αντίστασης 4Ω. Το καλό με αυτό το ηχείο είναι ότι έχει ενσωματωμένο crossover για τον οδηγό των χαμηλών και ψηλών συχνοτήτων και έτσι δεν χρειάζεται να τροφοδοτήσουμε ξεχωριστά αυτούς τους οδηγούς. Το crossover είναι στην συχνότητα των 630Hz.

Σχήμα 6.17:
Ηχείο οθόνης
JBL 4675C

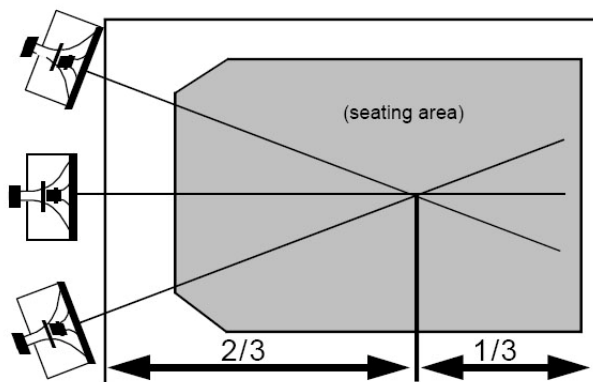


Οι διαστάσεις του:

- Συνολικό ύψος=2,2m
- Μήκος οδηγού χαμηλών συχνοτήτων =0,68m
- Πλάτος οδηγού χαμηλών συχνοτήτων =0,45m
- Μήκος οδηγού υψηλών συχνοτήτων =0,8m
- Πλάτος οδηγού υψηλών συχνοτήτων =0,94m

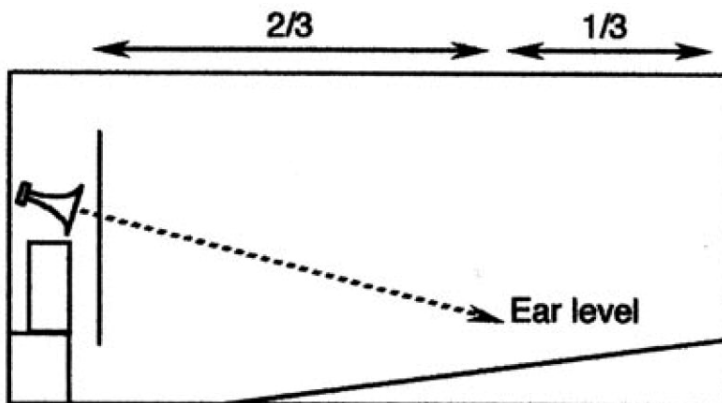
• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Τα ηχεία οθόνης τοποθετούνται έτσι ώστε ο άξονας των ψηλών συχνοτήτων τους να κοιτάει στο σημείο prime seat και στρέφοντας το αριστερό και δεξί ηχείο ώστε ο άξονας τους να τέμνεται με τον άξονα του κεντρικού ηχείου όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 6.18:
 Η κλίση των ηχείων οθόνης
 ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

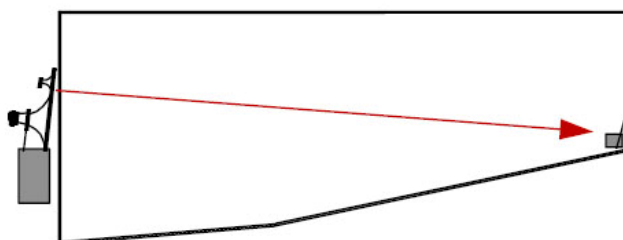
Εκτός από αυτό πρέπει να στέψουμε και τον οδηγό ψηλών συχνοτήτων προς τα κάτω ώστε ο άξονας να κοιτάει στο επίπεδο των αυτιών του θεατή που θα κάθονταν σε αυτό το σημείο, όπως έχουμε δει και στο θεωρητικό μέρος.



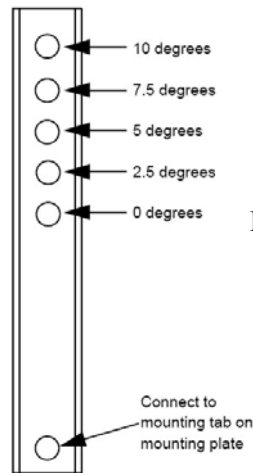
Σχήμα 6.19:
 Η κλίση κόρνας ψηλών συχνοτήτων των ηχείων οθόνης
 ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

Εξάιρεση αποτελούν οι αίθουσες με μεγάλη γωνία του κεκλιμένου επιπέδου τους όπου τότε ο άξονας των ψηλών συχνοτήτων στοχεύει την τελευταία σειρά θέσεων όπως φαίνεται παρακάτω.

Σχήμα 6.20:
 Η κλίση κόρνας ψηλών συχνοτήτων σε αίθουσες με μεγάλη κλίση στο κεκλιμένο επίπεδο.
 ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

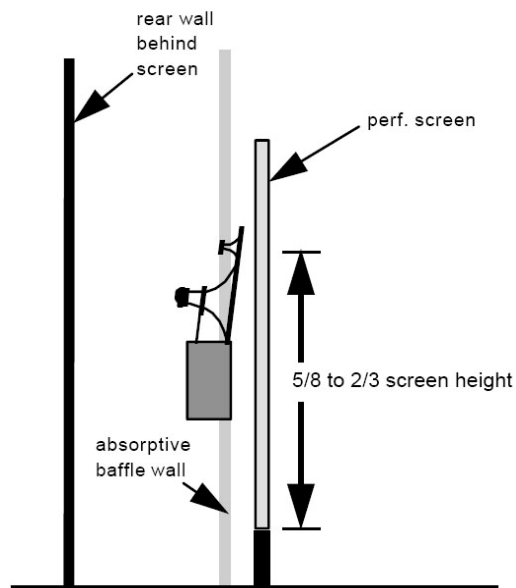


Η κλίση που μπορεί να πάρει ο οδηγός ψηλών συχνοτήτων του ηχείου μας είναι 0° - 2,5° - 5° - 7,5° και 10° όπως φαίνεται και από το εξάρτημα που κλειδώνει την κλίση του ηχείου. Για να επιλέξουμε την κλίση πρέπει να γίνει πραγματική εφαρμογή.



Σχήμα 6.21:
Εξάρτημα επιλογής κλίσης του οδηγού ψηλών συχνοτήτων.
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

Επίσης το κατάλληλο ύψος που τοποθετούνται τα ηχεία οθόνης είναι αυτό που το κέντρο του οδηγού ψηλών συχνοτήτων βρίσκεται σε ύψος 5/8 ή 2/3 του συνολικού ύψους της οθόνης.



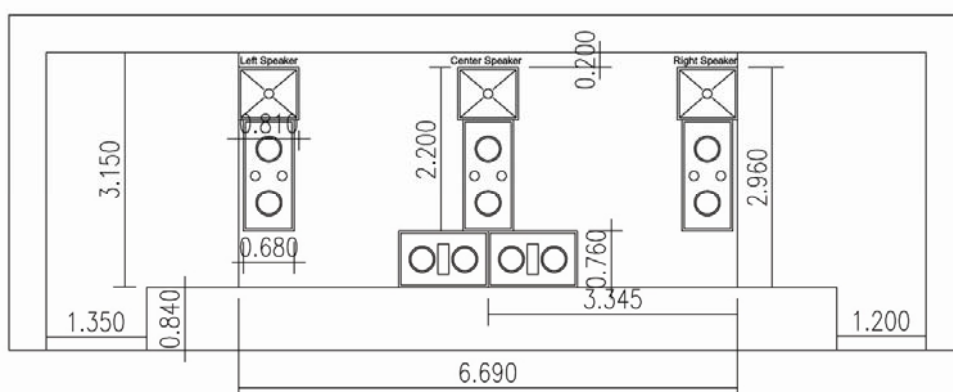
Σχήμα 6.22:
Κατάλληλο ύψος ηχείων οθόνης.
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

Σύμφωνα με την νοητή μας οθόνη της θεωρητικής εφαρμογής μας που το ύψος της είναι 3,15m, το κέντρο του οδηγού ψηλών συχνοτήτων θα πρέπει να βρίσκεται σε ύψος 2,1m από το δάπεδο της σκηνής. Όμως το subwoofer ήδη καλύπτει 76cm ύψους οθόνης. Αν προσθέσουμε το ύψος του 4675C που είναι 2,2m τότε το συνολικό ύψος που θα καταλαμβάνουν το subwoofer και τα ηχεία οθόνης θα είναι: $2,2+0,76=2,96m$, δηλαδή 89cm πάνω από το όριο. Θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε τα 2 subwoofer

ακριβώς δίπλα από τον οδηγό χαμηλών συχνοτήτων του 4675C, αλλά από την άλλη η κάπως μεγάλη κλίση του κεκλιμένου επιπέδου καθιστά καλύτερη λύση την τοποθέτηση των 4675C ακριβώς πάνω από τα subwoofer. Η τοποθέτηση των ηχείων οθόνης στον χώρο του αμφιθεάτρου φαίνεται στην επόμενη Τοποθέτηση 2^η όπου παρουσιάζονται μαζί με τα subwoofer. Η πρόσοψη που βλέπουμε είναι η πρόσοψη του θεωρητικά τοποθετημένου τοίχου-μπάφλα που βρίσκεται πάνω στην σκηνή στο σημείο όπου προεκτείνεται το νοητό πλάτος του κενού οθόνης. Το που βρίσκεται το κενό οθόνης το βλέπουμε στην κάτοψη του αμφιθεάτρου στην σελ.134. Για μεγαλύτερη απεικόνιση της τοποθέτησης 2 ανατρέξτε στην σελ.141 όπου φαίνεται και σε κλίμακα 1:50.

Τοποθέτηση 2^η:

Η θέση των Surround ηχείων στον χώρο του αμφιθεάτρου. Βλέπουμε την πρόσοψη της σκηνής.
Για κλίμακα 1:50 ανατρέξτε στη σελ.141

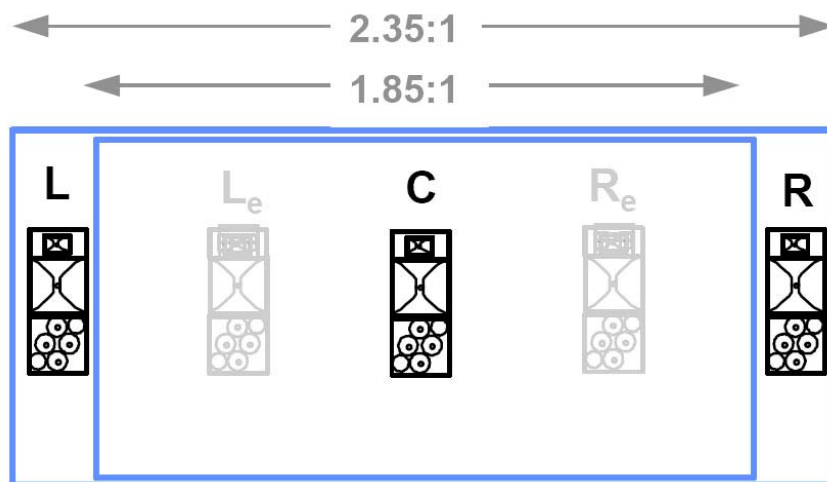


Κάτι άλλο που πρέπει να προσέξουμε όταν τοποθετήσουμε τα ηχεία οθόνης είναι να είναι όσο γίνεται πιο κοντά στην οθόνη, για δύο λόγους:

- Αν υπάρχει μεγάλο κενό τότε δημιουργούνται ανακλάσεις από το πίσω μέρος της οθόνης και αυτό επιδρά στην ακουστική του χώρου με κακό αποτέλεσμα.
- Η διάτρητη από τρύπες οθόνη δημιουργεί διασπορά ορισμένων συχνοτήτων στην αίθουσα και αυτό το φαινόμενο αυξάνεται όσο μεγαλύτερη είναι και η απόσταση των ηχείων από την οθόνη.

Όσο αναφορά την οριζόντια διασπορά τους από το κέντρο για ένα σύστημα όπως το δικό μας με 3 ηχεία οθόνης, αυτή είναι το αριστερό και το δεξί ηχείο να ισαπέχουν από το κεντρικό ηχείο και να τοποθετούνται στα άκρα της οθόνης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Σχήμα 6.23: Οριζόντια διασπορά ηχείων οθόνης. ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))



Τα Le και Re που φαίνονται αχνά είναι τα Left extra και Right extra κανάλια αντίστοιχα, που μπορούν να τοποθετηθούν για ενίσχυση της στερεοφωνικής εικόνας σε πολύ μεγάλους κινηματογράφους όπως αυτό της Ακαδημίας Τηλεοπτικής Τέχνης και Επιστήμης στην Καλιφόρνια (Η.Π.Α).



Σχήμα 6.24: Ακαδημία Τηλεοπτικής Τέχνης και Επιστήμης (Η.Π.Α). ([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

6.1.7: Ενισχυτές / DCA1622, DCA3422, DCA1644

Μετά από τον ψηφιακό επεξεργαστή έρχεται στην ηχητική αλυσίδα ο ενισχυτής. Ο ενισχυτής αποτελεί σημαντικό μέρος του ηχητικού συστήματος όσο είναι και τα ηχεία, για αυτό και η THX έχει πιστοποιήσει ορισμένα προϊόντα της αγοράς. Ωστόσο προτού διαλέξουμε έναν ενισχυτή πρέπει να προσέξουμε να ταιριάζουν τα χαρακτηριστικά του με αυτά των ηχείων που έχουμε επιλέξει.

- Ας δούμε πόσα ηχεία έχουμε και ποια τα χαρακτηριστικά τους:
 - 2 subwoofer από 1200W (Continuous Power) και αντίστασης 4Ω
 - 12 surround ηχεία από 250W (Continuous Power) και αντίστασης 8Ω
 - 3 Ηχεία Οθόνης από 600W (Continuous Power) και αντίστασης 4Ω
- Για τα 3 Ηχεία Οθόνης: Χρειαζόμαστε 2 ενισχυτές (2 καναλιών ο καθένας) που θα έχουν ισχύ εξόδου 600W ανά κανάλι και αντίσταση 4Ω. Ένας τέτοιος ενισχυτής είναι ο DCA1622 της QSC και φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 6.25: Ο Ενισχυτής DCA-1622 της QSC.



Σύνδεση: Ο ένας ενισχυτής θα τροφοδοτεί στην προσομοίωση μας με το πρώτο κανάλι το αριστερό ηχείο οθόνης και με το δεύτερο το δεξί ηχείο, ενώ ο άλλος θα τροφοδοτεί με το πρώτο κανάλι του το κεντρικό ηχείο. Το δεύτερο κανάλι μένει στον αέρα.

- Για τα 2 Subwoofer: Χρειαζόμαστε ένα ενισχυτή με ισχύ εξόδου 1200W ανά κανάλι και αντίστασης 4Ω. Αυτός είναι ο DCA3422 που είναι βέβαια 1250W ανά κανάλι αλλά αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα κανένα στο ηχείο. Πρόβλημα έχουμε όταν τα watt του ενισχυτή είναι λίγο λιγότερα από ότι το ηχείο απαιτεί και όχι όταν είναι λίγο περισσότερα. Ο DCA3422 είναι αντίστασης 4Ω και είναι κατασκευή της εταιρίας QSC. Όλοι οι δικάναλοι ενισχυτές της σειράς DCA είναι ακριβώς ίδιοι εξωτερικά, το μονό που αλλάζει είναι τα εσωτερικά χαρακτηριστικά τους.



Σχήμα 6.26: Ο Ενισχυτής DCA-3422 της QSC.



Σύνδεση: Ο DCA3422 τροφοδοτείται με σήμα εισόδου το κανάλι LFE από τον ψηφιακό επεξεργαστή και βγάζει στα 2 κανάλια της εξόδου του το ίδιο σήμα και για τα 2 subwoofer.

- Για τα 12 surround: Υπάρχουν πολλοί τρόποι και ενισχυτές που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε. Ο πιο εύκολος και εργονομικός όμως είναι να τροφοδοτήσουμε τα 12 ηχεία με τρεις τετρακάναλους ενισχυτές *DCA1644*, ισχύος 250W ανά κανάλι και αντίστασης 8Ω. Ο καθένας από αυτούς έχει 2 εισόδους σήματος που η καθεμία τροφοδοτεί 2 εξόδους σήματος.



Σχήμα 6.27: Ο Ενισχυτής DCA-1644 της QSC.



Σύνδεση: Ο πρώτος ενισχυτής θα παίρνει και στις 2 εισόδους του, το αριστερό κανάλι surround και στην συνέχεια θα τροφοδοτεί τα 4 από τα 6 ηχεία surround της αριστερής πλευράς. Ο δεύτερος θα παίρνει στην πρώτη είσοδό του το σήμα του Left Surround και θα τροφοδοτεί από την πρώτη και δεύτερη έξοδό του τα 2 εναπομείναντα ηχεία της αριστερής πλευράς surround. Στην δεύτερη είσοδό του θα

παίρνει το σήμα του Right Surround και θα τροφοδοτεί από την τρίτη και τέταρτη έξοδό του τα 2 από τα 6 ηχεία της δεξιάς πλευράς surround. Ο τρίτος θα παίρνει και στις 2 εισόδους του, το δεξί κανάλι surround και στην συνέχεια θα τροφοδοτεί τα 4 εναπομείναντα ηχεία surround της δεξιάς πλευράς.

Όλοι οι ενισχυτές που επιλέξαμε είναι πιστοποιημένοι από την THX και καταλαμβάνουν στο κριώμα που θα δούμε αργότερα χώρο 2 μονάδων (units) ο καθένας.

Σύνολο Ενισχυτών: 2DCA1622 + 1DCA4322 + 3DCA1644 = 6 ενισχυτές της QSC.

Το καλό με την εταιρία QSC είναι ότι παρέχει στην συσκευασία των ενισχυτών όλα τα καλώδια συνδέσεων για οποιαδήποτε πιθανή σύνδεση στην είσοδο και έξοδο του ενισχυτή, όπως επίσης το ότι έχουν ενσωματωμένο limiter για την προστασία των ηχείων.

6.1.8: Επεξεργαστής Υποτίτλων / Dolby ScreenTalk

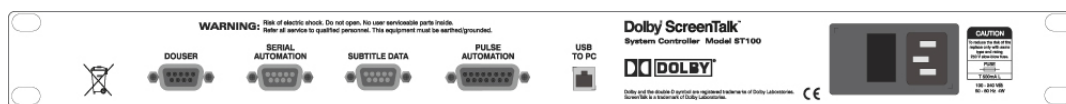
Αυτός ο επεξεργαστής είναι το μηχάνημα που παρέχει τους υπότιτλους. Οι ταινίες δεν βγαίνουν σε πολλές εκδόσεις φιλμ για κάθε χώρα που θα παρέχει τους υπότιτλους στην γλώσσα της. Το Dolby ScreenTalk τοποθετεί πάνω από την εικόνα, που προβάλετε στην οθόνη, τους υπότιτλους μέσω ενός οποιουδήποτε προβολέα εικόνας.

Οι υπότιτλοι χορηγούνται από την εταιρία της ταινίας σε αρχείο υπολογιστή και είναι συγχρονισμένοι χρονικά με τον ήχο της ταινίας. Αυτό το αρχείο παίζεται μέσω ενός ειδικού προγράμματος υποτίτλων τύπου Linux της εταιρίας Dolby που παρέχεται μαζί με το SreenTalk.

Η σύνδεση με τον υπολογιστή γίνεται μέσω της θύρας USB. Ο συγχρονισμός με τον ήχο της ταινίας γίνεται μέσω του CP650 με την Serial Data (serial automation) διασύνδεση. Έπειτα το ScreenTalk βγάζει τους υποτίτλους στον προβολέα εικόνων, από την έξοδο Subtitle Data.



Σχήμα 6.28: Ο επεξεργαστής υποτίτλων Dolby ScreenTalk.



6.1.9: Μικρόφωνο Ελέγχου / Dolby Auditorium Assist

Συνδέεται στην μικροφωνική είσοδο που παρέχει ο CP650 και σε συνεργασία με αυτόν και το Dolby Show Manager προγράμματος του υπολογιστή μας, καταγράφει την εκάστοτε συχνοτική απόκριση της αίθουσας, την ένταση του κάθε καναλιού και τον θόρυβο βάθους που παράγει το ακροατήριο κάθε φορά. Αυτές οι μετρήσεις αποθηκεύονται στον CP650 και αν ο CP650 παρατηρήσει έντονες αλλαγές στον θόρυβο βάθους, ή ότι κάποιο κανάλι δεν δίνει την σωστή ένταση μας προειδοποιεί ώστε να διορθώσουμε το σφάλμα. Η μεγαλύτερη ανάλυση συχνοτικής απόκρισης καταγράφεται σε τριτοκτάβες. Το Dolby Auditorium Assist τοποθετείται στην αίθουσα σε μια απαρατήρητη θέση.



Σχήμα 6.29: Το μικρόφωνο ελέγχου Dolby Auditorium Assist.

6.1.10: Υπολογιστές Τύπου Laptop

Σημαντικό εργαλείο όπως είδαμε και προηγουμένως είναι οι δυο υπολογιστές. Ο ένας έρχεται σε συνεργασία με τον κινηματογραφικό επεξεργαστή CP650, έχει εγκαταστημένο το πρόγραμμα Dolby Show Manager που βοηθάει σε διάφορες μετρήσεις και λειτουργίες όπως ηχοστάθμιση αίθουσας, αυτόματη ρύθμιση του crossover και γενικότερα καθιστά ευκολότερο τον χειρισμό του CP650. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι ένας controller για το CP650, κάτι που βοηθάει τον τεχνικό να κάνει τις λειτουργίες καλύτερα και ευκολότερα από τι θα τις έκανε στην μικρή οθόνη του CP650. Η σύνδεση με τον CP650 γίνεται μέσω της θύρας RS-232 με καλώδιο D-sub 9pin. Αν αναλογιστούμε ότι ο CP650 θα είναι σε κάποιο ικρίωμα (rack) σε δύσβατη περιοχή τότε καταλαβαίνουμε ότι ο υπολογιστής αυτός, τύπου laptop είναι απαραίτητος.

Ο δεύτερος υπολογιστής είναι αυτός που έχει εγκαταστημένο ένα πρόγραμμα τύπου Linux της Dolby, που παρέχεται με το ScreenTalk. Συνδέεται με αυτό μέσω της θύρας USB.

Σε αυτό το σημείο να πούμε ότι οι υπολογιστές καλό είναι να βρίσκονται στο σημείο που κάθεται ο τεχνικός για εύκολη αντιμετώπιση προβλημάτων που ίσως παρουσιαστούν.

6.1.11: Ικρίωμα (rack) / ThonRack 20 HE Profi 45

Το συγκεκριμένο rack είναι χωρητικότητας 20Units (μονάδων). Το επιλέξαμε σύμφωνα με τον αριθμό των αντικειμένων που θα τοποθετηθούν και τον χώρο που θα πιάνουν σε αυτό όπως δείχνουμε παρακάτω:

- Dolby cinema processor CP650 = 3U.
- Digital signal processor DCM-10 = 2U.
 - Dolby ScreenTalk = 1U.
- Ενισχυτές: 6×2Units = 12U.

Σύνολο = 18U.

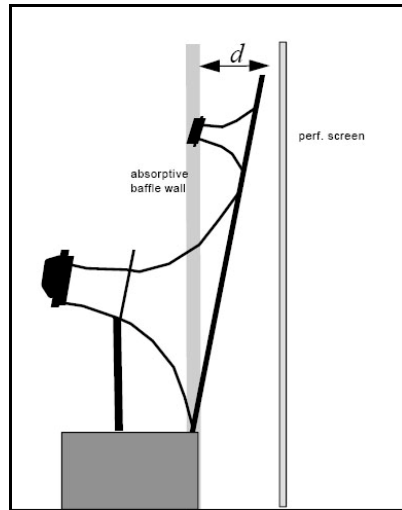
Σχήμα 6.30: Το
ικρίωμα(rack)
ThonRack 20HE
Profi 45.



6.1.12: Τοίχος – Μπάφλα

Ο τοίχος-μπάφλα που θα εντοιχίζει τα ηχεία οθόνης φτιάχνεται από διάφορες εταιρίες ακουστικής μελέτης όπως η “Slickbar”, σύμφωνα με τις διαστάσεις του κενού που θα πλασιώσει την οθόνη και τα ηχεία. Επεκτείνεται από το πάτωμα μέχρι την οροφή και από τοίχο σε τοίχο.

Τα subwoofer και ο οδηγός χαμηλών συχνοτήτων πρέπει να είναι ισόπεδα με την μπάφλα, σε αντίθεση με τους οδηγούς μεσαίων και ψηλών συχνοτήτων που δεν είναι απαραίτητο λόγω της κλίσης που μπορούν να έχουν. Η απόσταση της μπάφλας από την οθόνη πρέπει να είναι τόση ώστε να επιτρέπει μέχρι και την μέγιστη κλίση των οδηγών μεσαίων και ψηλών συχνοτήτων που είναι αυτή των 10°.



Σχήμα 6.31:

Η απόσταση D από την οθόνη που καθορίζεται από την κλίση των οδηγών ψηλών συχνοτήτων .
([Http://www.jbl.com](http://www.jbl.com))

Το πάχος που θα έχει ο τοίχος-μπάφλα το καθορίζει η κατασκευάστρια εταιρία, αλλά αφήνει αρκετό κενό μεταξύ του πίσω τοίχου της οθόνης για εύκολη πρόσβαση στην καλωδίωση των ηχείων. Παρακάτω βλέπουμε πως είναι ένας τοίχος-μπάφλα και πως δείχνουν τα εντοιχισμένα σε αυτών ηχεία οθόνης και subwoofer.



Σχήμα 6.33: Εντοιχισμένα ηχεία σε τοίχο-μπάφλα.

6.1.13: Ανακεφαλαίωση Συνδεσμολογίας:

Η έξοδος 25pin D-connector(male) του Digital SoundHead συνδέεται με την είσοδο 25pin D-Connector (female) – Reader 1 του CP650 cinema processor. Η έξοδος Main Output του CP650 που είναι 25pin D-Connector (male) συνδέεται με την Main Analog Input (235pin D-Connector) του DCM-10. Οι έξοδος Left, Center, Right, Left Surround, Right Surround, Sub1/2 του DCM-10 που είναι σε σύνδεση DataPort συνδέεται με τις DataPort εισόδους των ενισχυτών DCA1622 (ηχείων

οθόνης), DCA3422 (Subwoofer), DCA1644 (surround ηχείων). Οι 2 DCA1622 συνδέονται μέσω speaker εξόδων με τις εισόδους των ηχείων οθόνης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα subwoofer μέσω του DCA3422. Οι 3 DCA1644 συνδέονται με τα 3pin Detachable Terminal block με τα surround ηχεία.



Σχήμα 6.33:
Σύνδεση
κινηματογραφικού
επεξεργαστή
με επεξεργαστή
ψηφιακού
σήματος
και ενισχυτών
QSC.

Σχήμα 6.34: Σύνδεση Data Port - άσπρα καλώδια. ([Http://www.qscaudio.com](http://www.qscaudio.com))



Στην πάνω δεξιά φωτογραφία βλέπουμε πως γίνεται περίπου η σύνδεση του DCM-10 με τους DCA ενισχυτές μέσω DataPort. Το πάνω εξάρτημα της φωτογραφίας δεν είναι το DCM-10 αλλά κάποιο παρόμοιο της ίδιας εταιρίας.

Ανατρέξτε στην σελ.116 για να δείτε σε μορφή σχεδιαγράμματος την συνδεσμολογία όλου του εξοπλισμού ήχου και εικόνας

ΕΝΟΤΗΤΑ 6.2: ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

6.2.1: Προβολέας / Ernemann 18-500:

Προτού επιλέξουμε τον προβολέα που θα πλαισιώσει την θεωρητική εφαρμογή μας σκεφτήκαμε τι θα είναι πιο εργονομικό και κατάλληλο για το δωμάτιο προβολής που διαθέτει το αμφιθέατρο.

Το δωμάτιο προβολής λοιπόν μήκους 4,6m, πλάτους 2m και ύψους 2,45m θα ήταν πολύ δύσκολο να φιλοξενήσει τους σύγχρονους προβολείς τύπου Platter System.

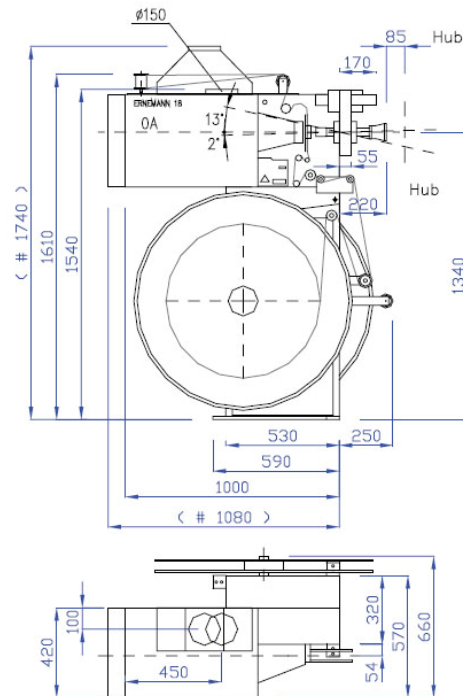
Επίσης τέτοιας κατηγορίας προβολείς θέλουν μονωμένο χώρο για να μην εισχωρεί η σκόνη, να ελέγχεται το ποσοστό υγρασίας καθώς και επιμέρους εξαρτήματα για τον καθαρισμό του φιλμ.

Για αυτό καταλήξαμε στην επιλογή του Ernemann 18-500 τύπου Two Reel System. Αυτός ο προβολέας είναι μια νέα εξέλιξη προβολέων τύπου Two Reel System γιατί σχεδιάστηκε ώστε να κουβαλάει στους τροχούς του φιλμ μέχρι και 5000m, κάτι που μας επιτρέπει να προβάλλουμε ταινίες 3 ωρών στα 24fps χωρίς να αλλάζουμε το φιλμ.

• Οι διαστάσεις του Ernemann 18-500 είναι:

Ύψος=1,74m - Πλάτος=0,6m - Μήκος=1,33m.

Σχήμα 6.35: Ο προβολέας Ernemann 18-500 και οι διαστάσεις του.



Ο προβολέας χρειάζεται τροφοδοσία με τριφασικό ρεύμα και αυτό το επιτυγχάνει με το πρόσθετο εξάρτημα τροφοδοσίας της Ernemann που εξασφαλίζει την απόλυτη αθόρυβη λειτουργία του για να κρατηθεί ο χαμηλός θόρυβος βάθους καθώς και η επιμήκυνση ζωής του προβολέα.



Σχήμα 6.36: Η τροφοδοσία του Ernemann 18-500

6.2.2: Υπολογισμός Τοποθέτησης Οθόνης

Ας δούμε την γεωμετρία του αμφιθεάτρου σύμφωνα με το ποιοτικό πλαίσιο που είδαμε και στο 4^ο κεφάλαιο (βλ. σελ.77) που λέει πως η κατάλληλη γεωμετρία κινηματογράφου είναι όταν το μήκος του είναι 1,55 φορές το πλάτος του, και η οθόνη καλύπτει το 85% του πλάτους της αίθουσας. Για πλάτος θα πάρουμε τον μέσο όρο των πέντε διαστάσεων πλάτους που έχει η αίθουσά μας και αυτός είναι τα 13m. Άρα η τέλεια τιμή μήκους θα είναι: $13 \times 1,55 = 20,15\text{m}$

Βλέπουμε ότι το μήκος του αμφιθεάτρου 20,85m αποκλίνει μόνο 70cm από την τέλεια τιμή μήκους που θα έπρεπε να έχει. Αυτό είναι πολύ καλό όσον αφορά την γεωμετρία του.

Ας δούμε όμως την οθόνη που έχει μήκος 6,7m. Κανονικά θα έπρεπε να είναι το 85% του πλάτους των 13m που αντιστοιχεί σε 11m. Άρα η οθόνη μας είναι μειωμένη σε μήκος κατά 4,3m από την καλύτερη δυνατή τιμή μήκους που θα έπρεπε να έχει σύμφωνα με τις διαστάσεις του χώρου.

Το επόμενο πράγμα που πρέπει να εξετάσουμε είναι αν ο λόγος διαστάσεων, το λεγόμενο “aspect ratio” μπορεί να φιλοξενήσει εκείνους των ταινιών.

Οι ταινίες βγαίνουν σε δυο κατηγορίες aspect ratio:

- Letterbox 1,85:1
- Cinemascope 2,35:1

Υπάρχουν και άλλα δυο aspect ratio για προβολές όχι ταινιών αλλά άλλων σκοπών, αυτά είναι: • NTSC 1,33:1 • HDTV 1,78:1. Οι ταινίες που γυρίζονται με τον λόγο Letterbox 1,85:1 είναι μόλις το 8% των ταινιών παγκοσμίως.

Το μήκος της νοητής θέσης της οθόνης μας είναι 6,7m και το ύψος 3,15m. Αν πάρουμε τον διαδεδομένο λόγο Cinemascope 2,35:1 το ύψος που απαιτείται για το συγκεκριμένο μήκος είναι 2,8m. Εφόσον το ύψος που έχουμε στην διάθεσή μας για την οθόνη είναι 3,15m σημαίνει πως μπορούν να προβληθούν ταινίες με aspect ratio 2,35:1 και έχουμε στην διάθεσή μας κενό 35cm, κάτι που θα έπρεπε να είναι λίγο περισσότερο για να μην φτάνει το βλέμμα του θεατή στην άκρη της εικόνας εκεί που συναντά τον τοίχο.

Άλλος ένας κανόνας που ισχύει ώστε να διαβάζονται άνετα οι υπότιτλοι της ταινίας από τους τελευταίους θεατές είναι το ύψος της οθόνης να μην είναι μικρότερο από το 1/6 της απόστασης μεταξύ τελευταίας σειράς θέσεων και οθόνης. Η απόσταση αυτή στο αμφιθέατρο είναι 16,8m άρα το ύψος της οθόνης δεν θα έπρεπε

να είναι μικρότερο των 2,8m κάτι που ισχύει γιατί έχουμε ύψος 3,15m. Επίσης το κάτω μέρος της οθόνης πρέπει να έχει το λιγότερο 1,2m απόσταση από το πάτωμα, διευκολύνοντας τους θεατές των τελευταίων σειρών να βλέπουν την οθόνη καλύτερα. Πάλι ήμασταν στο όριο καθότι το κενό των 35cm που είδαμε πως θα έχει η εικόνα από την οθόνη σε πρόσθεση με το ύψος της σκηνής 84cm ισούται με 1,19m (βλ. σελ.135). Άρα την εικόνα που προβάλλει ο προβολέας δεν θα την φέρναμε στην μέση αλλά τέρμα πάνω, αφήνοντας κάτω το κενό των 35cm.

6.2.3: Οθόνη / DA-Lite Acoustical Imager:

Η εταιρία Da-Lite προσφέρει πολλών τύπων οθόνες για όλα τα aspect ratios και σε εκατοντάδες μεγέθη. Αυτή που ταιριάζει με τις διαστάσεις του κενού στην σκηνή του αμφιθεάτρου, είναι τύπου torex και ανήκει στην κατηγορία Pearlescent, με το aspect ratio cinemascope όπου θέλουμε, είναι η Acoustical Imager.



Σχήμα 6.37: Η οθόνη Acoustical Imager της Da-Lite.

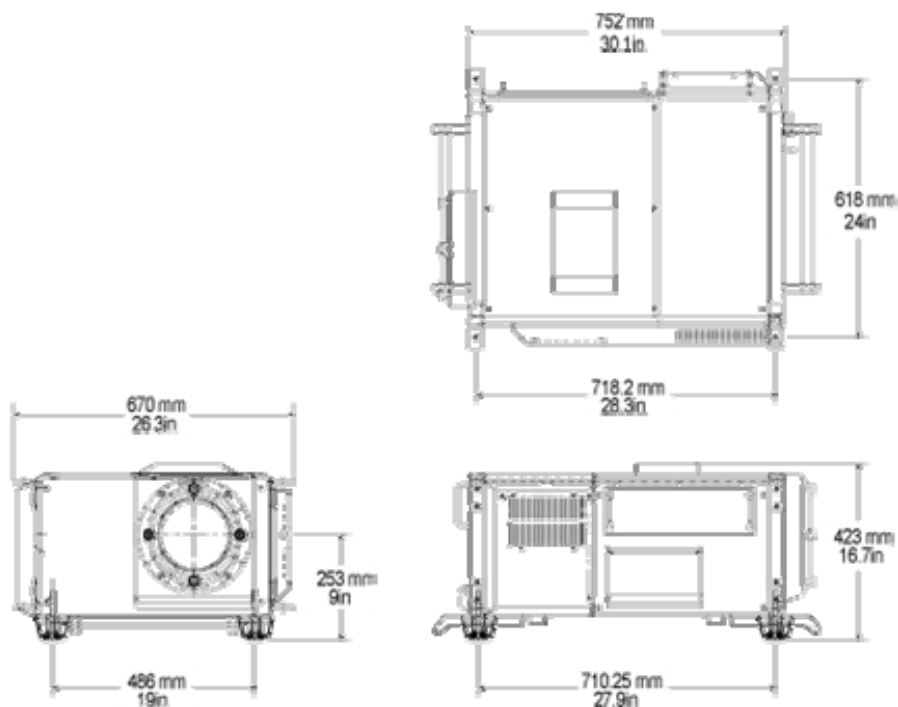
Την εγκατάστασή της την κάνει η ίδια εταιρία καθότι για κάθε οθόνη υπάρχουν αντίστοιχα μηχανικά μέρη που τοποθετούν την οθόνη στους τοίχους όπως επίσης και ηλεκτρικά εξαρτήματα που την ανεβοκατεβάζουν (προαιρετικά). Η εταιρία ρυθμίζει και την κλίση στα άκρα της οθόνης σύμφωνα με την απόσταση από τον προβολέα για την μη εμφάνιση του φαινομένου Pincushion. Το μόνο που ζητά η εταιρία είναι να της δοθεί η άδεια να σκάψει τον πάνω τοίχο για την σωστή εγκατάσταση των μηχανικών εξαρτημάτων που κρατάνε την οθόνη.

6.2.4: Προβολέας Υποτίτλων / NEC Digital Cinema Projector NC800C

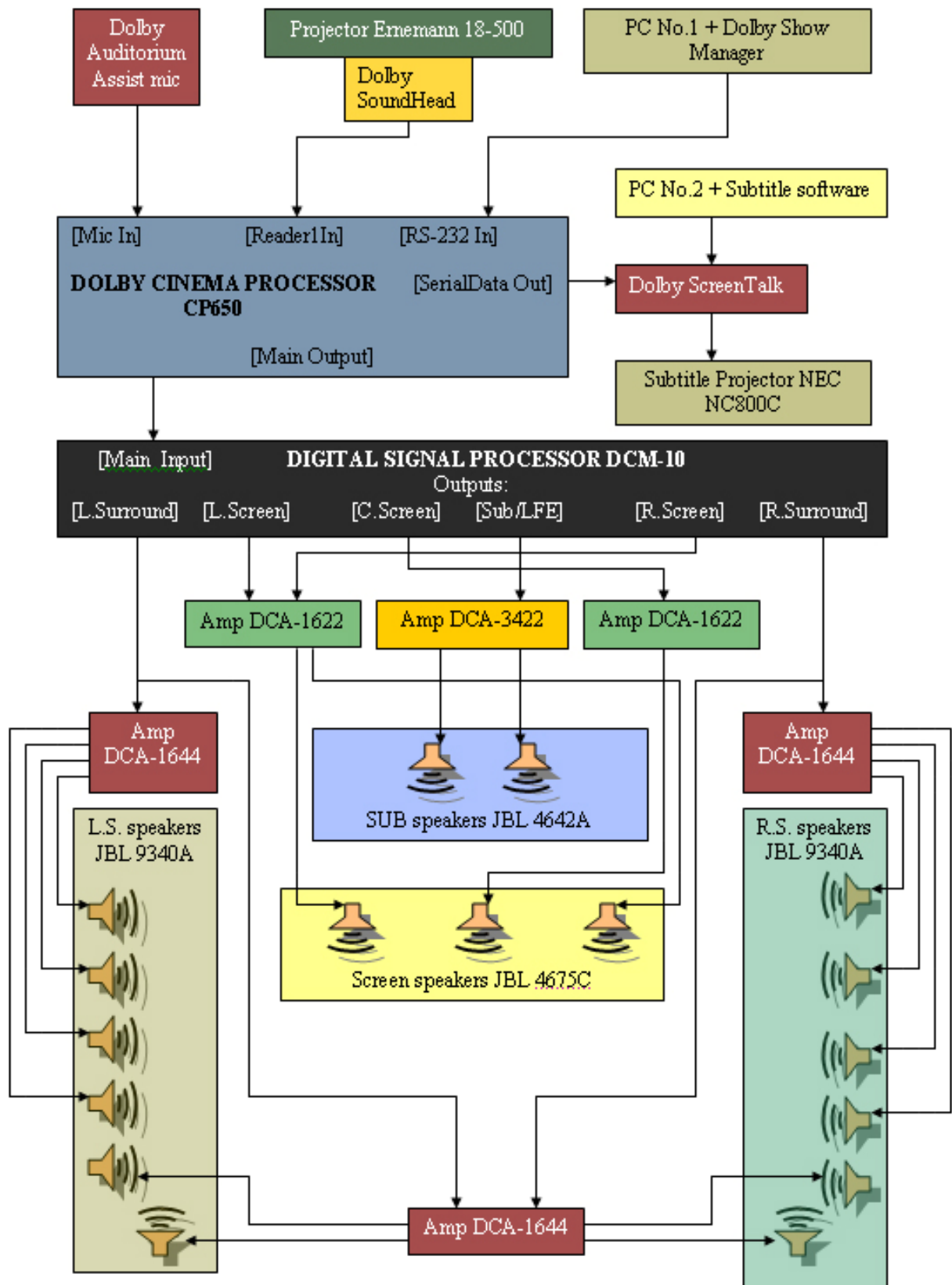
Είναι προβολέας εικόνων που επισκοπεί στην προβολή υποτίτλων με ανάλυση 2048×1080pixels. Χαρακτηρίζεται ως ο μικρότερος και λαμπρότερος προβολέας της αγοράς, και είναι κατάλληλος για προβολή εικόνων σε οθόνη μήκους μέχρι και 8m, για αυτό τον καθιστά καλή επιλογή για κινηματογράφους σαν το αμφιθέατρο.

Συνδέεται με το ScreenTalk μέσω της εισόδου RS-232C (cinema/system), με καλώδιο D-Sub 9pin, και ενεργοποιείται με το πάτημα του κουμπιού cinema/system.

Σχήμα 6.38: Ο προβολέας NEC NC800C.



ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ:



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΕΝΟΤΗΤΑ 7.1: ΟΓΚΟΣ ΑΝΑ ΑΚΡΟΑΤΗ

Προκειμένου να επιτευχθούν οι βέλτιστες ακουστικές συνθήκες, είναι απαραίτητο ένας κινηματογράφος να έχει τον σωστό όγκο σε αντιστοιχία με τις θέσεις των θεατών. Ο βέλτιστος όγκος για κινηματογράφο ανά άτομο είναι από $3,5\text{m}^3$. Ο μέγιστος επιτρεπτός όγκος ανά ακροατή είναι $5,1\text{m}^3$. Επομένως για 100 άτομα ο βέλτιστος όγκος είναι 310m^3 και το όριο όγκου 510m^3 .

Το αμφιθέατρο μπορεί να φιλοξενήσει 183 θεατές. Με μια διαίρεση βρίσκουμε τον όγκο που αντιστοιχεί σε κάθε θεατή:

$$\text{Όγκος/Θέσεις} = \frac{1088,4}{183} = 5,9\text{m}^3$$

Ο όγκος ανά άτομο του αμφιθεάτρου ξεπερνάει λίγο το όριο των $5,1\text{m}^3$ ανά άτομο, που πρέπει να έχει ένας κινηματογράφος για να πληρεί μία από τις πολλές ποιοτικές παραμέτρους. Αν θέλαμε να φτάσει αυτό το όριο θα έπρεπε να προσθέσουμε άλλες

30 θέσεις ώστε να φτάσει τον αριθμό των 213 θέσεων: $\frac{1088,4}{5,1} = 213$ θέσεις.

ΕΝΟΤΗΤΑ 7.2: ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ, ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ

Για να βρούμε τον θεωρητικό χρόνο αντήχησης του αμφιθεάτρου πρέπει πρώτα να δούμε τον συντελεστή απορρόφησης των βασικών υλικών που πλαισιώνουν τον χώρο του αμφιθεάτρου. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο συντελεστής απορρόφησης ανά m^2 για κάθε συχνότητα κάθε βασικού υλικού.

Πίνακας 7.1.

Απορροφητικό Υλικό	Συντελεστής Απορρόφησης Ανά Συχνότητα και τ.μ.					
	125Hz	250 Hz	500 Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Μπετόν	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Γυψοσανίδα	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Καθίσματα	0,15	0,25	0,35	0,40	0,45	0,35
Πλαίσιο Εξαερισμού Αλουμινίου	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Εύλινο Πάτωμα	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Λεπτό Χαλί Σε σκληρό Πάτωμα	0,02	0,03	0,05	0,10	0,30	0,50
Εύλο Πόρτας	0,18	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07

*Οι συντελεστές απορρόφησης του συμπιεσμένου χαρτιού (χαρτοπολτού) που υπάρχει στην οροφή, είναι ίδιοι με αυτούς της γυψοσανίδας.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική επιφάνεια (S) κάθε υλικού, το γινόμενο του συνόλου των επιφανειών και η συνολική απορρόφηση όλων των υλικών ανά συχνότητα που προκύπτουν από την σχέση:

$$A = S_1 \times \alpha_1 + S_2 \times \alpha_2 + \dots + S_n \times \alpha_n$$

Πίνακας 7.2.

Απορροφητικό Υλικό	Sa						
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	Εμβαδόν (m ²)
Μπετόν	79,2	96,8	68,2	63,8	85,8	55,0	220,00
Γυψοσανίδα	99,3	34,2	17,1	13,7	23,9	30,8	342,37
Καθίσματα	12,2	20,3	28,5	32,6	36,6	28,5	81,50
Πλαίσιο Εξαερ. Αλουμινίου	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	16,50
Εύλινο Πάτωμα	0,8	0,8	1,4	1,2	1,2	1,4	20,60
Λεπτό Χαλί Σε σκληρό Πάτωμα	4,6	6,9	11,6	23,1	6,9	115,7	231,40
Εύλο Πόρτας	0,7	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	4,18
Απορρόφηση A	210	172,7	140,4	148	167,9	244,9	Soλ.=916,55

Ο μέσος συντελεστής απορρόφησης $\bar{\alpha}$ υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad \text{ή} \quad \bar{\alpha} = \frac{A}{S_{o\lambda}}$$

Το RT60 υπολογίζεται από τον τύπο του Sabine:

$$RT_{60} = \frac{0.161 V}{A}$$

Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τον χρόνο αντήχησης για τις 6 βαθμίδες συχνοτήτων. Στον παρακάτω Πίνακα 7.3 φαίνεται ο χρόνος αντήχησης της αίθουσας ανά συχνότητα και ο μέσος συντελεστής απορρόφησης ανά συχνότητα.

Πίνακας 7.3	Συχνότητα					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
RT ₆₀ (sec)	1,12	1,36	1,68	1,59	1,40	0,96
$\bar{\alpha}$	0,23	0,18	0,15	0,16	0,18	0,27

Ο Μέσος Όρος των 6 συχνοτήτων που προκύπτει για τον χρόνο αντήχησης είναι:
RT₆₀=1,35sec

ΕΝΟΤΗΤΑ 7.3: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ FL:

Η συχνότητα FL μας δείχνει αν ο χώρος μας χαρακτηρίζεται μεγάλος ή μικρός και ότι μετά από αυτή ο χώρος μας θα συμπεριφέρεται ομοιόμορφα σε όλες τις συχνοότητες (από τα 250Hz και μετά ο χώρος είναι μικρός). Ο τύπος που μας δείχνει τη συχνότητα αυτή είναι:

$$FL = K \sqrt{\frac{RT_{60}}{V}}$$

Όπου: $K = \eta$ σταθερά 2000 στο σύστημα S.I

RT₆₀ = ο χρόνος αντήχησης (sec)

V = ο όγκος του δωματίου (m³)

$$\text{Έτσι έχουμε: } FL = K \sqrt{\frac{RT_{60}}{V}} = 2000 \sqrt{\frac{1,35}{1088,4}} = 61,8Hz$$

Άρα ο χώρος μας χαρακτηρίζεται ως μεγάλος χώρος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι πειραματικές μετρήσεις έγιναν με τα εξής όργανα:

- Ηχόμετρο: Sip 55
- Ενισχυτής - Γεννήτρια Ήχου: GTP 95
- Δωδεκαεδρικό Ηχείο: ZeroOnedB

Αυτό που μετρήσαμε ήταν η ηχομόνωση του χώρου, από μέσα προς τα έξω και έξω προς τα μέσα, πράγμα πολύ σημαντικό για ένα κινηματογράφο όπως έχουμε δει και στο θεωρητικό μέρος, τον θόρυβο βάθους καθώς και τον χρόνο αντήχησης. Ο ηχοβολισμός του χώρου έγινε με ροζ θόρυβο που παρείχε η γεννήτρια με διαφορετικές θέσεις για το ηχόμετρο σε κάθε περίπτωση, όπως θα δούμε παρακάτω. Τα γραφήματα των μετρήσεων φαίνονται και σε τρισδιάστατη μορφή στη σελ.142.

ΕΝΟΤΗΤΑ 8.1: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ

Για όλες τις μετρήσεις που έγιναν ώστε να ελέγξουμε την ηχομόνωση του αμφιθεάτρου αφήσαμε την πηγή να ηχοβολεί για 30sec περίπου. Έπειτα καταγράψαμε την Ισοδύναμη Στάθμη συνεχούς θορύβου (L_{eq}) και την ένταση κάθε κεντρικής συχνότητας που περνάει μέσα από δύο σημεία του χώρου και έξω σε 4 σημεία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι οκτάβες που αναλύσαμε είναι δέκα, με κεντρικές συχνότητες από 31,5Hz μέχρι και 16KHz αντίστοιχα.

Εδώ να πούμε ότι L_{eq} είναι η ηχητική στάθμη πίεσης ενός σταθερού ήχου ο οποίος για μια δοθείσα χρονική περίοδο έχει την ίδια ενέργεια με τον μεταβαλλόμενο ήχο. Είναι ένας μέσος όρος και μετριέται σε dBA (Χρήστος Κουστοδημάκης & Μηνάς Σηφάκης σημειώσεις Μηχανικής Ήχου I).

Ακολουθούν οι θέσεις οργάνων όπως αυτές πραγματοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ηχομόνωσης και θορύβου βάθους εξωτερικού περιβάλλοντος (βλ. Μέτρηση 1^η σελ.137):

- Μέτρηση 1.Α. (Μέσα Προς Τα Έξω):

Θέση Πηγής(Π.Α): 1m μέσα από τον δεξιό τοίχο και 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Θέση Ηχόμετρου(Η.1): 1m έξω από την πόρτα εισόδου και 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

• Μέτρηση 1.Β. (Μέσα Προς Τα Έξω):

Θέση Πηγής(Π.Β): 1m μέσα από τον αριστερό τοίχο και 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Θέση Ηχόμετρου(Η.1): ίδια με *Μέτρηση 1.Α.*

• Μέτρηση 1.Γ. (Μέσα Προς Τα Έξω):

Θέση Πηγής(Π.Γ): 1m μέσα από τον αριστερό τοίχο και 10m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Θέση Ηχόμετρου(Η.1): ίδια με *Μέτρηση 1Α*

• Μέτρηση 1.Δ. (Μέσα Προς Τα Έξω):

Θέση Πηγής(Π.2): 1m μέσα από τον δεξιό τοίχο και 10m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Ζ): ίδια με *Μέτρηση 1.Α.*

• Μέτρηση 1.Ζ. (Έξω Προς Τα Μέσα):

Θέση Πηγής(Π.2): 1m έξω από την πόρτα εισόδου και 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Ζ): 1m μέσα από τον αριστερό τοίχο και 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

• Μέτρηση 1.Η. (Έξω Προς Τα Μέσα):

Θέση Πηγής(Π.3): 1m έξω από τον αριστερό τοίχο και 10m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Η): 1m μέσα από τον αριστερό τοίχο και 10m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

• Μέτρηση 1.Ε. (Θόρυβος Βάθους Εξωτερικού Περιβάλλοντος):

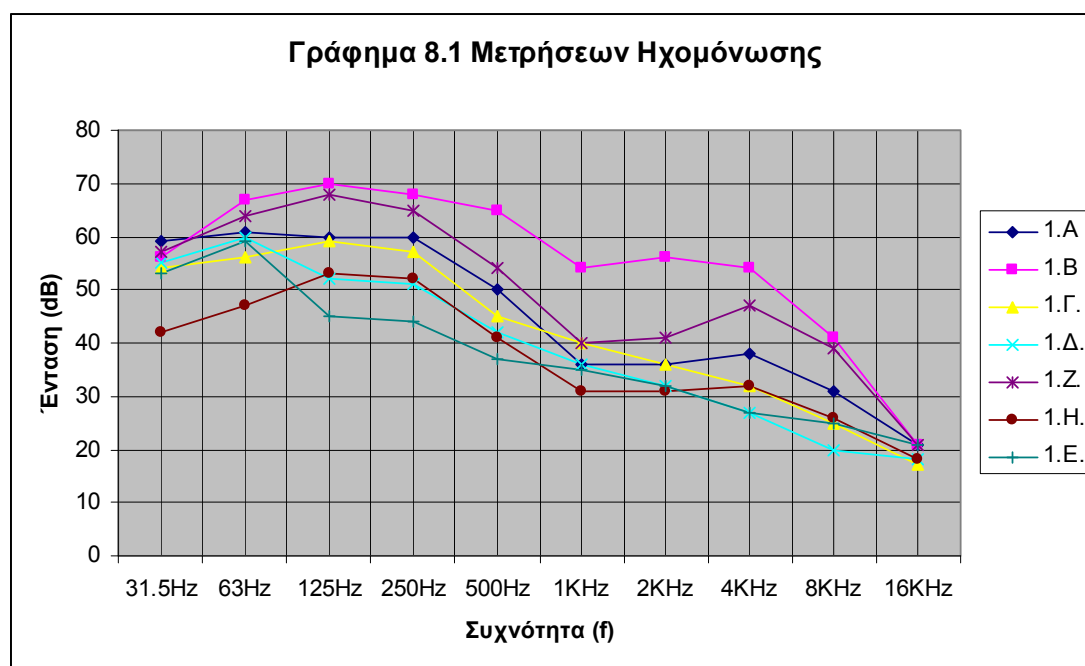
Θέση Ηχόμετρου(Η.1): 1m έξω από την πόρτα εισόδου και 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους.

Πίνακας 8.1: Πίνακας Μετρήσεων Ηχομόνωσης

Μέτρηση	Ένταση (dB)										Leq(dBA)
	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz	16KHz	
1.A	59,3	61,9	60,0	60,4	50,3	36,8	36,1	38,4	31,2	21,0	53,0
1.B	56,7	67,5	70,6	68,6	65,1	54,1	56,9	54,1	41,9	21,6	65,2
1.Γ.	54,8	56,2	59,0	57,0	45,8	40,0	36,4	32,2	25,8	17,3	52,8
1.Δ.	55,2	60,4	52,1	51,9	42,4	36,9	32,4	27,4	20,3	18,6	47,2
1.Z.	57,3	64,0	68,0	65,8	54,3	40,0	41,1	47,2	39,1	21,3	58,9
1.H.	42,2	47,7	53,0	52,5	41,5	31,0	31,2	32,0	26,5	18,4	45,8
1.E.	53,9	59,7	45,0	44,4	37,4	35,2	32,5	27,7	25,3	21,3	42,0

Ακολουθεί το γράφημα όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8.1.

(δεν αναφέρεται το Leq).



Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι όσον αφορά την ηχομόνωση του χώρου, οι πόρτες αφήνουν να περάσει ένα μεγάλο ποσοστό της έντασης του ήχου και δεν συμβάλουν στη καλή ηχομόνωση και από μέσα προς τα έξω αλλά και από έξω προς τα μέσα. Η αύξηση της στάθμης Leq όταν ηχοβολούμε κοντά στην πόρτα από τι μακριά είναι της τάξης των 12dBA περίπου (βλ. Μετρήσεις 1.A. με 1.B.) Αυτό το καταλαβαίνουμε καλύτερα αν συγκρίνουμε τις μετρήσεις 1.B. με 1.H. όπου στην 1.B. το μόνο που διαχωρίζει την πηγή με το ηχόμετρο είναι η πόρτα. Η στάθμη Leq

που καταγράφει το ηχόμετρο είναι 65,2dBA ενώ στη 1.Η. πηγή και ηχόμετρο διαχωρίζονται από τον τοίχο πάχους 24cm, εξ' ου και η στάθμη των 45,8dBA. Η πόρτα αφήνει δηλαδή να περάσουν ηχητικά κύματα στάθμης 19,4dBA παραπάνω από την ένταση ηχητικών κυμάτων που αφήνει ο τοίχος.

ΕΝΟΤΗΤΑ 8.2: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΒΑΘΟΥΣ

Μετρήσαμε το θόρυβο βάθους σε 2 σημεία. Το ένα βρίσκεται μακριά από τις περσίδες εξαερισμού ενώ το άλλο πιο κοντά. Τα φώτα και ο κλιματισμός ήταν ανοιχτά.

Ακολουθούν οι θέσεις του ηχομέτρου όπως αυτές ήταν για τις μετρήσεις θορύβου βάθους του αμφιθεάτρου (βλ. Μέτρηση 2^η σελ.138):

- Μέτρηση 2.Α. (Θόρυβος Βάθους):

Θέση Ηχόμετρου(Η.Α): 10m από τον άξονα μπροστινού πλάτους και 6.5m (ανάμεσα) από τον αριστερό και δεξί τοίχο.

- Μέτρηση 2.Β. (Θόρυβος Βάθους):

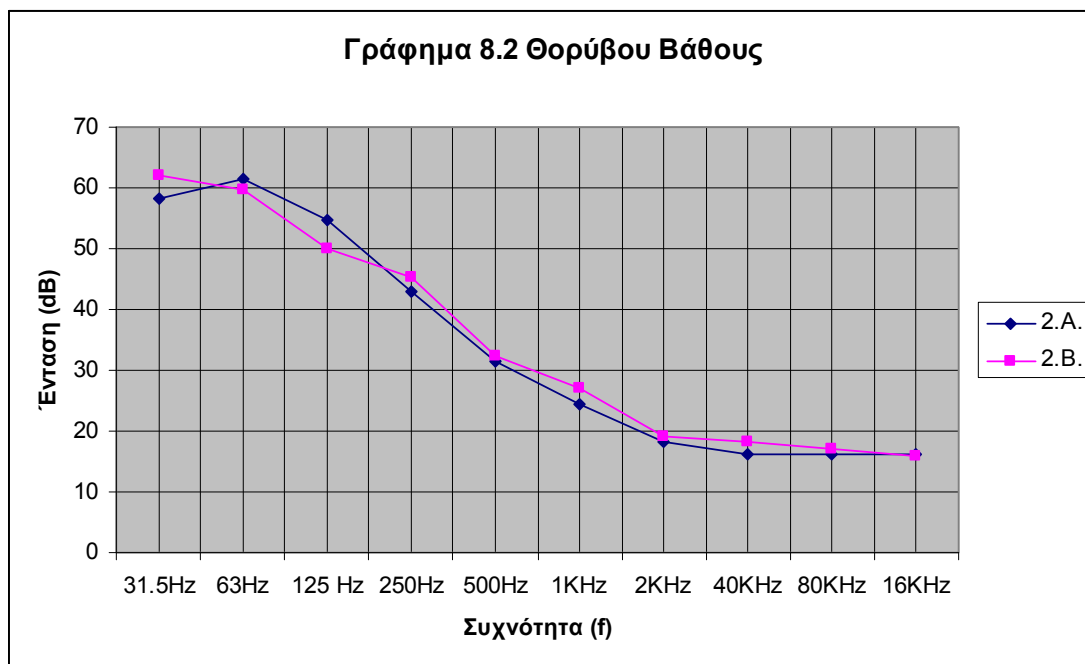
Θέση Ηχόμετρου(Η.Β): 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους και 5,9m (ανάμεσα) από τον αριστερό και δεξί τοίχο

Πίνακας 8.2: Πίνακας Μετρήσεων Θορύβου Βάθους

Μέτρηση	ΕΝΤΑΣΗ(dB)										
	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz	16KHz	Leq (dBA)
2.Α.	58,1	61,5	54,6	42,9	31,5	24,4	18,2	16,2	16,2	16,3	41,0
2.Β.	62,1	59,7	49,9	45,3	32,3	27,1	19,0	18,1	17,2	15,8	39,8

Ακολουθεί το γράφημα όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8.2.

(δεν αναφέρεται το Leq).



Μέσα από τις μετρήσεις του θορύβου βάθους συμπεραίνουμε πως ασχέτως αν πλησιάσουμε την οροφή που έχει τις περσίδες εξαερισμού δεν έχουμε σημαντική αύξηση του θορύβου. Ωστόσο παρατηρούμε πως από τα 250Hz και κάτω ο θόρυβος βάθους λόγω του κλιματισμού είναι πολύ ανεβασμένος σε σύγκριση με την καμπύλη NC-30 (βλ. σελ.34) που δείχνει και το επιτρεπτό όριο θορύβου βάθους ανά συχνότητα, όπως ορίζει η THX για μια κινηματογραφική αίθουσα. Ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες 31,5Hz και 63Hz παρατηρείται πολύ μεγάλη αύξηση.

Στο Πίνακα 8.4 που αναπαριστά τις μετρήσεις του χρόνου αντήχησης βλέπουμε τον θόρυβο βάθους για έξι θέσεις όταν δεν λειτουργεί ο κλιματισμός και ο μέσος όρος αυτών είναι εντάσεως 27,8dB. Ο μέσος όρος του θορύβου βάθους που έχει ο χώρος όταν λειτουργεί ο κλιματισμός είναι στα 41dBA. Αυτό μας δείχνει πως κλιματισμός είναι αρκετά θορυβώδης, κατά 13,1dBA από τον φυσικό θόρυβο βάθους.

ΕΝΟΤΗΤΑ 8.3: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ RT60

Για τις μετρήσεις του χρόνου αντήχησης, ηχοβολίσαμε με ροζ θόρυβο τον χώρο για 5sec. Με την αυτόματη λειτουργία, σταματήματος πηγής - ξεκινήματος μέτρησης, που προσφέρει το ηχόμετρο Sip55 σε συνεργασία με την γεννήτρια GTP55, καταγράψαμε τον χρόνο αντήχησης για 6 διαφορετικές περιπτώσεις, ανά 10 κεντρικές συχνότητες οκτάβων.

Ακολουθούν οι θέσεις οργάνων όπως αυτές ήταν για τις μετρήσεις του χρόνου αντήχησης (βλ. Μέτρηση 3^η σελ.139):

• Μέτρηση 3.Α. (RT60):

Θέση Πηγής(Π.1): στο κέντρο της οθόνης (άξονα μπροστινού πλάτους).

Θέση Ηχόμετρου(Η.Α): 5m από άξονα μπροστινού πλάτους και 6,2m από τον κάθε πλαϊνό τοίχο (κέντρο).

• Μέτρηση 3.Β. (RT60):

Θέση Πηγής(Π.1): ίδια με Μέτρηση 3.Α.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Β): 12m από άξονα μπροστινού πλάτους και στο κέντρο από τους πλαϊνούς τοίχους.

• Μέτρηση 3.Γ. (RT60):

Θέση Πηγής(Π.1): ίδια με Μέτρηση 3.Α.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Γ): 18m από άξονα μπροστινού πλάτους (1m από το δωμάτιο προβολής) και στο κέντρο από τους πλαϊνούς τοίχους.

• Μέτρηση 3.Δ. (RT60):

Θέση Πηγής(Π.2): 12m από τον άξονα μπροστινού πλάτους και στο κέντρο των πλαϊνών τοίχων.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Δ): 12m από τον άξονα μπροστινού πλάτους και 1m από τον αριστερό τοίχο.

• Μέτρηση 3.Ε. (RT60):

Θέση Πηγής(Π.2): ίδια με Μέτρηση 3.Δ.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Ε): 18m από τον άξονα μπροστινού πλάτους (1m από το δωμάτιο προβολής) και στο κέντρο από τους πλαϊνούς τοίχους.

• Μέτρηση 3.Ζ. (RT60):

Θέση Πηγής(Π.2): ίδια με Μέτρηση 3.Δ.

Θέση Ηχόμετρου(Η.Ζ): 5m από τον άξονα μπροστινού πλάτους και στο κέντρο από τους πλαϊνούς τοίχους.

Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 8.3 ο οποίος αναπαριστά τις τιμές του χρόνου αντήχησης RT60 ανά κεντρική συχνότητα 8 οκτάβων καθώς και το RT(A) το οποίο είναι ο χρόνος αντήχησης με φίλτρο A που αντιστοιχεί στην καμπύλη ίσης ακουστότητας των 40dB. Επίσης αναφέρεται η στάθμη του θορύβου βάθους όταν έχει ο χώρος με ανοιχτό τον κλιματισμό, ο μέσος όρος χρόνου αντήχησης για κάθε κεντρική συχνότητα οκτάβας, ο γενικός μέσος όρος των χρόνων αντήχησης RT(A) όπως επίσης και το δυναμικό εύρος (Dynamic Range) της κάθε μέτρησης σε dB ώστε να ελέγχουμε αν οι μετρήσεις είναι σωστές σε σύγκριση μεταξύ σήματος και θορύβου

βάθους. Ο μέσος όρος των μετρήσεων του δυναμικού εύρους και του θορύβου βάθους υπολογίζεται από τον τύπο:

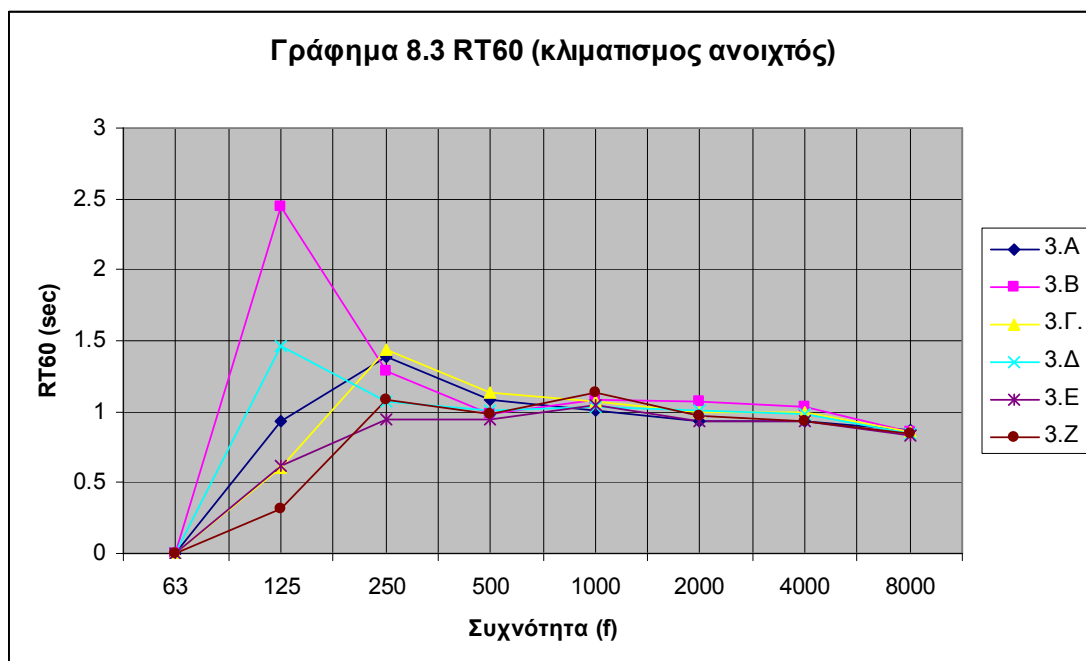
$$M.O.(dB) = 10 \log \left(\frac{10^{Lp1/10} + 10^{Lp2/10} + \dots + 10^{Lpn/10}}{n} \right)$$

Όπου: $Lp1, Lp2, \dots, Lpn$ = η στάθμη της πρώτης, της δεύτερης και της τελευταίας μέτρησης αντίστοιχα
 n = ο αριθμός των μετρήσεων

Πίνακας 8.3: Πίνακας Μετρήσεων RT60 (κλιματισμός ανοιχτός)

Μέτρηση	RT60 (sec)								RT(A) (sec)	Dyn. Range (dB)	Θόρυβος Βάθους (dB)
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz			
3.A.	0	0,93	1,39	1,08	1,01	0,93	0,93	0,87	1,15	19	42,4
3.B.	0	2,45	1,28	0,98	1,09	1,07	1,03	0,86	1,09	19	40,2
3.Γ.	0	0,60	1,44	1,14	1,07	1,00	0,99	0,86	1,15	16	42,1
3.Δ.	0	1,46	1,07	1,01	1,03	1,01	0,98	0,85	1,05	22	41,2
3.E.	0	0,62	0,94	0,95	1,04	0,93	0,93	0,83	0,92	20	43,0
3.Z.	0	0,31	1,08	0,98	14,14	0,97	0,93	0,84	1,06	19	39,2
Μέσος Όρος	0	1,06	1,20	1,02	1,06	0,98	0,96	0,85	1,07	19,5	41,5

Ακολουθεί το γράφημα όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8.3.
 (δεν αναφέρεται το RT(A), το Dyn. Range, ο Θόρυβος Βάθους και ο Μέσος Όρος).

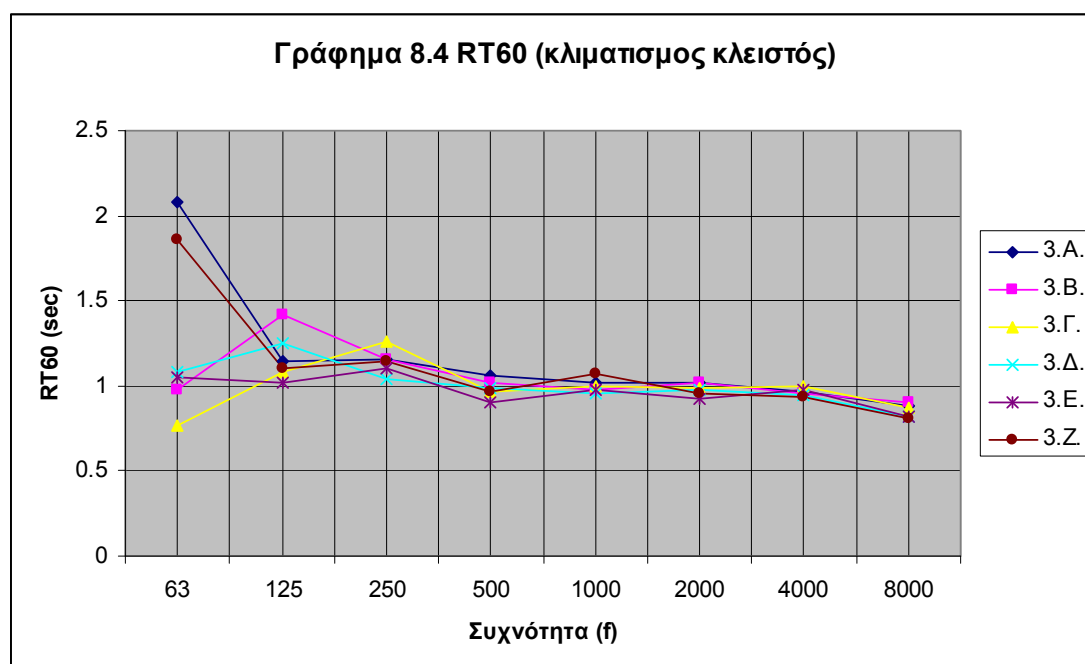


Ακολουθεί ο Πίνακας 8.4 χρόνου αντήχησης χωρίς τον κλιματισμό σε λειτουργία για τις ίδιες θέσεις μετρήσεων.

Πίνακας 8.4: Πίνακας Μετρήσεων RT60 (κλιματισμός κλειστός)

Μέτρηση	RT60 (sec)								RT(A) (sec)	Dyn. Range (dB)	Θόρυβος Βάθους (dB)
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz			
3.A.	2,08	1,14	1,16	1,06	1,02	1,02	0,97	0,88	1,06	30	29,0
3.B.	0,98	1,42	1,16	1,02	0,98	1,02	0,96	0,90	1,08	30	25,7
3.Γ.	0,77	1,08	1,26	0,97	1,00	0,99	1,00	0,87	1,08	29	29,2
3.Δ.	1,08	1,25	1,04	0,99	0,96	0,98	0,95	0,82	0,99	30	27,3
3.E.	1,05	1,02	1,10	0,90	0,98	0,92	0,98	0,82	0,99	30	28,1
3.Z.	1,86	1,10	1,15	0,97	1,07	0,96	0,94	0,81	1,04	30	27,4
Μέσος Όρος	1,30	1,16	1,14	0,98	1,00	0,98	0,96	0,85	1,04	29,8	27,9

Ακολουθεί το γράφημα όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8.3.
(δεν αναφέρεται το RT(A), το Dyn. Range, ο Θόρυβος Βάθους και ο Μέσος Όρος).



Αυτό που βλέπουμε σύμφωνα με τους δυο προηγούμενους πίνακες είναι ότι όταν δουλεύει ο κλιματισμός, το RT60 στα 63Hz είναι πάντα μηδενικού χρόνου, όχι επειδή δεν υπάρχει αντήχηση, αλλά προφανώς επειδή ο θορυβώδης κλιματισμός παράγει ήχο στην περιοχή των 63Hz, καλύπτοντας τις αντηχήσεις των 63Hz του ροζ θορύβου. Όταν κλίσαμε τον κλιματισμό είδαμε πως ο χρόνος αντήχησης στην οκτάβα των

63Hz όχι μόνο υπήρχε αλλά ήταν και αρκετά μεγάλος με αποκορύφωμα αυτόν στην μέτρηση 3.Α. της τάξης των 2,08sec.

Παρατηρούμε πως ο μέσος όρος των $RT(A)$ των μετρήσεων που γίνανε με ανοιχτό κλιματισμό (Πίνακας 8.3) κυμαίνεται σε καλά επίπεδα από 0,92sec έως και 1,15sec. Για τελικό χρόνο αντήχησης του αμφιθεάτρου όμως σας παρουσιάζουμε τον μέσο όρο των $RT(A)$ των έξι μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν χωρίς την λειτουργία κλιματισμού (Πίνακας 8.4) $RT60=1,04sec$, γιατί είχαμε καλύτερο λόγο σήματος ως προς θόρυβο από ότι με τις μετρήσεις που έγιναν με ανοιχτό τον κλιματισμό όπως επαληθεύεται και από το δυναμικό εύρος. Η επιλογή μας σε αυτό έγινε με βάση ότι σε μια πραγματική κινηματογραφική προβολή η ένταση θα ήταν πολύ μεγαλύτερή από την ένταση των μετρήσεων για αυτό και θα σήμαινε και μεγαλύτερο δυναμικό εύρος, κάτι που συμβαίνει με τις μετρήσεις του Πίνακα 8.4.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρώτο πράμα που πρέπει να πούμε είναι για την επιλογή του κινηματογραφικού φορμάτ που επιλέξαμε. Σύμφωνα με την γεωμετρία του χώρου και συγκεκριμένα με το δωμάτιο προβολής που χαλάει την ομοιομορφία του πίσω τοίχου, δεν θα ήταν πρόπον να τοποθετήσουμε ένα περιφερειακό κανάλι μόνο του γιατί θα έρχονταν σε άνιση αναλογία με τα περιφερειακά ηχεία των περιφερειακών καναλιών των πλαϊνών τοίχων. Ο πίσω τοίχος δεν μπορεί να υποστηρίξει παρά μόνο 2 ηχεία surround ενώ ο κάθε πλαϊνός τοίχος πέντε. Έτσι φεύγουμε από την επιλογή των σύγχρονων συστημάτων «6.1» και «7.1».

Η επόμενη αμέσως επιλογή έρχεται σε κάποιο σύστημα «5.1» που δίνουν το Dolby Digital και το DTS. Παρόλο που το DTS έχει μικρότερο λόγο συμπίεσης, καταλήγουμε στο Dolby Digital για τους εξής λόγους:

- μπορούμε να μεταπηδούμε σε όποιο πιο προχωρημένο φορμάτ της Dolby επιθυμούμε, με μια απλή αναβάθμιση του κινηματογραφικού επεξεργαστή CP650.
- η Dolby προσφέρει και άλλα μηχανήματα που συμπληρώνουν τον κινηματογραφικό εξοπλισμό με πλήρη συμβατότητα των επιμέρους στοιχείων προβολής και ήχου άλλων εταιριών, κάνοντας το οποιοδήποτε σύστημα της ένα ολοκληρωμένο σύστημα κινηματογράφου.
- υπάρχει καλύτερη τεχνική υποστήριξη κατά την διάρκεια της ζωής του κινηματογράφου όπως και σημαντική βοήθεια όταν αυτός στελεχώνεται εξαρχής. Κατά αυτόν τον τρόπο σε περίπτωση πραγματικής εφαρμογής μπορούμε να επιλέξουμε και το Dolby Stereo αν δούμε πως είναι καταλληλότερο για το χώρο, επιλέγοντας το από τον CP650 που το υποστηρίζει ήδη, ή αν αργότερα το δωμάτιο προβολής γίνει επίπεδο με τον πίσω τοίχο, να αναβαθμίσουμε τον επεξεργαστή με μια κάρτα, μετατρέποντας τον σε CP650XO διαβάζοντας έτσι το εξελεγμένο φορμάτ Dolby Surround EX.

Το αμφιθέατρο δείχνει έπειτα από την μελέτη που κάναμε πως δεν είναι απλά ένας χώρος για να καλύπτει μόνο την διεξαγωγή μαθημάτων και εξετάσεων αλλά είναι ένας χώρος που μπορεί να φιλοξενήσει πολλών ειδών εφαρμογές. Στο κατά πόσο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν χώρος για κινηματογραφικές προβολές η απάντηση βρίσκεται κάπου στην μέση.

Η γεωμετρία τύπου “stadium seating” με βηματικό κεκλιμένο επίπεδο συμβάλει στο απαιτούμενο οπτικό και ακουστικό αποτέλεσμα σε όλες τις θέσεις του

ακροατηρίου. Ο χώρος χαρακτηρίζεται ως μεγάλος χώρος με 183 θέσεις και χωρίς εξώστη κάτι που θεωρείται απαραίτητο για μια ποιοτική κινηματογραφική αίθουσα. Ωστόσο ο όγκος της αίθουσας των 1088m^3 είναι λίγο μεγαλύτερος για τον αριθμό θέσεων που φιλοξενεί, για να βρίσκεται μέσα στο όριο του βέλτιστου όγκου ανά ακροατή που είναι τα $5,1\text{m}^3$, όπως προτείνεται για τις κινηματογραφικές αίθουσες. Τα 5 τμήματα πλάτους που παρουσιάζονται επιμηκύνοντας σταδιακά το πλάτος της αίθουσας μέσω του αριστερού τοίχου θα δημιουργούν άνιση ακουστότητα μεταξύ των δυο περιφερειακών καναλιών, αφού το δεξί κανάλι θα είναι σταθερό ενώ το αριστερό θα έχει απομακρυσμένα σταδιακά προς τα πίσω τα ηχεία του, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι θεατές να ακούν περισσότερο το δεξί περιφερειακό κανάλι.

Ο χρόνος αντήχησης του αμφιθεάτρου $RT_{60}=1,04\text{sec}$ είναι πολύ καλός εφόσον ταιριάζει με τον βέλτιστο χρόνο αντήχησης των κινηματογράφων που κυμαίνεται από 0,65 έως 1,3sec. Βρίσκεται όμως έξω από τα πλαίσια του βέλτιστου χρόνου αντήχησης των αμφιθεάτρων που κυμαίνεται από 1,3 έως 1,9sec κάτι που χαρακτηρίζει την ακουστική της αίθουσας πιο κατάλληλη για κινηματογραφικές και μουσικές εφαρμογές. Από τον Πίνακα 8.4 και το Γράφημα 8.4 των πειραματικών μετρήσεων βγάζουμε το συμπέρασμα πως ο χώρος πλησιάζει να είναι ακουστικά “ζεστός” επειδή ο χρόνος αντήχησης είναι λίγο μεγαλύτερος στις χαμηλές συχνότητες από ότι στις ψηλές. Αυτό βοηθάει πολύ για μουσικού τύπου εφαρμογές στον χώρο.

Τα αποτελέσματα των θεωρητικών υπολογισμών για το χρόνο αντήχησης έχουν μια απόκλιση της τάξης του 0,6sec για τις μεσαίες συχνότητες 500Hz και 1000Hz, μια μικρή απόκλιση για τις χαμηλομεσαίες συχνότητες (περιοχή 250Hz) της τάξης του 0,2sec ενώ για τις χαμηλές και για τις ψηλές συχνότητες είναι αμελητέα, ουσιαστικά μηδενική. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται στους προσεγγιστικούς υπολογισμούς του όγκου και των επιφανειών της αίθουσας καθώς και στο ότι ο θεωρητικός συντελεστής απορρόφησης του κάθε υλικού δεν συμβαδίζει απόλυτα με τον πραγματικό συντελεστή απορρόφησης. Επίσης υπήρχαν και άλλα αντικείμενα στο χώρο όπως ένα πιάνο και τα ηχεία τύπου Line Array που δεν συμπεριλήφθηκαν οι συντελεστές απορρόφησης τους στους θεωρητικούς υπολογισμούς.

Ένα μεγάλο πρόβλημα που παρουσίασε η αίθουσα είναι η ηχομόνωση. Οι πόρτες είναι λεπτές και από ελαφρύ μη συμπαγές υλικό (φύλλο αλουμινίου), που δεν αποτελούν παράγοντες για καλή ηχομόνωση. Επίσης σε μεγάλα τμήματα του δεξιού τοίχου υπάρχει σκέτη γυψοσανίδα που συντελεί και αυτή στην κακή ηχομόνωση του χώρου. Όλα αυτά έρχονται σε αντίθεση με την καλή ηχομόνωση που προσφέρει ο

χοντρός τοίχος πάχους 24cm από μπετόν. Εδώ έρχεται να απαντηθεί και το κύριο ερώτημα αν μπορούν να γίνουν ποιοτικές κινηματογραφικές προβολές όπως ορίζει και η THX. Επειδή ο χώρος περιβάλλεται από σχολεία και ένα γήπεδο μπάσκετ καταλαβαίνουμε πως με τα σημερινά δεδομένα του χώρου είναι αδύνατον να πραγματοποιηθούν τέτοιες προβολές και ιδιαίτερα σε ώρες λειτουργίας των σχολείων ή αν τύχει μια παρέα παιδιών να αποφασίσει να παίξει στο γήπεδο μπάσκετ κάποια απογευματινή ώρα. Η μόνη λύση είναι να τοποθετηθούν βαριές και κατάλληλα σχεδιασμένες πόρτες που σφραγίζουν άπογα και θα απομονώνουν τον χώρο από τους εξωτερικούς θορύβους. Επίσης θα έπρεπε να γίνει αντικατάσταση της γυψοσανίδας στον δεξί τοίχο με τον ίδιο πάχους τοίχο από μπετόν ή με τοίχο από τούβλα. Αυτό βέβαια δεν γνωρίζουμε κατά πόσο είναι δυνατό να γίνει αρχιτεκτονικά.

Άλλο ένα μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο χώρος σύμφωνα με τα πλαίσια που ορίζει η THX είναι ο κλιματισμός που ανεβάζει τον θόρυβο βάθους πάνω από το όριο. Αυτό συμβαίνει στις συχνότητες που βρίσκονται από τα 250Hz και κάτω, όπως βλέπουμε από την καμπύλη NC-30 (βλ σελ.34) που δείχνει και το επιτρεπτό όριο θορύβου βάθους ανά συχνότητα για μια κινηματογραφική αίθουσα. Με αυτόν τον θόρυβο βάθους σε μια πραγματική εφαρμογή κινηματογραφικής προβολής θα έπρεπε να ανεβάσουμε αρκετά την ένταση του συστήματος για καλύτερη καταληπτότητα των διαλόγων των ηχητικών και μουσικών αποσπασμάτων, κάτι που θα ήταν ενοχλητικό για τους ακροατές. Αντί αυτού θα έπρεπε να γίνει μια μελέτη για την αποθορυβοποίηση του κλιματισμού ή αντικατάστασή του με κάποιον καινούργιο που παράγει χαμηλής στάθμης θόρυβο.

Τέλος να επισημάνουμε πως δεν μπορούμε να πούμε αν εγκρίνεται το αμφιθέατρο σύμφωνα με τις ποιοτικές προδιαγραφές της THX γιατί για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει η αίθουσα να είναι απόλυτα έτοιμη κινηματογραφικά. Η THX δεν μπορεί να πιστοποιήσει έναν χώρο σύμφωνα μόνο με την δομή της αίθουσας, τις ακουστικές μετρήσεις που έχουν γίνει σε αυτή και την θεωρητική εγκατάστασή και μελέτη αυτής, όσο καλά και αν έχει γίνει. Η πιστοποίηση γίνεται μετά από διεξοδικό έλεγχο της αίθουσας και με εγκαταστημένο τον εξοπλισμό.

Παρόλα αυτά μπορούμε να πούμε πως το αμφιθέατρο έχει τις σωστές βάσεις ώστε να στελεχωθεί αργότερα, σύμφωνα με τα στοιχεία που καταθέτουμε και με μια πιο εμπειριστατωμένη αρχιτεκτονικά και τεχνολογικά μελέτη, σε ένα κινηματογράφο ποιοτικών προδιαγραφών που θα σέβεται τους θεατές του και το επιστημονικό επίπεδο του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής.

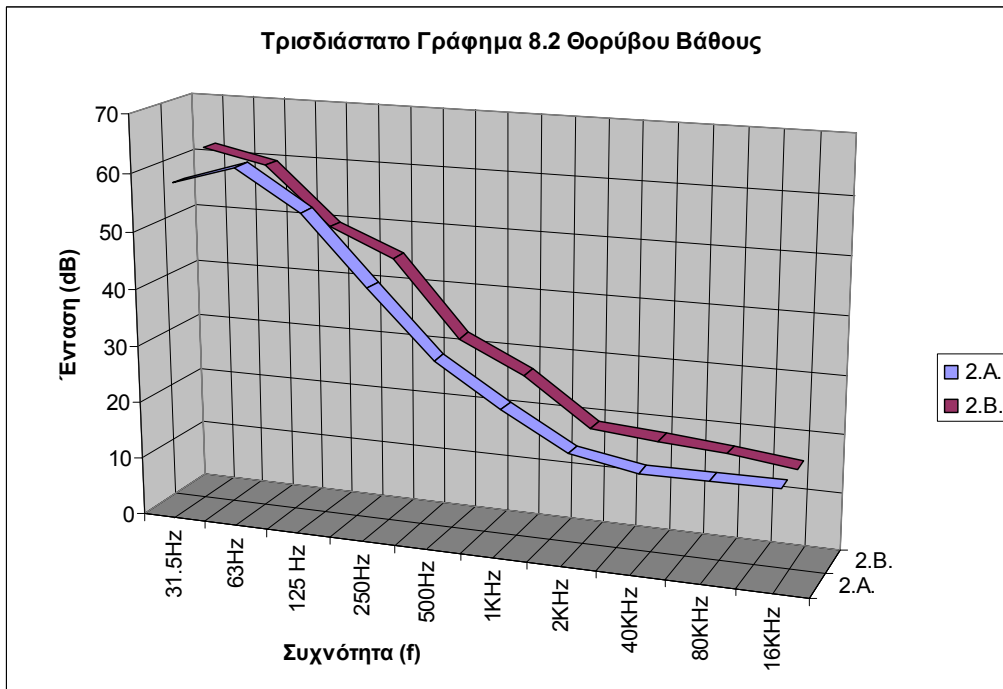
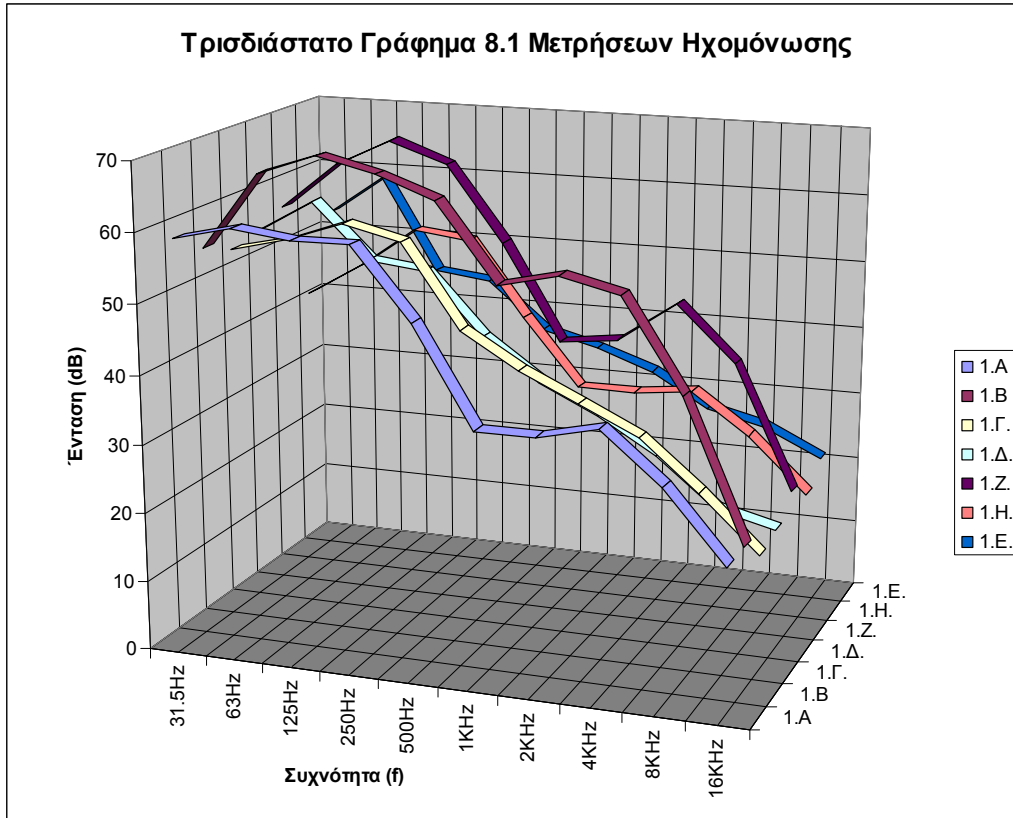
ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ:

Ακολουθούν τα σχεδιαγράμματα του αμφιθεάτρου σε κλίμακα 1:100 (δηλαδή 1cm στο φύλλο μας που είναι A4, αντιπροσωπεύει 100cm στον χώρο). Το σχεδιάγραμμα 9, που αναπαριστά την τοποθέτηση των ηχείων οθόνης είναι σε κλίμακα 1:50. Οι διαστάσεις αναφέρονται σε mm (χιλιοστά). Τα σχεδιαγράμματα καλύπτουν όλη την σελίδα για να συμβαδίζει με την κλίμακα και είναι τα εξής:

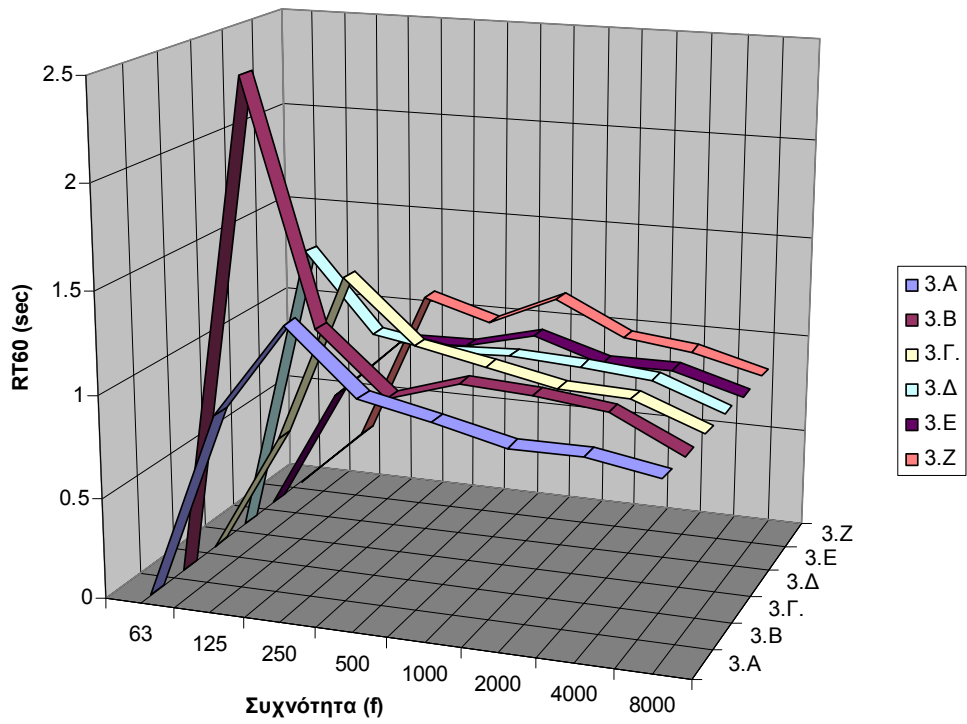
- 1) Κάτοψη με διαστάσεις.
- 2) Κάτοψη των τμημάτων πλάτους.
- 3) Τομή με διαστάσεις.
- 4) Τομή των τμημάτων πλάτους.
- 5) Μέτρηση 1^η (ηχομόνωση).
- 6) Μέτρηση 2^η (θόρυβος βάθους).
- 7) Μέτρηση 3^η (RT₆₀).
- 8) Τοποθέτηση Surround Ηχείων.
- 9) Τοποθέτηση Ηχείων Οθόνης.

Αντικατάσταση των κενών σελίδων 133 έως και 141 με τα
σχεδιαγράμματα του αρχείου «Σχεδιαγράμματα Αμφιθεάτρου».

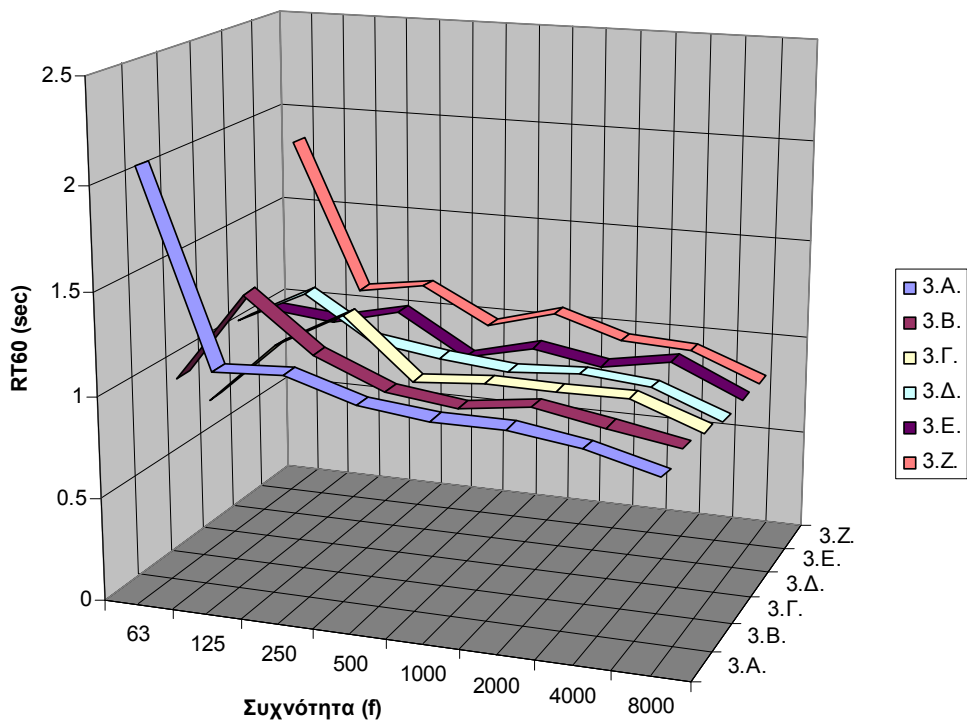
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ:



Τρισδιάστατο Γράφημα 8.3 RT60 (κλιματισμός ανοιχτός)



Τρισδιάστατο Γράφημα 8.4 RT60 (κλιματισμός κλειστός)



Ευχαριστίες:

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους επιβλέποντες καθηγητές μας Φιτσανάκη Μίνω και Ζαχαριουδάκη Δημήτρη για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση που έδειξαν κατά την διάρκεια πλαισίωσης αυτής της πτυχιακής εργασίας. Επίσης να ευχαριστήσουμε θερμά τον κ. Σηφάκη Μηνά καθηγητή του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής για τις πολύτιμες συμβουλές που μας έδωσε καθώς και την βοήθεια στην χρήση του εξοπλισμού για την διεκπεραίωση των ακουστικών μετρήσεων. Θερμές ευχαριστίες θα θέλαμε να δώσουμε στην Κασσιανή Λεοντιάδου φοιτήτρια του τμήματος Αρχιτεκτονικής του Πολυτεχνείου Πάτρας για την βοήθεια με τα σχεδιαγράμματα του αμφιθεάτρου καθώς και τον Θοδωρή Διαμαντή φοιτητή του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής για τις φωτογραφίες που τράβηξε στον χώρο του αμφιθεάτρου.

Βιβλιογραφία:

- Don Davis & Carolyn Davis (1997), “SOUND SYSTEM ENGINEERING” second edition, Focal Press, USA
- Σκαρλάτος Δημήτρης (2003), «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ» δεύτερη έκδοση, Φιλομάθεια, Πάτρα
- Porges G. (1977), “APPLIED ACOUSTICS”, Peninsula Publishing, London
- Thomas D. Rossing & F. Richard Moore & Paul A. Wheeler (2002), “THE SCIENCE OF SOUND” third edition, Integre Technical Publishing Co., San Francisco
- Τσινίκας Νίκος (2005), «ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΩΡΩΝ» δεύτερη έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- F. Alton Everest (1994), « ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ» τρίτη έκδοση, Α. Τζιόλα Ε., Θεσσαλονίκη (τίτλος πρωτοτύπου: “The Master Handbook Of Acoustics”)
- Gary Davis & Ralph Jones (1989), “SOUND REINFORCEMENT HANDBOOK” second edition, Yamaha, USA
- Lawrence E. Kinsler & Austin R. Frey & Alan B. Coppens & James V. Sanders (1976), “FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS” fourth edition, John Wiley & Sons, Hoboken
- Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής «ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΗΧΟΥ Ι Εργαστήριο», Χρήστος Κουστοδημάκης & Μηνάς Σηφάκης
- Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής «ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ», Δημήτρης Ζαχαριουδάκης (2006)

- Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής «MASTERING», Μίνως Φιτσανάκης (2004 – 2005)
- Παππά Αικατερίνη (2005), πτυχιακή εργασία για το Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, με τίτλο: «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟ»
- Παρασκευόπουλος Σταύρος (2006), πτυχιακή εργασία για το Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, με τίτλο: «ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ»

ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ:

- Dolby: <http://www.dolby.com> (25/10/2007)
- THX: <http://www.thx.com> (20/10/2007)
- QSC: <http://www.qscaudio.com> (10/11/2007)
- Wikipedia: <http://www.wikipedia.org> (12/11/2007)
- JBL: <http://www.jbl.com> (10/11/2007)
- Slickbar: <http://www.slickbar.com> (08/11/2007)
- DTS: <http://www.dtsonline.com> (28/10/2007)
- Sony Cinema Products: <http://www.sdds.com> (28/10/2007)
- Cine Project: <http://www.cine-project.de> (12/11/2007)
- Ernemann: <http://www.ernemann.com> (10/11/2007)
- NEC: <http://www.nec.com> (25/10/2007)
- Da-Lite Screen Company: <http://www.da-lite.com> (10/11/2007)
- How Stuff Works: <http://www.howstuffworks.com> (12/11/2007)
- Acoustical Solutions: <http://www.acousticalsolutions.com> (12/11/2007)