ΙΕΜΑ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ & ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ
Κέντρο Μουσικής Τεκμηρίωσης

UNITED ACOUSTICAL CONSULTANTS
uAc

Κύκλος διαλέξεων ακουστικής

Εισαγωγή στα θέματα

In memoriam Χρήστου Κουτσοδημάκη

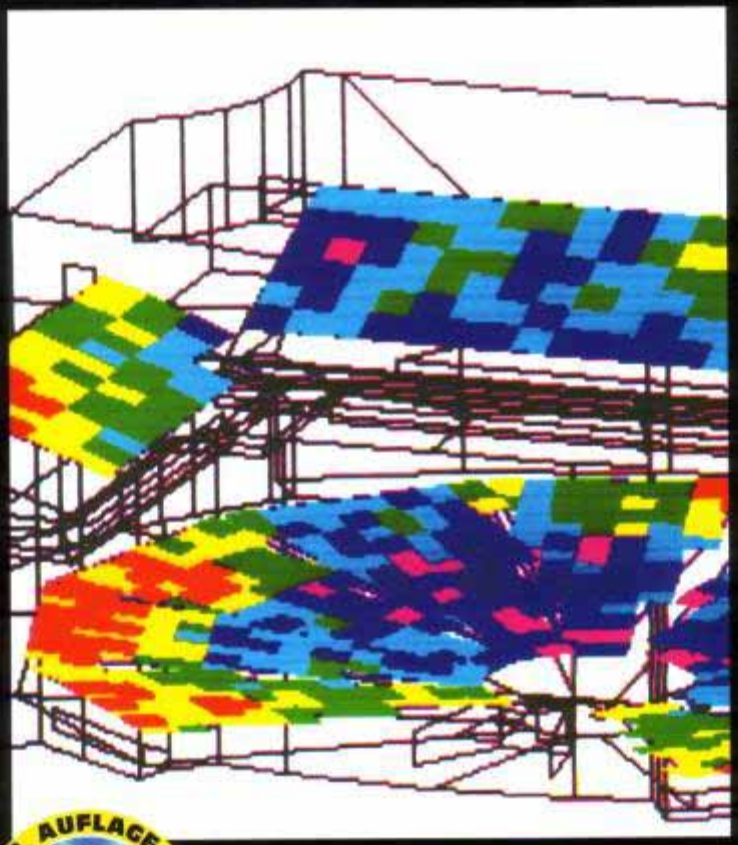
ARCHITECTURAL ACOUSTICS

MARSHALL LONG

AP

W. Fasold / E. Veres

Schallschutz+ Raumakustik in der Praxis



Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen

2. AUFLAGE

CD

mit zusätzlichen Fachbeiträgen

HUSS-MEDIEN GmbH
Verlag Bauwesen
10400 Berlin

DETAIL Praxis

Akustik und Schallschutz

Grundlagen
Planung
Beispiele

Eckard Mommertz
Müller-BBM

Edition Detail

F. Alton Everest

Master Handbook of ACOUSTICS

Fourth Edition

ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΕΥΘΥΜΙΑΤΟΣ
Καθηγητής Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ & ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

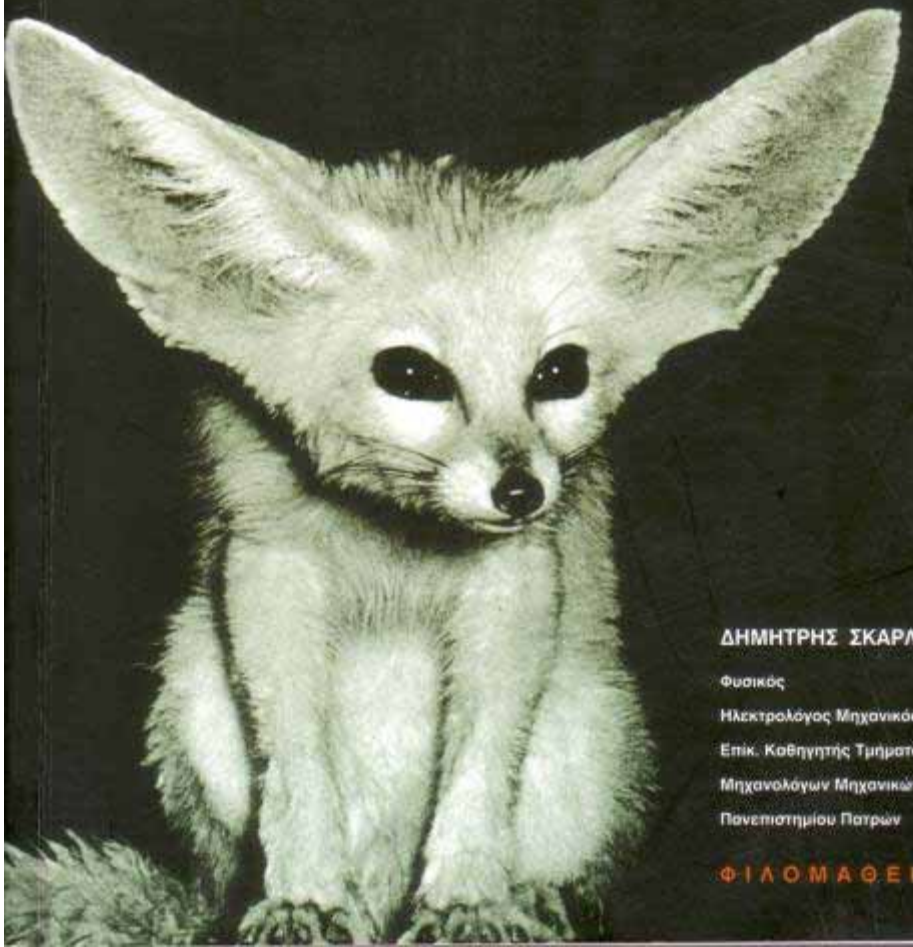
ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ

$R = L_{\text{εκπομπής}} - L_{\text{λήψης}} + 10\log_{10}(S / A)$

Παπασωτηρίου
ΕΚΔΟΣΕΙΣ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

Γενικές έννοιες • Ακουστική κλειστών χώρων • Ακουστική ανοικτών χώρων • Ακουστική ρευστών
Ανάλυση ηχητικών σημάτων • Ηχομόνωση – Ηχορύπανση • Πρότυπες ακουστικές μετρήσεις κατά ISO και ΕΛΟΤ



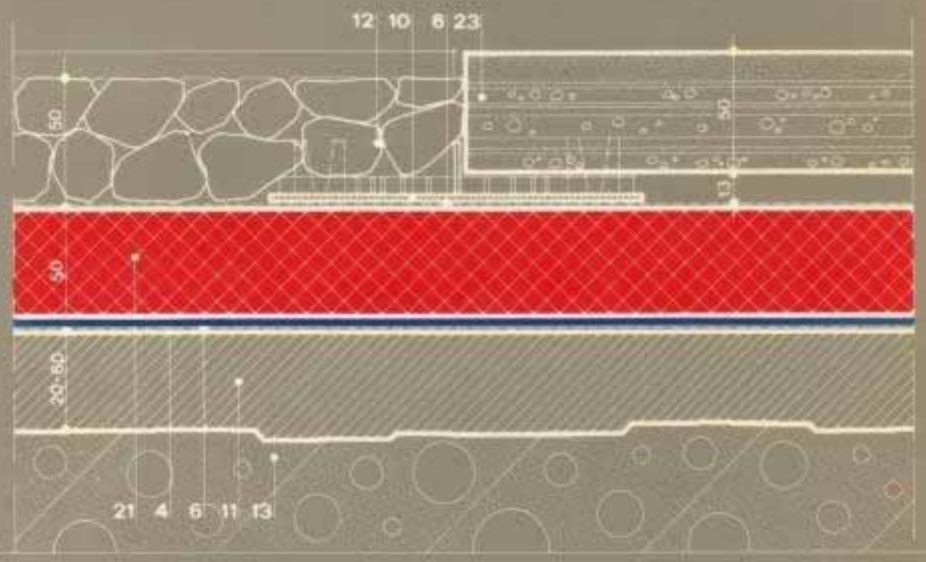
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΚΑΡΛΑΤΟΣ

Φυσικός
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός.
Επίκ. Καθηγητής Τμήματος
Μηχανολόγων Μηχανικών
Πανεπιστημίου Πατρών

ΦΙΛΟΜΑΘΕΙΑ

προστασια κτιριων

θερμομονωση ηχομονωση-ηχοπροστασια



χρηστος γ. αθανασοπουλος

ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΩΡΩΝ

ΝΙΚΟΣ ΤΣΙΝΙΚΑΣ

ΘΕΑΤΡΑ
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ
ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΣΥΝΑΥΛΙΩΝ
ΧΩΡΟΙ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ

UNIVERSITY
STUDIO
PRESS

Noise Control

in

Building Services

Sound Research Laboratories Ltd

Edited by

ALAN FRY

PERGAMON PRESS

OXFORD • NEW YORK • BEIJING • FRANKFURT
SÃO PAULO • SYDNEY • TOKYO • TORONTO

WOODS PRACTICAL GUIDE TO NOISE CONTROL

FIFTH EDITION

Springer Handbook of Acoustics

CD-ROM

Rossing
Editor

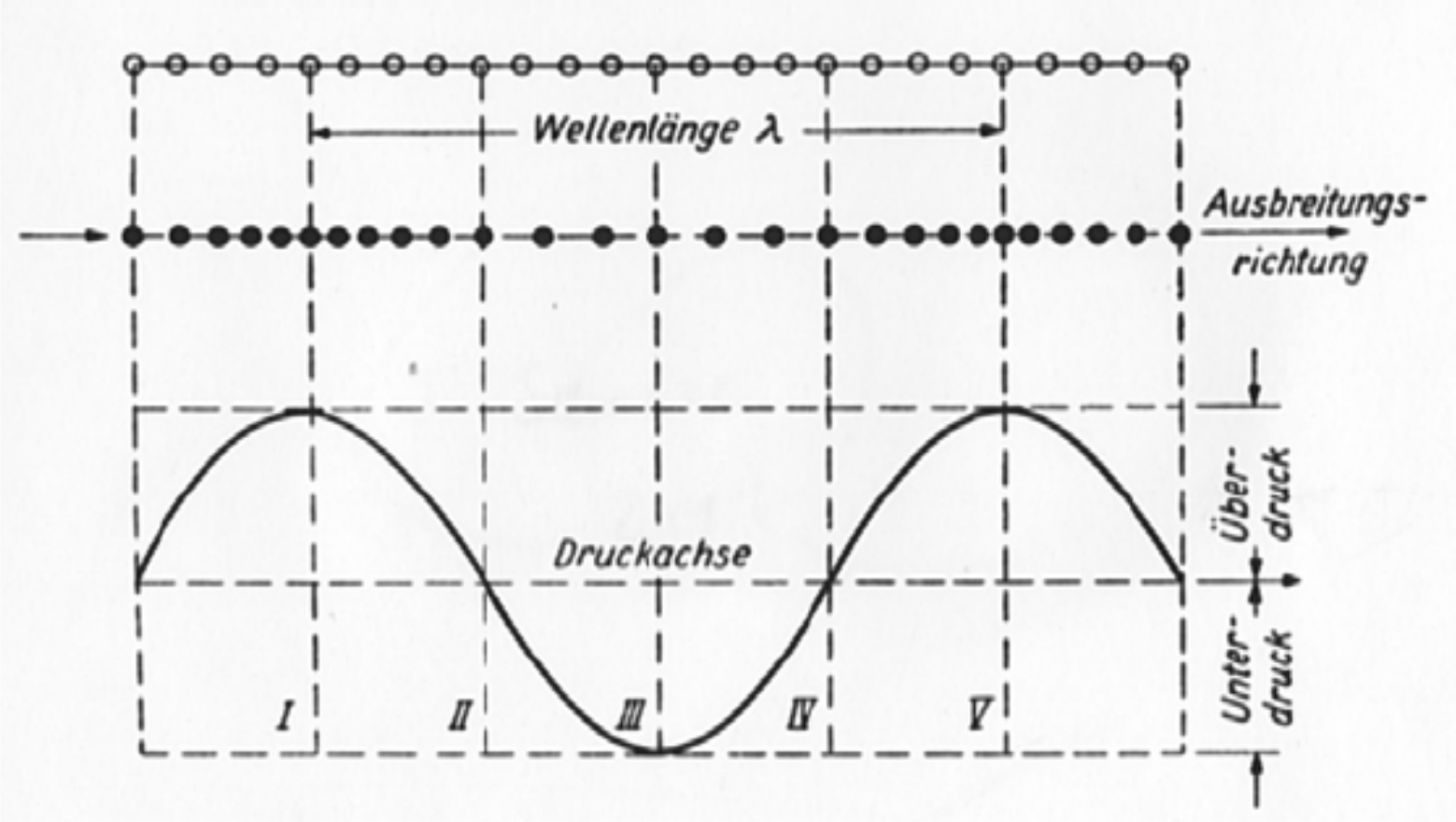
Springer

Τι είναι ήχος ?

Ότι ακούω. (?)

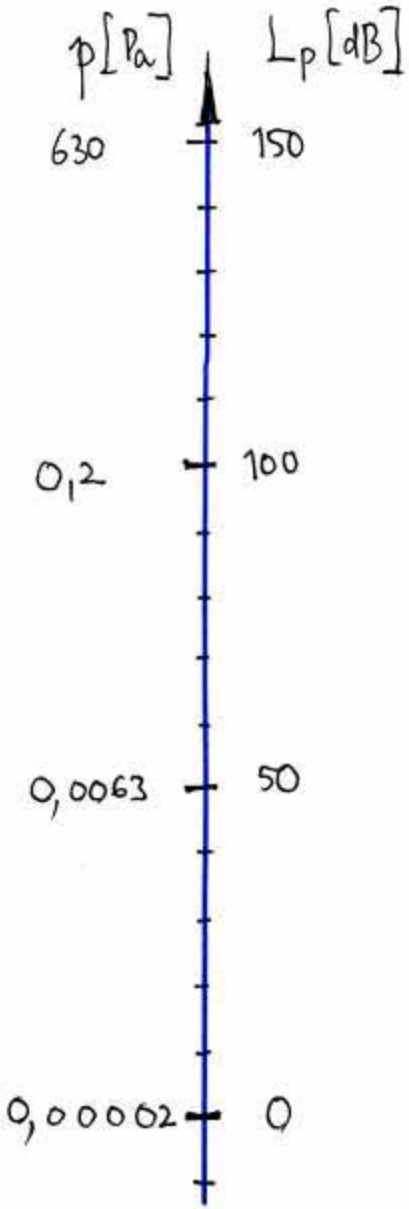
ΕΛΟΤ 263.1

Ήχος ορίζεται ως η μηχανική διαταραχή που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα μέσα σε ένα μέσο που μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις (π.χ. ελαστικότητας, εσωτερικής τριβής) και έχει τέτοιο χαρακτήρα ώστε μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα.


Wellenlänge λ
Ausbreitungs-
richtung
Druckachse
Über-
druck
Unter-
druck
I
II
III
IV
V

$$c = \lambda \times f$$

λ: μήκος κύματος
f: συχνότητα
c: ταχύτητα του ήχου



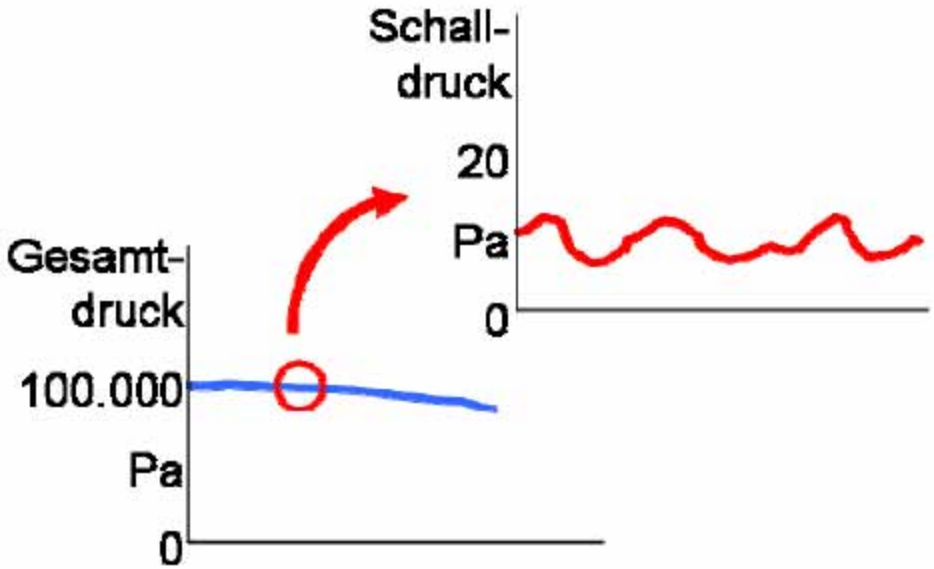
$$L_p = 20 \log \left(p / p_0 \right)$$

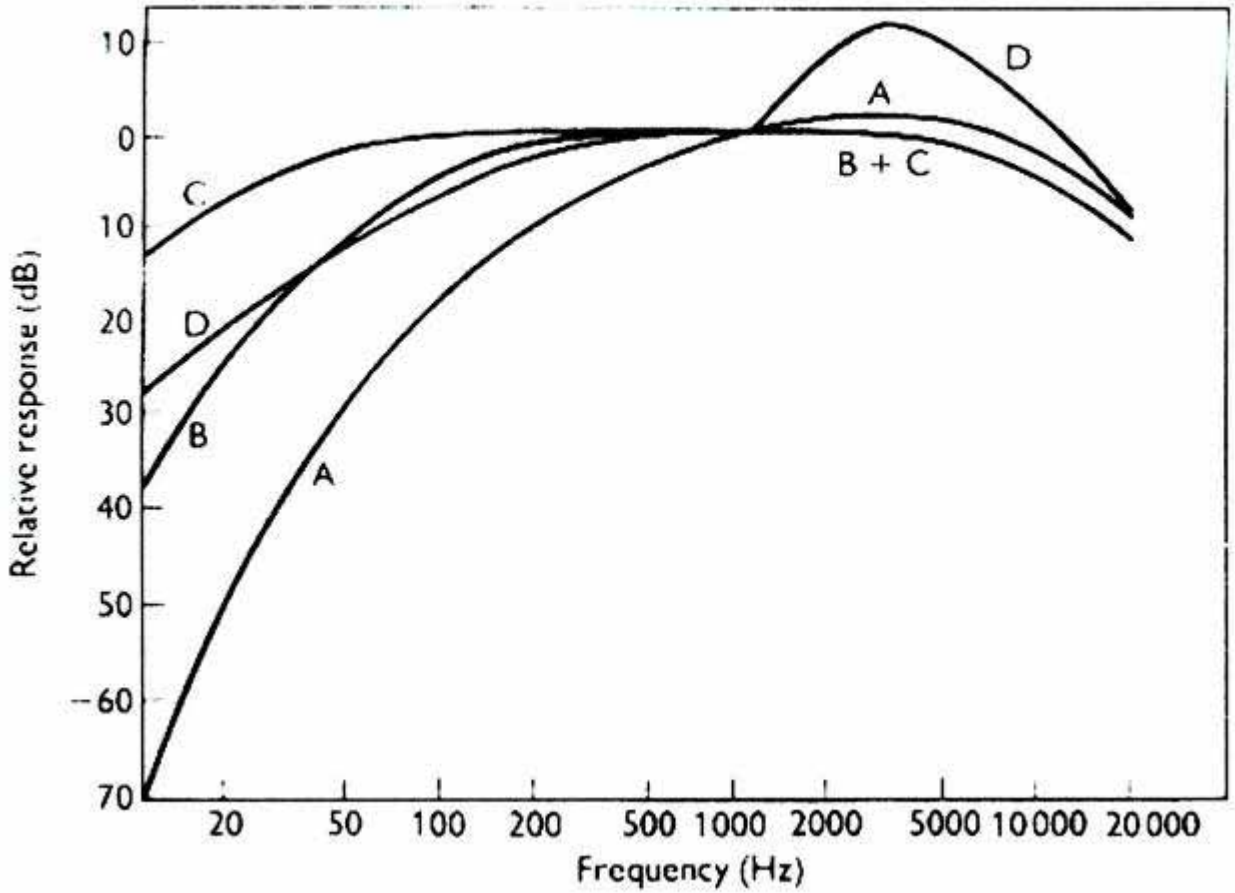
$$p_0 = 0{,}00002 \text{ Pa}$$

1atm = 101 325 N/m^2

1atm = 10^5 Pa

p_0 = 20 µPa




Relative response (dB)
10
0
10
20
30
40
50
60
70
20
50
100
200
500
1000
2000
5000
10000
20000
Frequency (Hz)
A
B
C
D
B + C

$$L_1 = 10 \log(p_1/p_0)^2$$

$$L_2 = 10 \log(p_2/p_0)^2$$

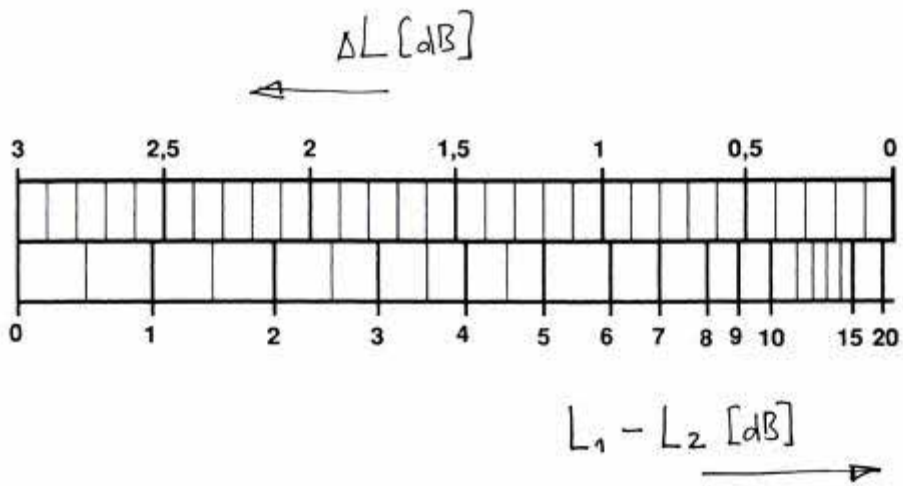
$$(p_i/p_0)^2 = 10 \wedge(L_i/10)$$

$$(p_{sum}/p_0)^2 = (p_1/p_0)^2 + (p_2/p_0)^2 = 10 \wedge(L_1/10) + 10 \wedge(L_2/10)$$

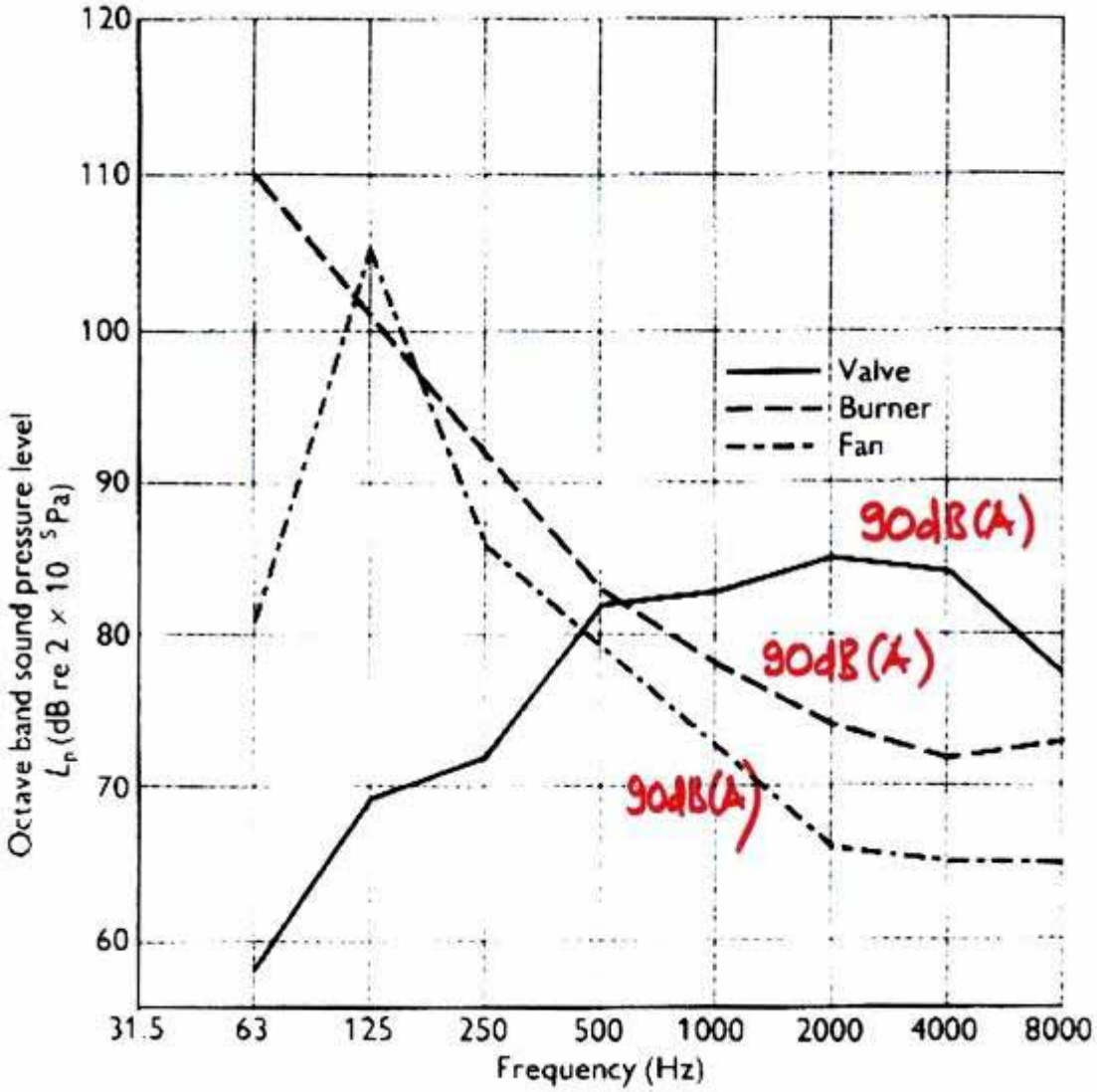
$$L_{sum} = 10 \log((p_{sum}/p_0)^2)$$

f[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L(f)[dB]	88	89	85	88	85	82	78	74
ΔA[dB]	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
	62	73	76	85	85	83	79	73
$(p/p_0)^2$ =	1584893	19952623	39810717	316227766	316227766	199526231	79432823	19952623
SUM =	992715444							
10*log(SUM) = LpA =	**90dB(A)**							

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \log \left[10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right]$$



$$L_1 \oplus L_2 = \max(L_1, L_2) + \Delta L$$


120
110
100
90
80
70
60
Octave band sound pressure level
L_p (dB re 2 × 10 ^{5}Pa)
31.5
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
Frequency (Hz)
Valve
Burner
Fan
90dB(A)
90dB(A)
90dB(A)

Η ακουστική είναι η επιστήμη του ήχου.

Η ακουστική ασχολείται με την παραγωγή, την εξάπλωση από την πηγή στον δέκτη, και την αναγνώριση και την αίσθηση του ήχου.

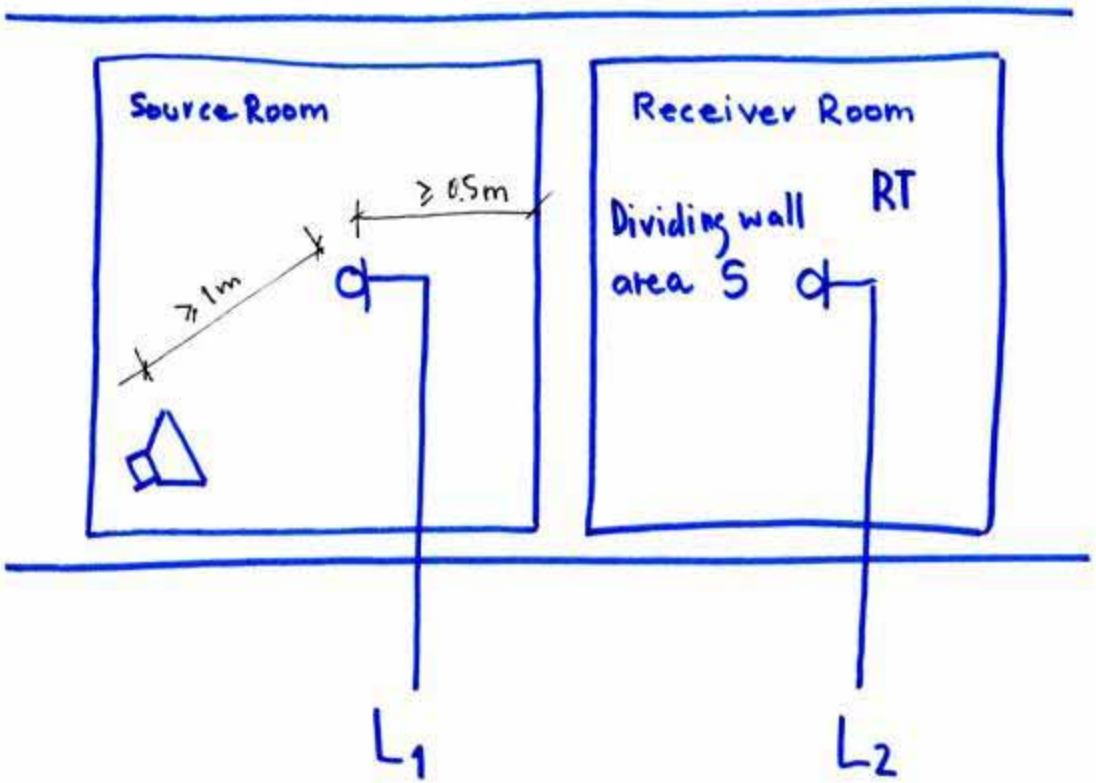
Φυσική ακουστική, ακουστική ως τομέας της φυσικής
Αεροακουστική, αεροδυναμικές πηγές ήχου
Ιδροακουστική, ακουστική μέσα στο νερό
Ηλεκτροακουστική, ηχεία – μικρόφωνα – καταγραφή και αναπαραγωγή
Τεχνική ακουστική, θόρυβος μηχανημάτων και εγκαταστάσεων
Καταπολέμηση θορύβου, περιβαλλοντική καταπολέμηση θορύβου
Δομική ακουστική και ακουστική χώρου
Μουσική ακουστική, μουσικά όργανα και φωνή
Ψυχοακουστική, φυσικό μέγεθος – αίσθηση ήχου
Φωνητική, ανθρώπινη φωνή και επεξεργασία
Βιολογική και ιατρική ακουστική

Δομική ακουστική

Ηχομόνωση

Ακουστική χώρου

Προστασία των χώρων από τους θορύβους των ΗΜ εγκαταστάσεων


Source Room
≥ 0.5m
≥ 1m
Receiver Room
RT
Dividing wall
area S
L1
L2

Διαφορά ηχοστάθμης

$$D = L_1 - L_2 \qquad ...(2)$$

where

L_1 is the average sound pressure level in the source room;

L_2 is the average sound pressure level in the receiving room.

Τυποποιημένη διαφορά στάθμης

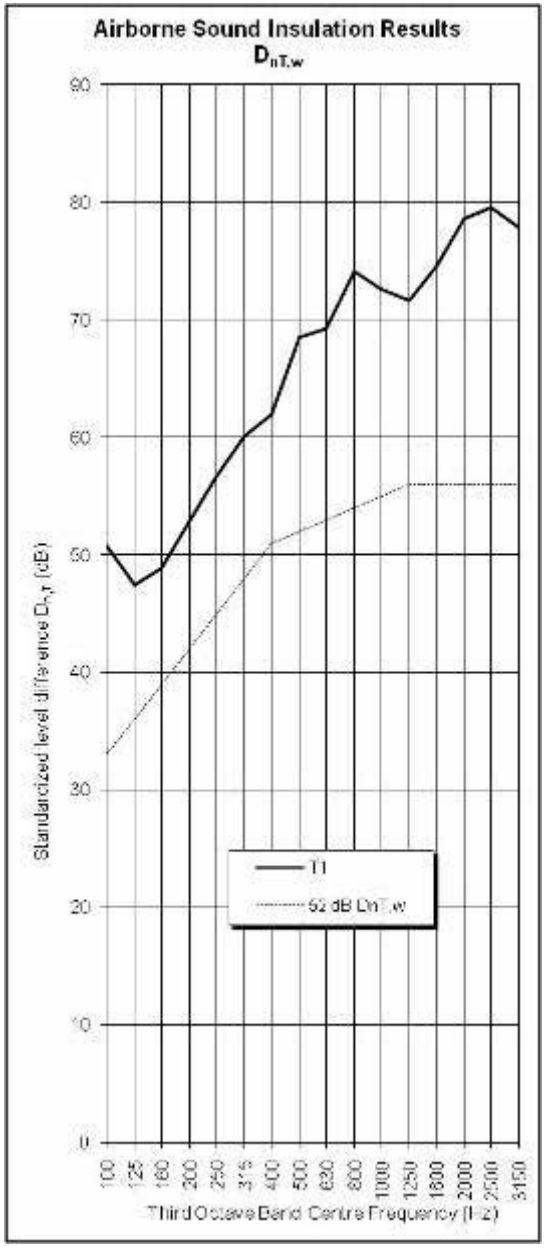
$$D_{nT} = D + 10 \lg \frac{T}{T_0} \text{ dB} \qquad ...(4)$$

where

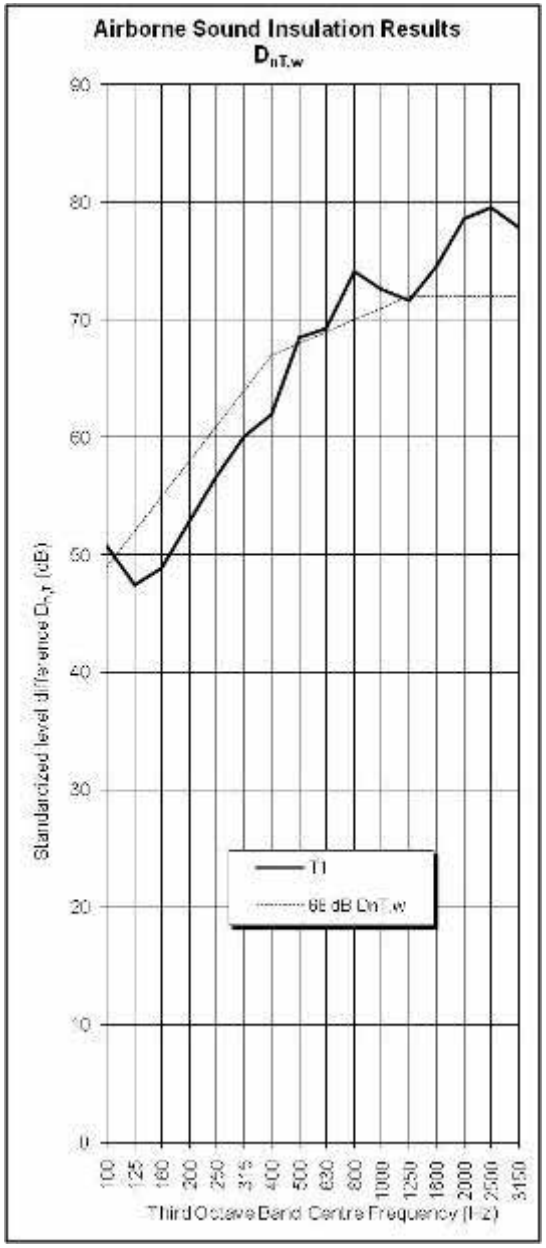
D is the level difference;

T is the reverberation time in the receiving room;

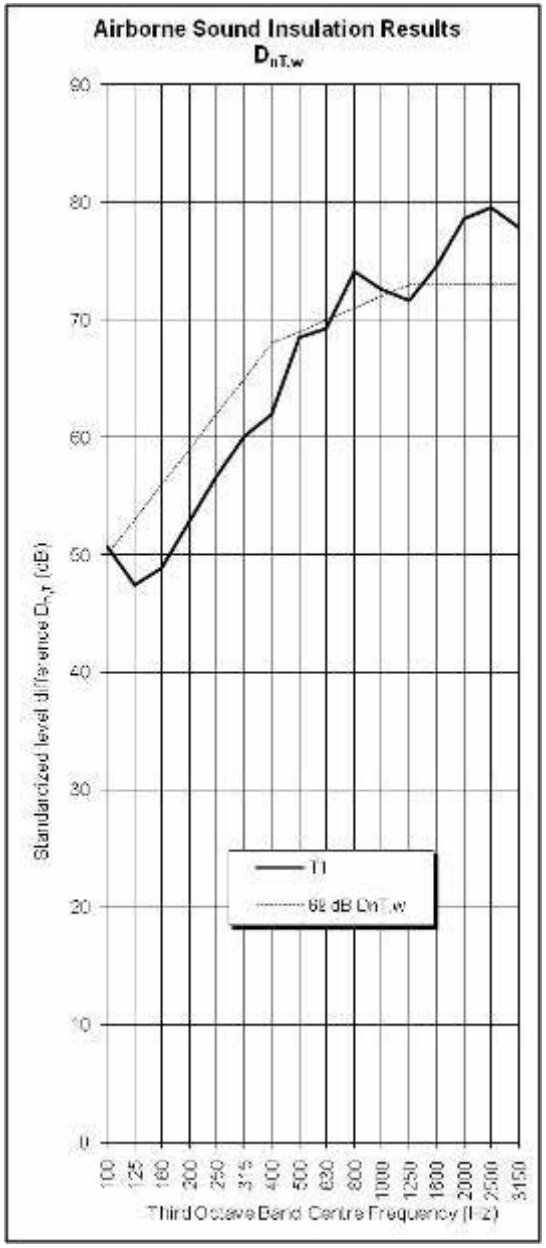
T_0 is the reference reverberation time; for dwellings, T_0 = 0,5 s.



Deviation 0



Deviation 29



Deviation 38

R_w σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης
weighted sound reduction index without flanking transmission
bewertetes Schalldaemm-Mass

R'_w σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης
weighted apparent sound reduction index with flanking transmission
bewertetes Bauschalldaemm-Mass

$R'_{w,R}$ τιμή υπολογισμού μελέτης
weighted apparent sound reduction index with flanking transmission, calculation value according to DIN4109
bewertetes Bauschalldaemm-Mass, Rechenwert

$R'_{w,P}$ τιμή πιστοποίησης
weighted sound reduction index, certificated value
bewertetes Bauschalldaemm-Mass, Pruefzeugnis

D_{nTw} σταθμισμένη τυποποιημένη διαφορά στάθμης
weighted standardized level difference
bewertete standard Schallpegeldifferenz

Μέτρηση της κτυπογενής ηχομόνωσης

κανονικοποιημένη ηχητική πίεση κτυπογενούς ήχου

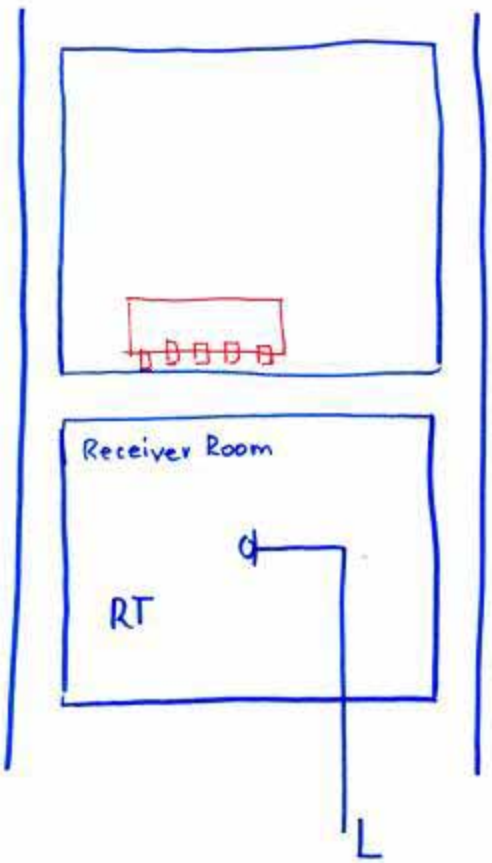
$$L'_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ dB}$$

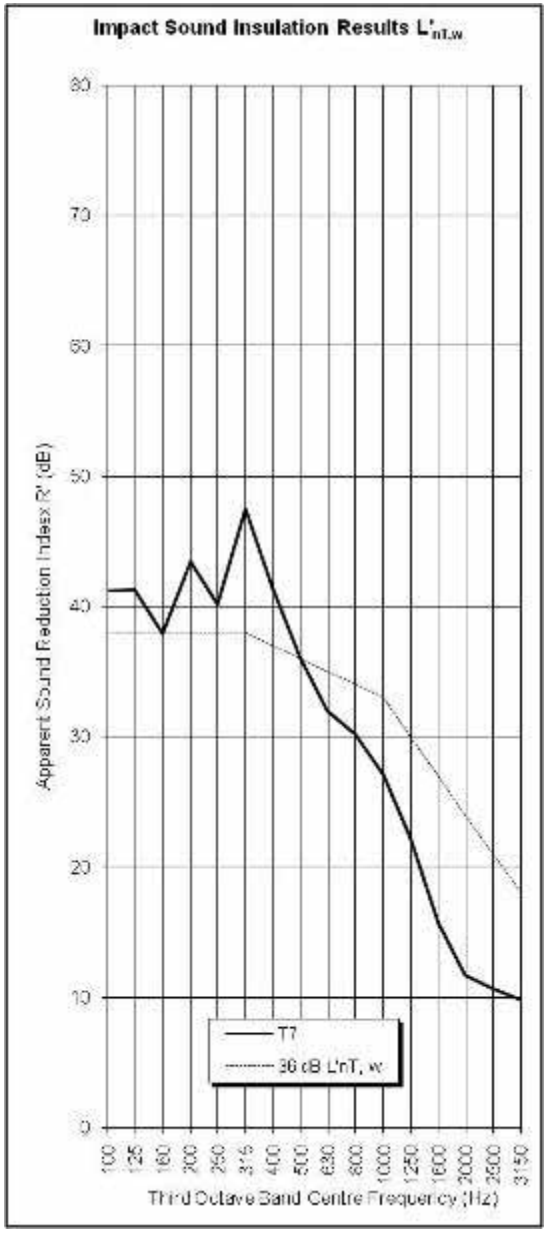
with $A_o = 10 \text{ m}^2$

τυποποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου

$$L'_{nT} = L_i - 10 \lg \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

NOTE 1 For dwellings T_0 equals 0,5 s.




Impact Sound Insulation Results L'nT,w
Apparent Sound Reduction Index R' (dB)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
125
160
200
250
315
400
500
630
800
1000
1250
1600
2000
2500
3150
Third Octave Band Centre Frequency (Hz)
T7
36 dB L'nT, w

L'_{nw} σταθμισμένη κανονικοποιημένη ηχητική πίεση κτυπογενούς ήχου.
weighted impact sound pressure level
bewerteter Norm-Trittschallpegel

L'_{nTw} σταθμισμένη τυποποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου
weighted standardized impact sound pressure level
bewerteter Standard-Trittschallpegel

Πρόβλεψη της ηχομονωτικής ικανότητας δομικών στοιχείων

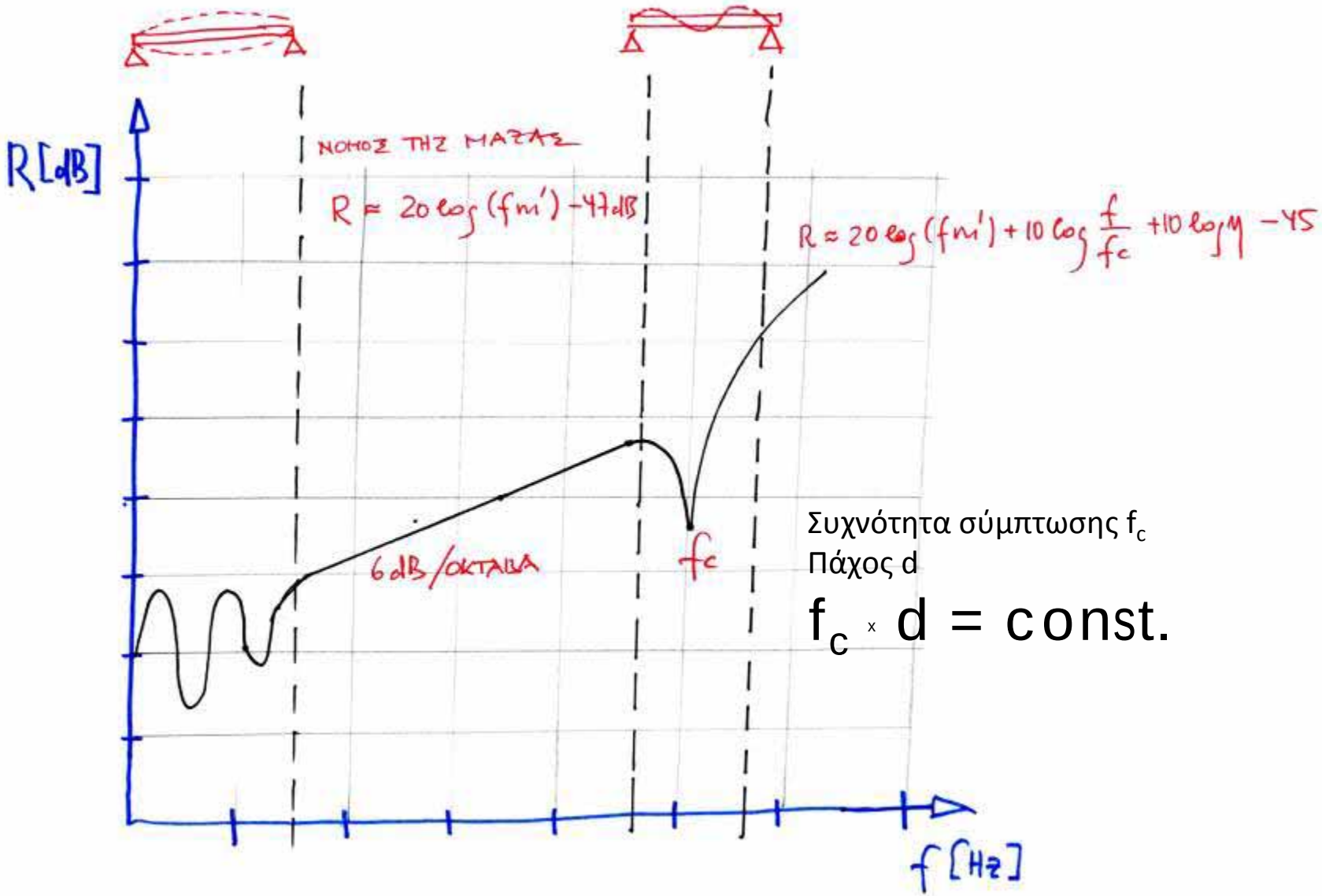
Μονοκέλυφα χωρίσματα

Δικέλυφα χωρίσματα

Σύνθετα χωρίσματα

Κτυπογενής ηχομόνωση οροφών

Μονοκέλυφα χωρίσματα

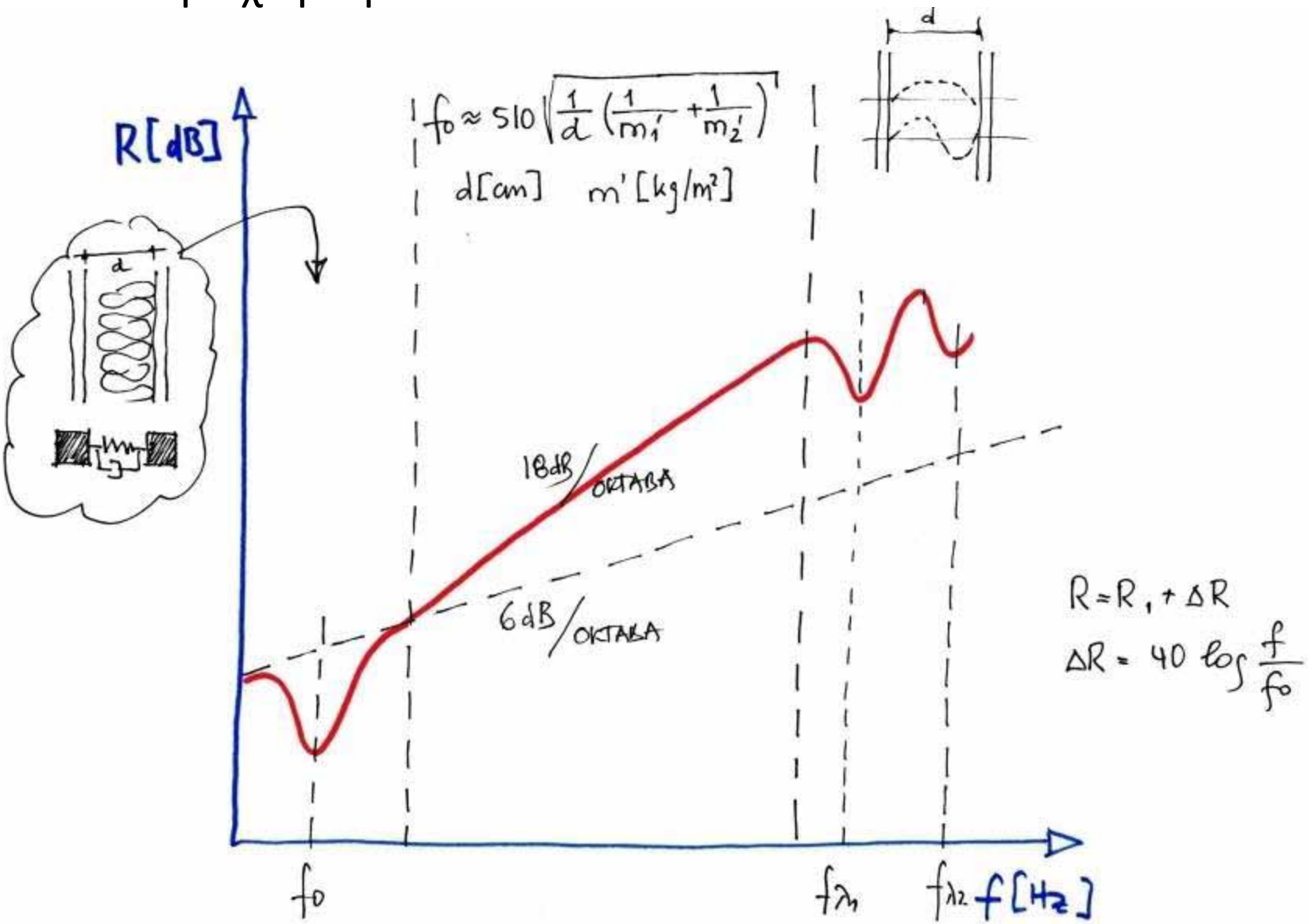


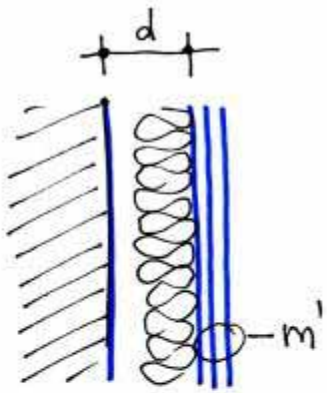
Συχνότητα σύμπτωσης f_c

Πάχος d

$$f_c \times d = \text{const.}$$

Δικέλυφα χωρίσματα

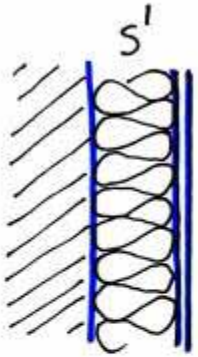




$$f_0 = 510\sqrt{\frac{1}{m' \cdot d}}$$

d [cm]

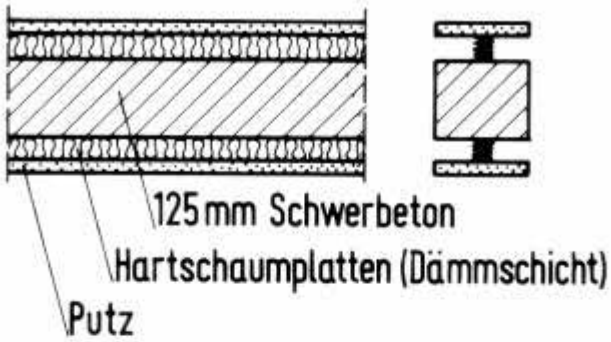
m' [kg/m²]

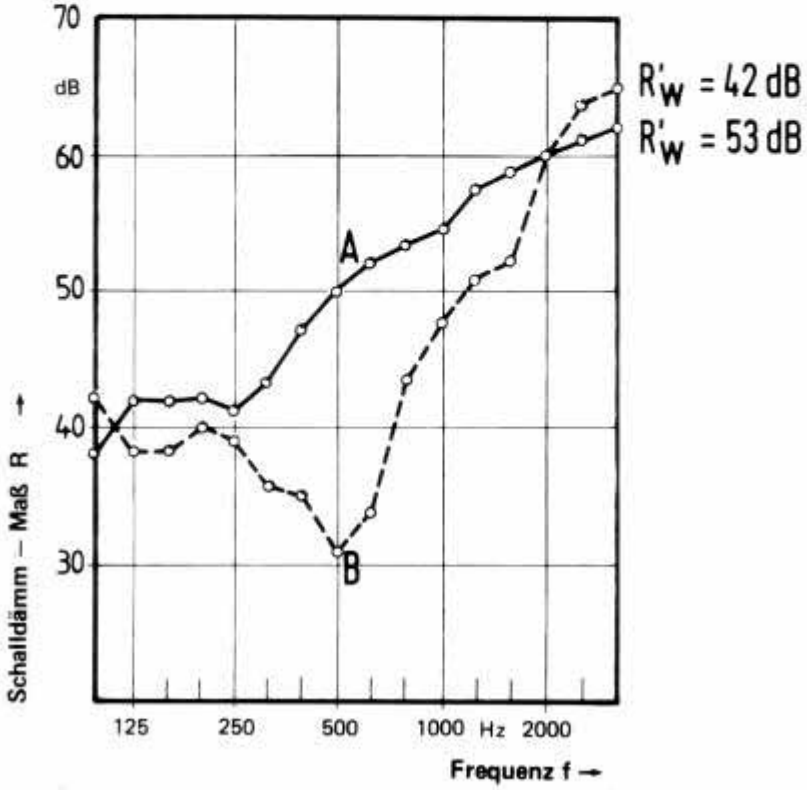


$$f_0 = 160\sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

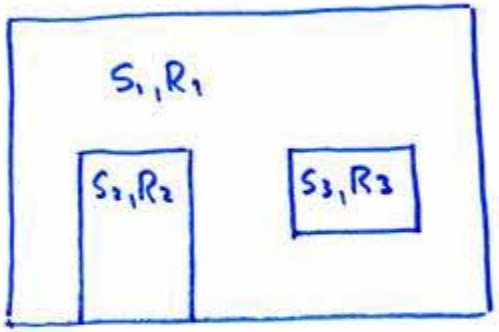
s' [MN/m³]

m' [kg/m²]


125 mm Schwerbeton
Hartschaumplatten (Dämmschicht)
Putz


70
dB
60
50
40
30
Schalldämm – Maß R →
A
B
R'w = 42 dB
R'w = 53 dB
125
250
500
1000 Hz 2000
Frequenz f →

Σύνθετα χωρίσματα



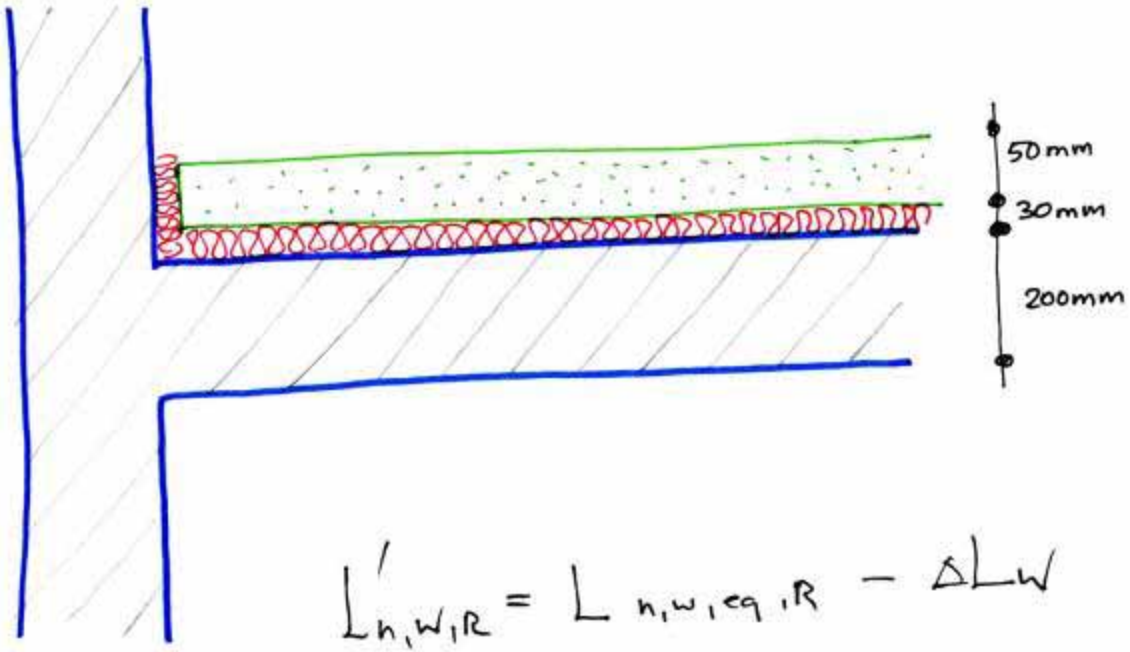
$$R_{w,res} = -10 \log \left[\frac{1}{\Sigma S_i} \cdot \sum S_i \cdot 10^{-\frac{R_{w,i}}{10}} \right]$$

S_1 = 20 m^2, R_{w1} = 50 dB
S_2 = 2 m^2, R_{w2} = 18 dB
S_3 = 5 m^2, R_{w3} = 25 dB

R_{wres} = 28 dB

Κτυπογενής ηχομόνωση οροφών

$$L_{n,w,eq,R} = 164 - 35 \log m'$$



$s' = 30\ MN/m^3$

$f_0 = 100\ Hz$

$ME\ s' = 5\ MN/m^3$

$f_0 = 40\ Hz$

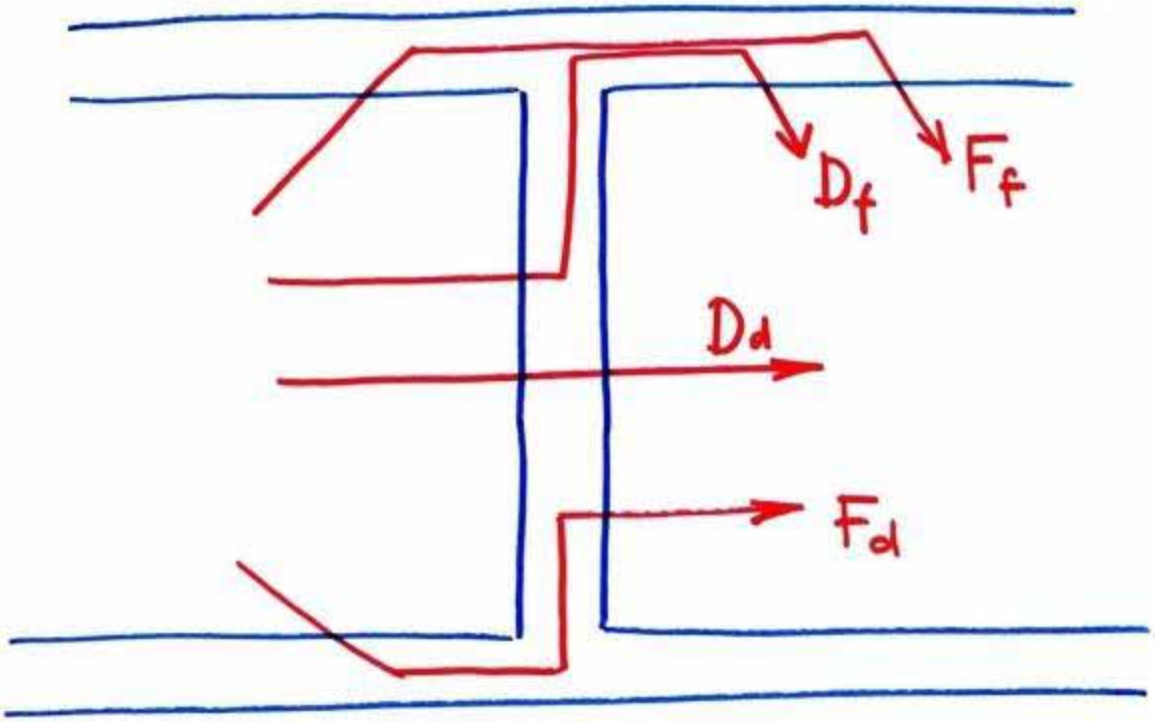
$\Delta L_w = 32\ dB$

$$L'_{n,w,R} = L_{n,w,eq,R} - \Delta L_w$$

$$= 70\ dB - 26\ dB$$

$$= 44\ dB$$

Πλευρική μετάδοση του ήχου

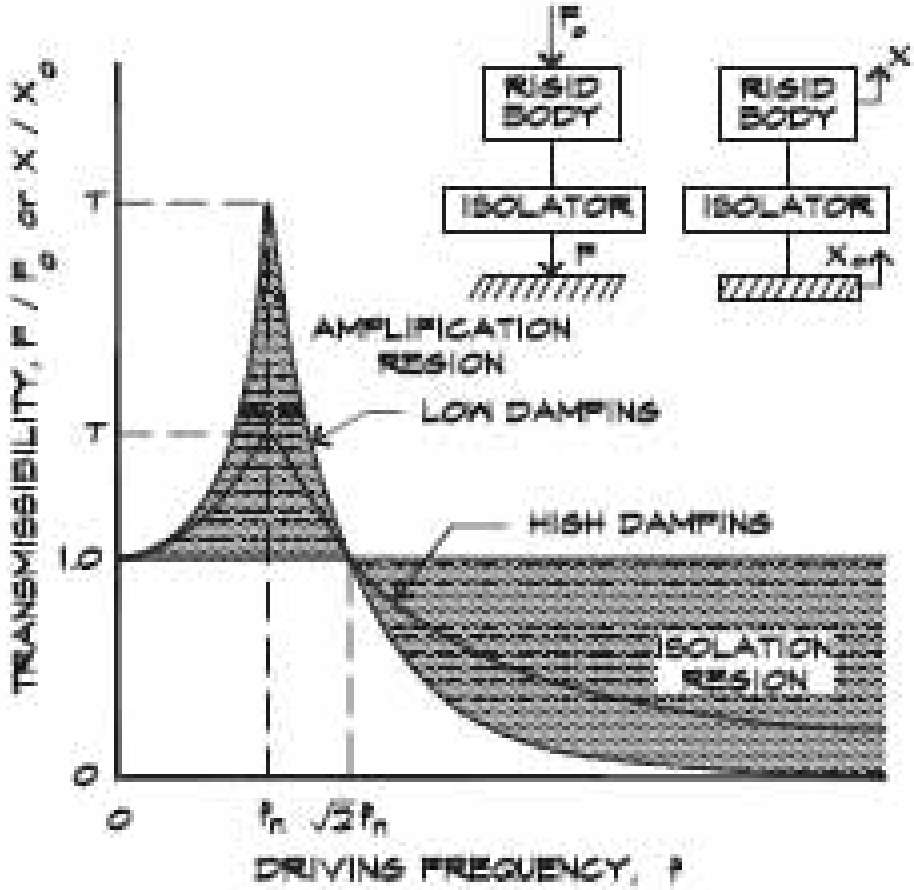


→ EN 12354

Ηχοπροστασία χώρων από τον θόρυβο ΗΜ εγκαταστάσεων

Έδραση ΗΜ εγκαταστάσεων
Ηχομόνωση – ηχοαπορρόφηση μηχανοστασίων
Ηχοπροστασία υπαίθριων ΗΜ εγκαταστάσεων
Ηχοπαγίδες συστημάτων κλιματισμού και αερισμού

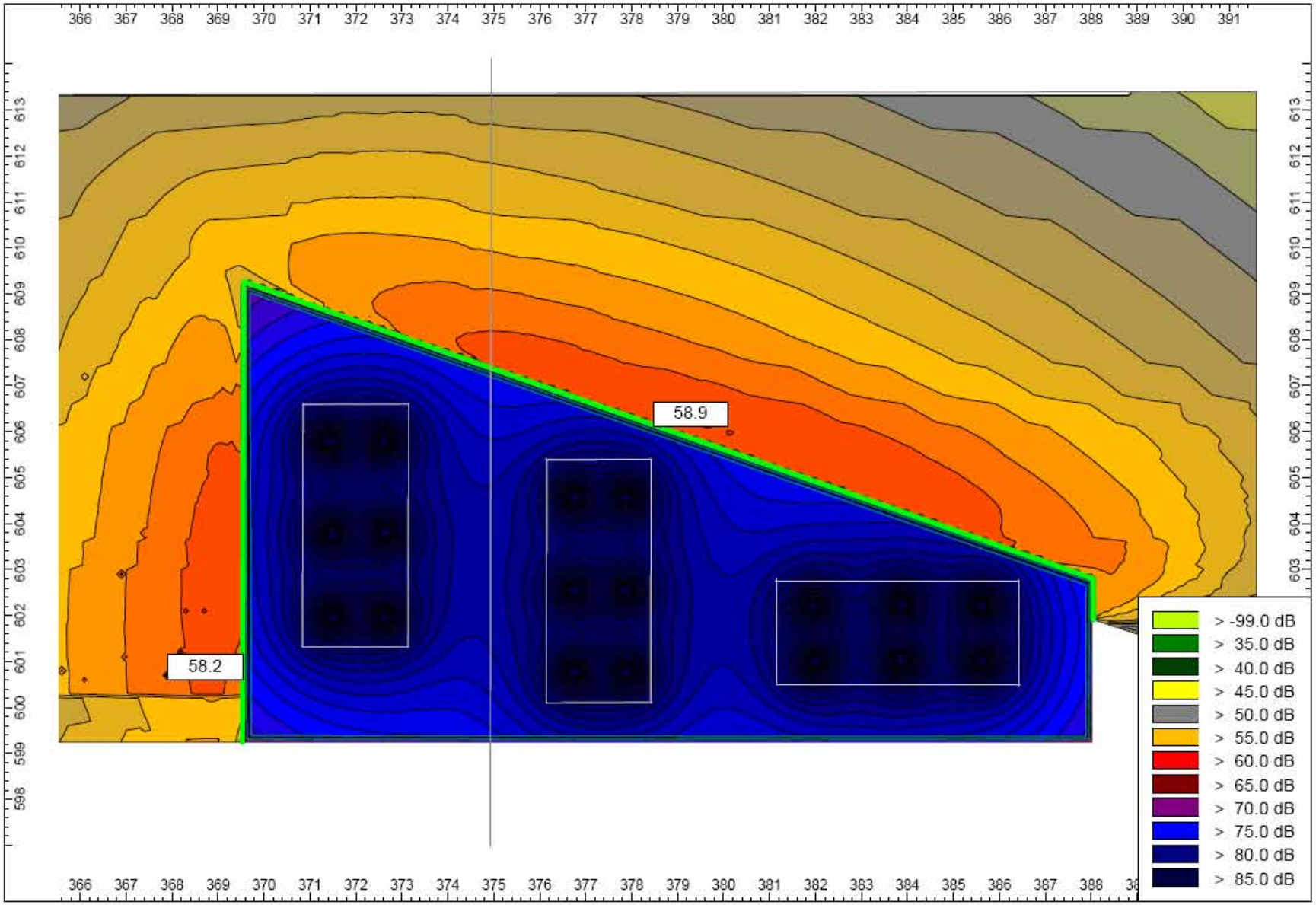
FIGURE 11.10 Transmissibility Curves for Vibration Isolation (Ruzicka, 1971)



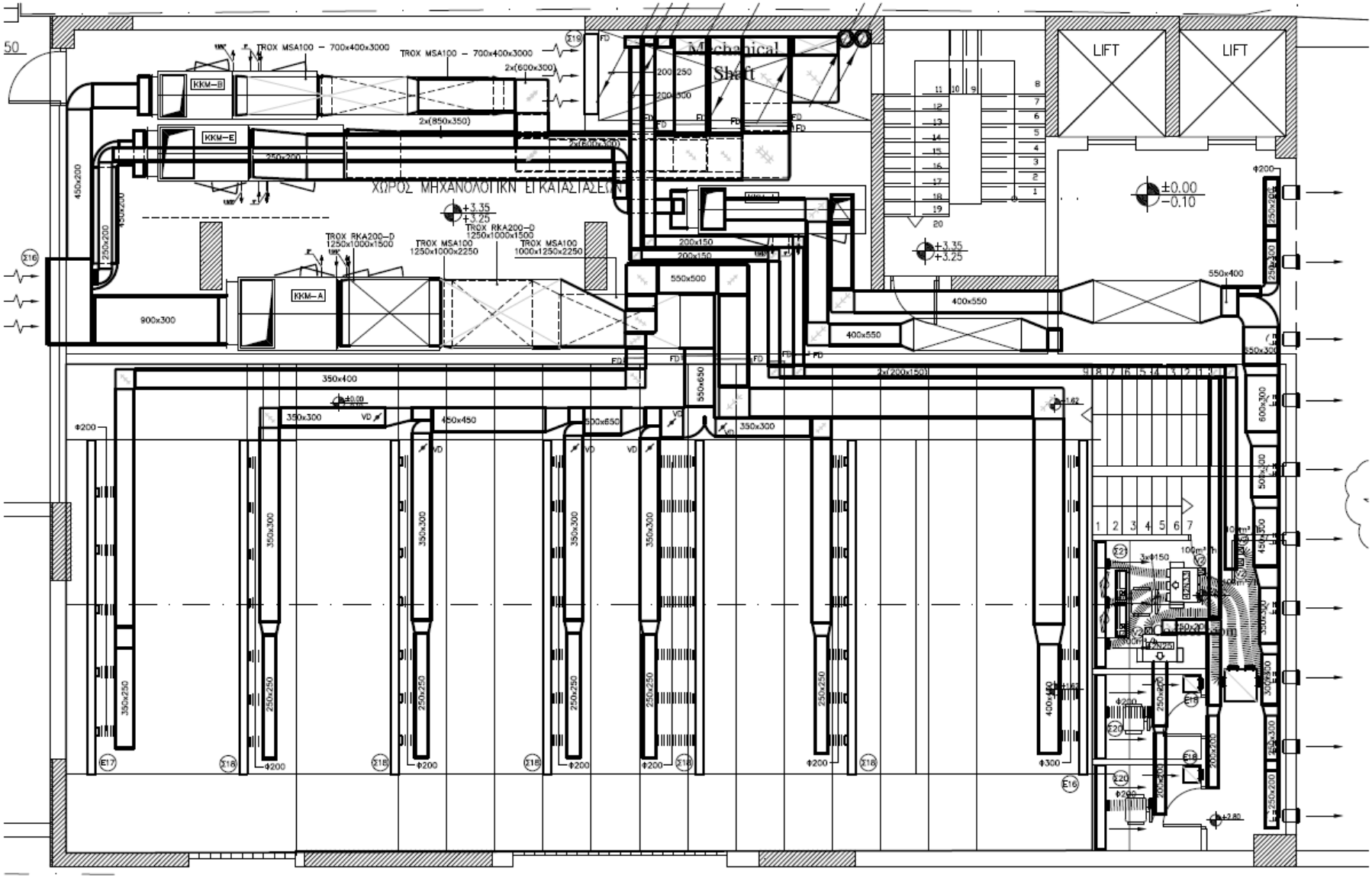
PETROGEN
P275HE2

SMU
1877 ISO
-1-3-BBA DN 125 B12-08
DN 110
3000 mm

Interklima


58.9
58.2
> -99.0 dB
> 35.0 dB
> 40.0 dB
> 45.0 dB
> 50.0 dB
> 55.0 dB
> 60.0 dB
> 65.0 dB
> 70.0 dB
> 75.0 dB
> 80.0 dB
> 85.0 dB

PETRO


Mechanical Shaft
LIFT
LIFT
ΧΩΡΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
TROX MSA100 – 700x400x3000
TROX MSA100 – 700x400x3000
2x(600x300)
2x(850x350)
2x(600x300)
ΚΚΜ–Β
ΚΚΜ–Ε
ΚΚΜ–Α
TROX RKA200–D
1250x1000x1500
TROX RKA200–D
1250x1000x1500
TROX MSA100
1250x1000x2250
TROX MSA100
1000x1250x2250
+3.35
+3.25
±0.00
–0.10
900x300
430x200
250x200
350x400
350x300
450x450
550x650
550x500
400x550
550x400
2x(200x150)
200x150
200x250
200x500
350x250
250x250
400x400
Φ200
Φ300
Φ250
Φ280
Φ290
100m³/h
3xΦ150
Σ16
Σ17
Σ18
Σ19
Σ20
Σ21
Σ22
E16
E17
FD
VD

HYGIENISCH GETESTET
TROX® TECHNIK
VDI 6022

Ακουστική χώρου

Η υποκειμενική ακουστική ποιότητα μίας αίθουσας είναι δυνατό να περιγραφεί με την βοήθεια αντικειμενικών ποσοτήτων που σχετίζονται με την ακουστική χώρου και μπορούν να μετρηθούν.

Παλμική απόκριση

Η ακουστική συμπεριφορά μιας αίθουσας περιγράφεται με την παλμική απόκριση. Συγκεκριμένα η παλμική απόκριση περιέχει όλες τις ακουστικές πληροφορίες για μία ορισμένη θέση της πηγής και μία αντίστοιχη θέση του δέκτη. Όλες οι άλλες παράμετροι της ακουστικής ποιότητας μπορούν να υπολογισθούν από την παλμική απόκριση.

Χρόνος αντήχησης

Ένα από τα πιο σημαντικά και παράλληλα το πιο εύκολα υπολογίσιμο κριτήριο είναι ο χρόνος αντήχησης Τ, του χώρου. Ο χρόνος αντήχησης περιγράφει την πτώση της περιβάλλουσας της παλμικής απόκρισης για την περιοχή του διάχυτου ήχου. Ο χρόνος αντήχησης εξαρτάται από τον όγκο και την ηχοαπορροφητική ικανότητα των τελικών επιφανειών του χώρου.

Δείκτης ισχύος G[dB]

Ο δείκτης ισχύος G περιγράφει την αίσθηση της έντασης που δημιουργείται στη θέση του ακροατή και αποτελεί παράμετρο υπολογισμού της ηχητικής ενέργειας που διαδίδεται από την ηχητική πηγή προς τη θέση του ακροατή. Εκφράζει την αναλογία της στάθμης της ηχητικής πίεσης που μετράται στη θέση του δέκτη με αυτή που μετράται σε απόσταση 10 m σε ανοιχτό χώρο. Υψηλός δείκτης ισχύος σημαίνει ότι είναι ευνοϊκή η μετάδοση του ήχου από τη πηγή προς τον ακροατή.

Δείκτης διαύγειας C[dB]

Ο δείκτης διαύγειας C χρησιμεύει στην εκτίμηση της διαφάνειας των μουσικών γεγονότων σε έναν χώρο. Εκφράζει την αναλογία της ηχητικής ενέργειας που φθάνει στη θέση του ακροατή κατά τη διάρκεια των 80 ms μετά τον άμεσο ήχο και της ηχητικής ενέργειας που υπολείπεται. Έτσι, ο δείκτης διαύγειας αντισταθμίζει τη νωθρότητα του αυτιού, αφού το αυτί δέχεται τα σήματα που φθάνουν αμέσως μετά τον άμεσο ήχο για να αυξήσει υποκειμενικά την διαφάνεια του ήχου.

Δείκτης ευκρίνειας D[%]

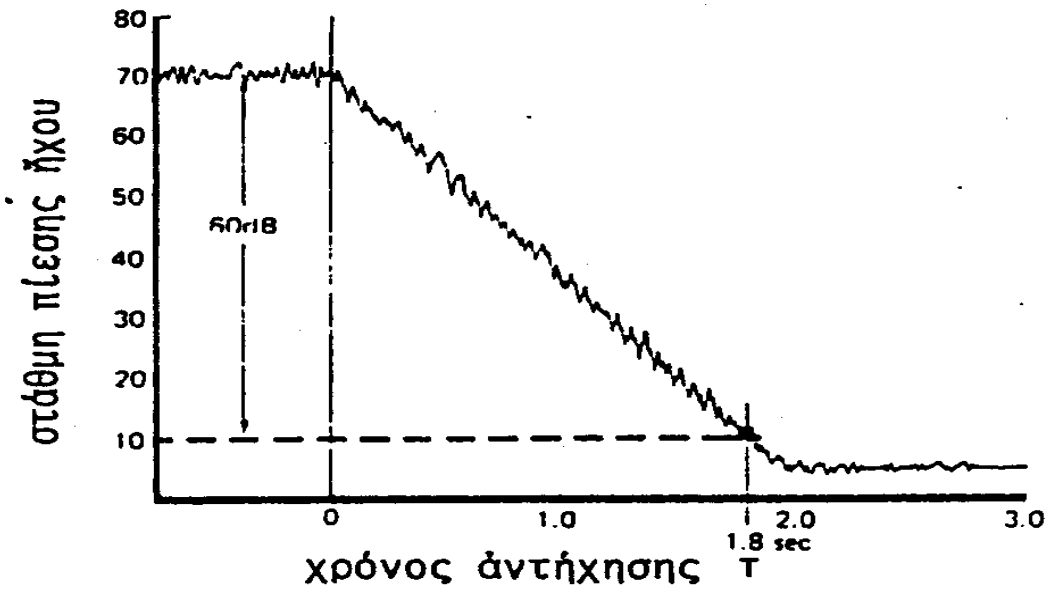
Ο δείκτης ευκρίνειας D χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ευκρίνειας του ήχου. Ο δείκτης ευκρίνειας D ορίζεται ως η αναλογία της ενέργειας κατά τη διάρκεια των πρώτων 50ms του πρώτου ήχου προς την συνολική ενέργεια.

Στάθμη θορύβου βάθους L_{pA}[dB(A)]

Η στάθμη θορύβου βάθους L_A είναι η συνολική ηχοστάθμη όλων των πηγών θορύβου που ακούγονται μέσα στην αίθουσα.

Χρόνος αντήχησης

Χρόνος αντήχησης ενός χώρου σε sec για κάθε συχνότητα ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται για να επιτευχθεί μείωση της ηχητικής πίεσης L_p, που δημιουργείται στο χώρο αυτό από μία ηχητική πηγή κατά 60 dB μετά την παύση της.



$T\,[sec] = 0{,}163 \times V[m^3] / A[m^2]$

T[sec]	Χρόνος αντήχησης σε sec
$V[m^3]$	'Ογκος του χώρου σε m^3
$A[m^2]$	Ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια σε m^2

Η ισοδύναμη ηχοαπορροφητική επιφάνεια είναι:

$A = \sum \alpha_i \times F_i$

α_i	Ηχοαπορροφητική ικανότητα της επιφάνειας i
F_i	Εμβαδόν της επιφάνειας i

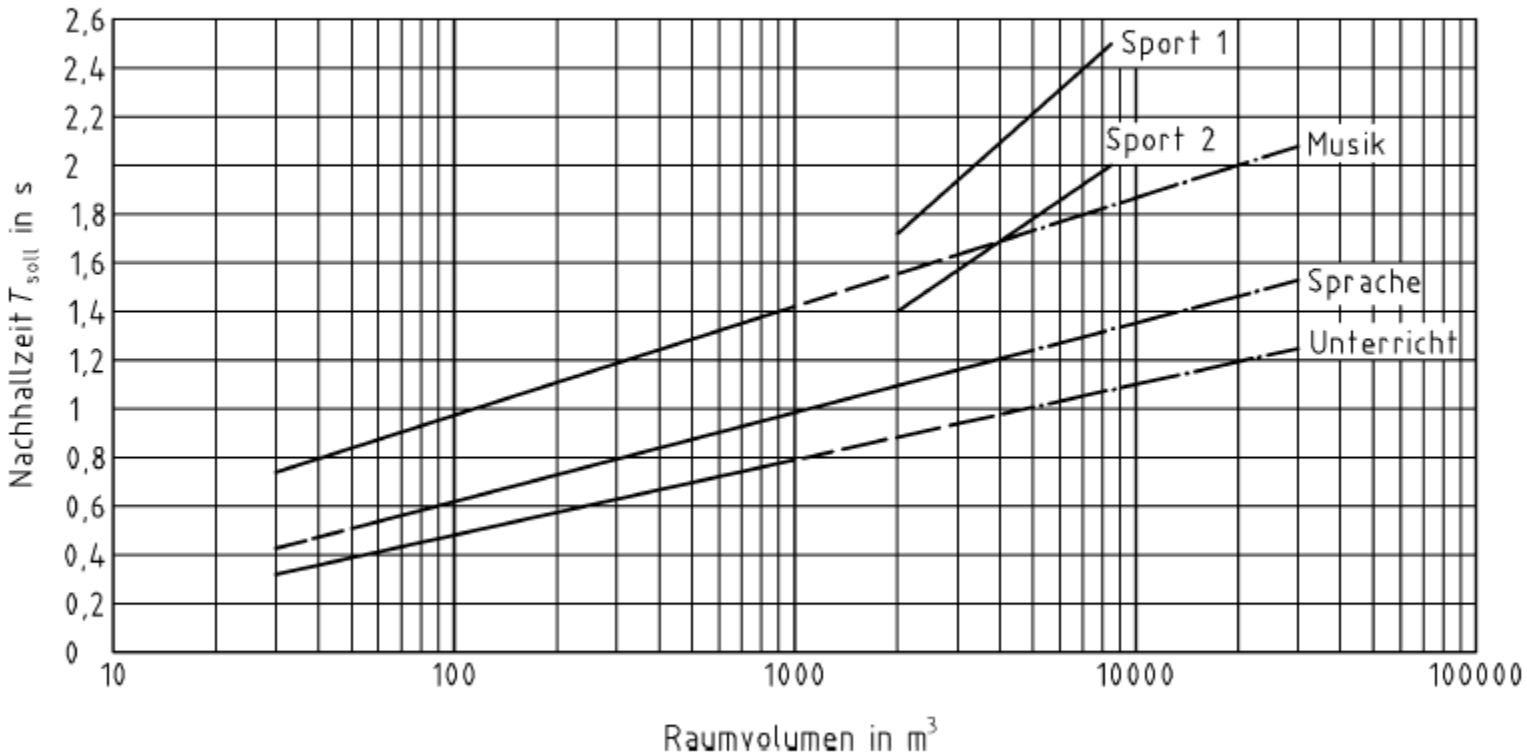


Bild 1 — Sollwert T_{Soll} der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten

Γεωμετρική χάραξη

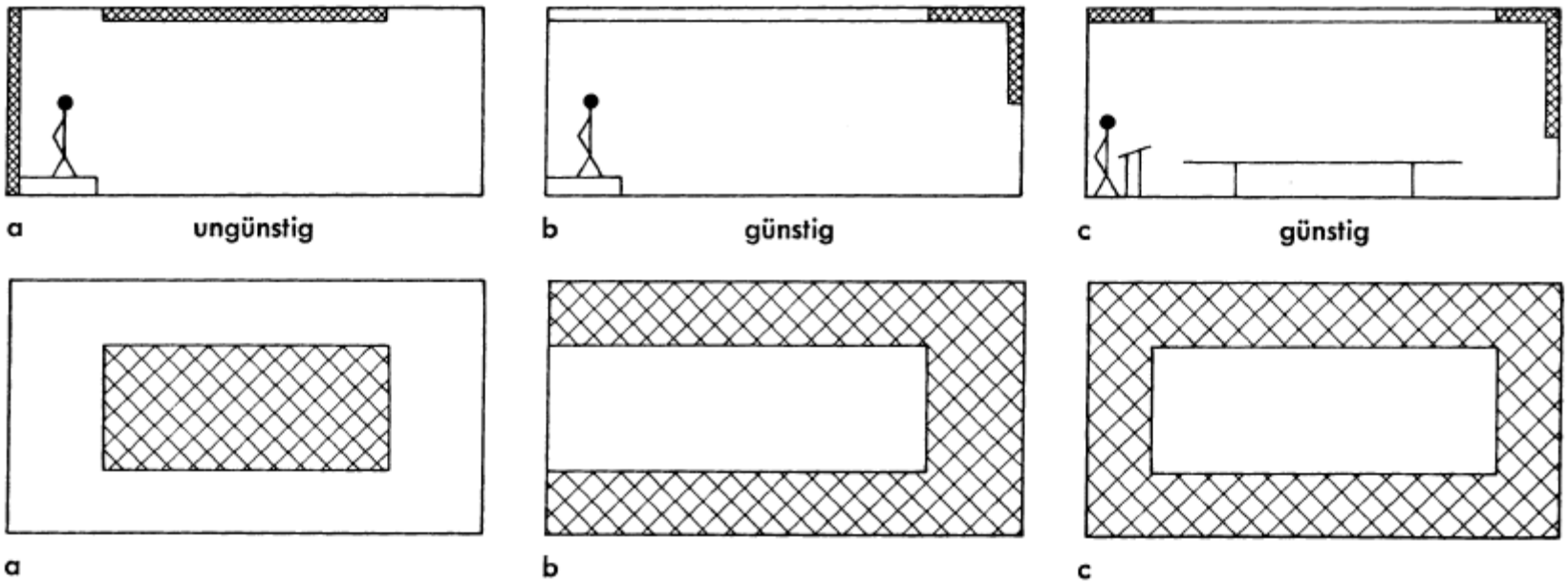


Bild 5 — Verteilung von Schallabsorptionsflächen für Räume kleiner bis mittlerer Raumgröße, z. B. Unterrichts- und Sitzungsräume (oben Aufrisse, unten Deckenuntersichten)

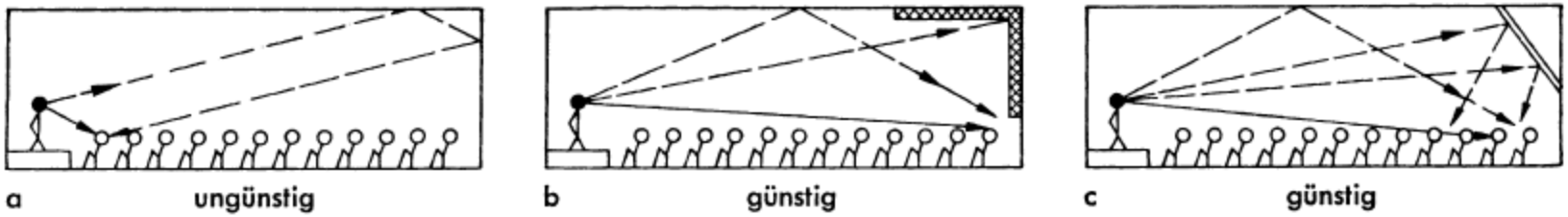


Bild 6 — Rückwandreflexion

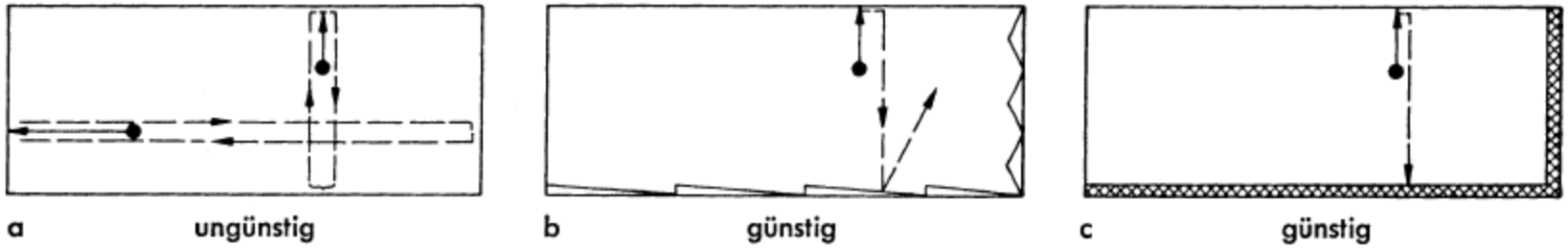


Bild 7 — Parallele Wände

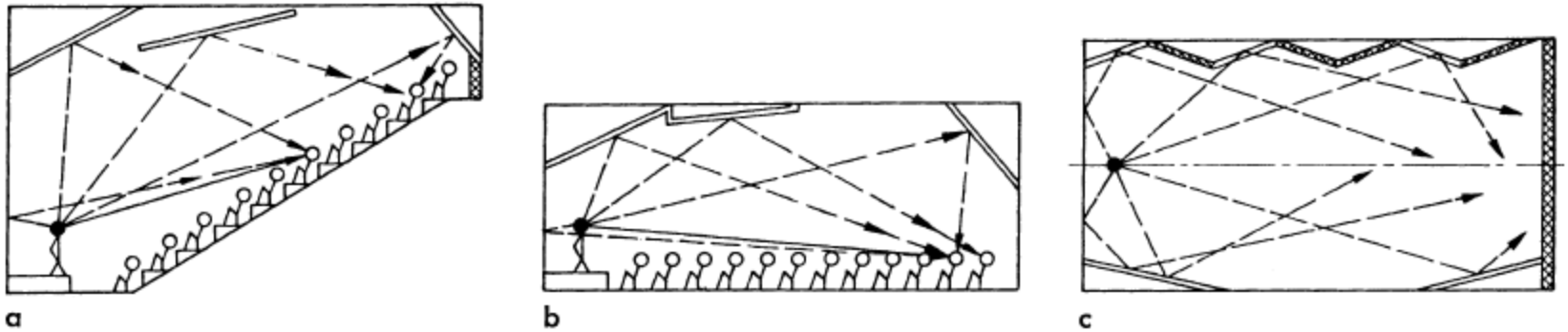
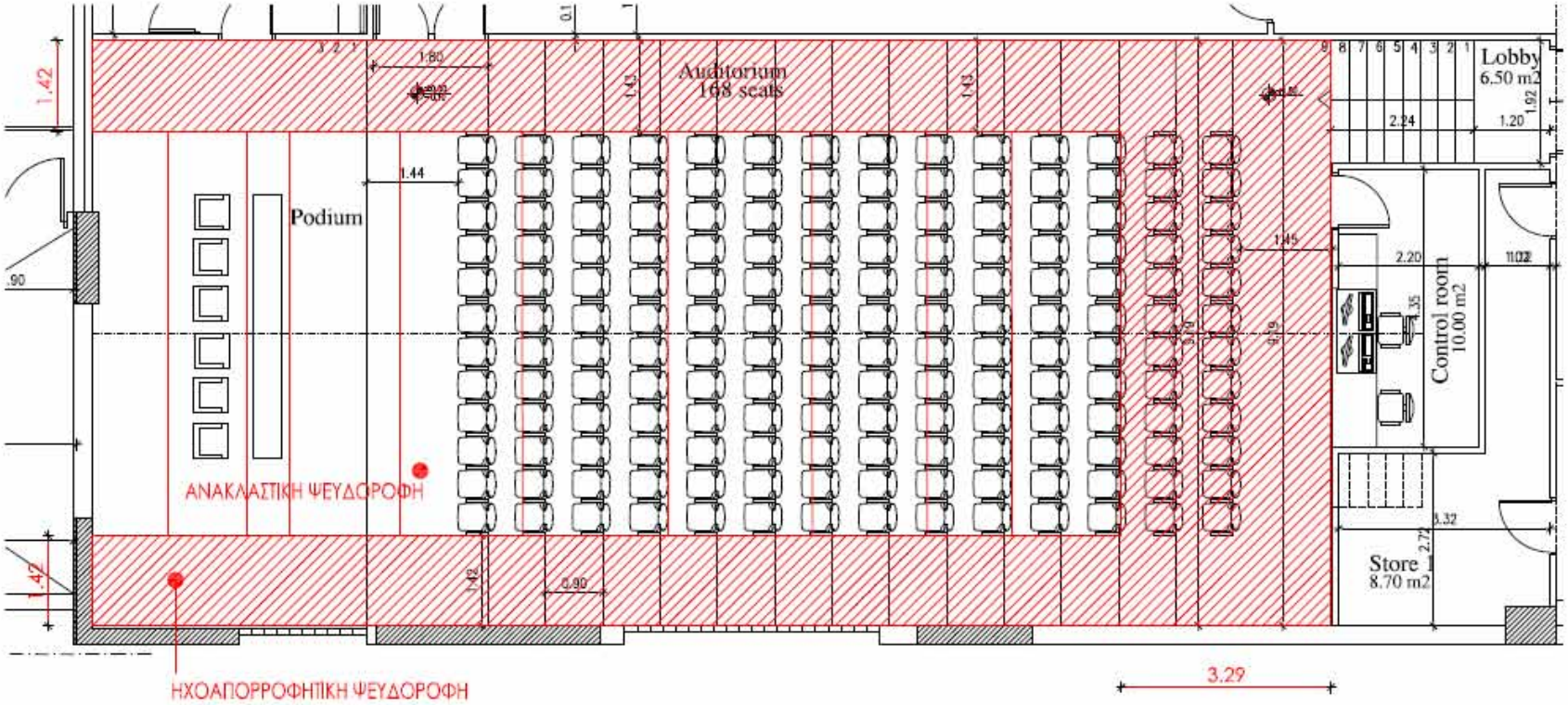
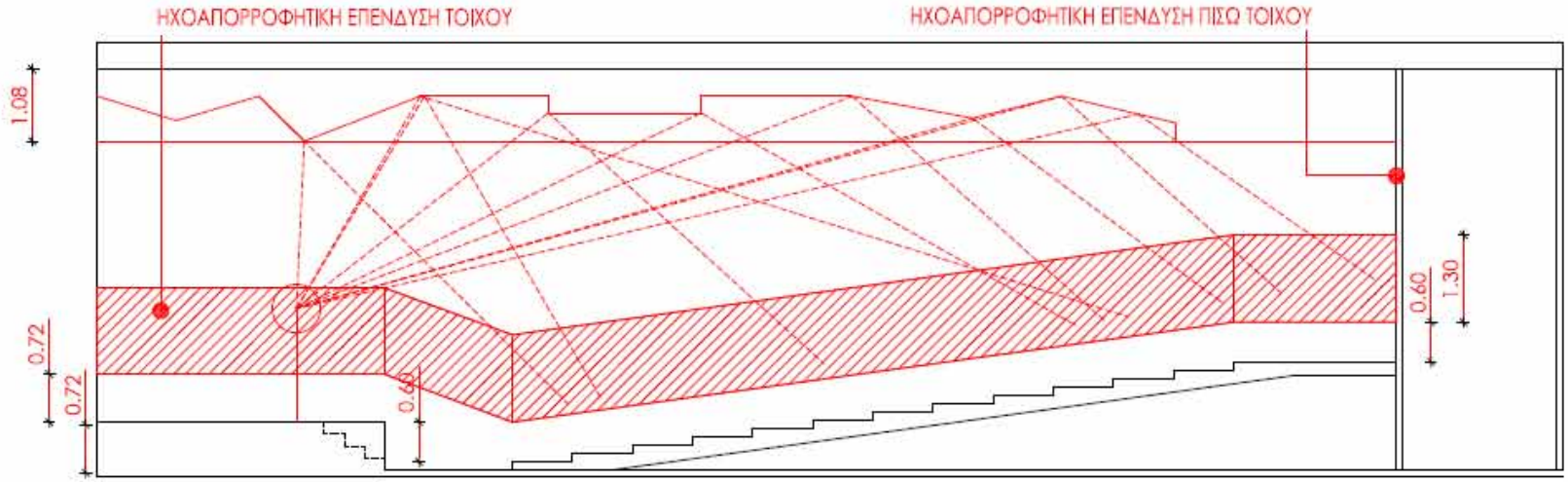


Bild 8 — Nützliche Reflexionen für den hinteren Raumbereich (a und b Aufrisse, c Grundriss)


Auditorium
168 seats
Lobby
6.50 m2
Podium
Control room
10.00 m2
Store
8.70 m2
ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΗ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗ
ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗ
3.29


ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΤΟΙΧΟΥ
ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΠΙΣΩ ΤΟΙΧΟΥ