



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών  
Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών



## Η Ακουστική άνεση στους χώρους γραφείων: Τυπολογία και Ζητήματα θορύβου Acoustic comfort in office spaces: typology noise and noise issues

Φοιτητής: Νικηφόρος Τσιαντούλας – Κουτσόπετρας  
Χανιά Οκτώβριος 2023

Επιβλέπων: Γιάννης Τσάρας



*Ευχαριστώ πολύ τους δικούς μου ανθρώπους για την στήριξή τους,  
καθώς και τον κ. Τσάρα για την πολύτιμη βοήθειά του  
καθόλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή .....	8
1.1 Σκοπός εργασίας: .....	8
1.2 Αντικείμενο εργασίας: .....	8
1.3 Μέθοδος έρευνας:.....	8
1.4 Ερευνητικά Ερωτήματα:.....	8
1.5 Περίληψη .....	8
1.6 Abstract .....	9
1.7.Λέξεις κλειδιά: .....	9



2. Χώροι γραφείων .....	10
2.1. Από το χώρο εργασίας στο χώρο γραφείου (από την παραγωγή στην παροχή υπηρεσιών) .....	10
2.2.Τυπολογίες Γραφείων. ....	12
2.3. Η ιδιωτικότητα στον γραφειακό χώρο. ....	19
3. Από τον ήχο στον θόρυβο .....	30
3.1. Η φυσιολογία του ήχου .....	30
3.2. Ο έλεγχος του ήχου σε κλειστούς χώρους .....	36
3.3. Τι είναι ο θόρυβος και πως τον αντιλαμβανόμαστε .....	37

3.4. Οι επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο .....	40
3.5. Ο θόρυβος σε γραφεία σύγχρονα παραδείγματα .....	41
<b>4. Η περίπτωση των γραφείων του Γ4 .....</b>	<b>44</b>
4.1. Γενική Περιγραφή.....	44
4.2.Μέτρηση.....	44
4.2.1. Περιγραφή Μέτρησης.....	44
4.2.2. Διάδρομος .....	45
4.2.3. Όμορο Γραφείο 2 .....	48
4.2.4. Παράπλευρο Γραφείο 3 .....	48

4.3. Χάρτης θορύβου εξωτερικού ήχου .....	50
4.3.1. Περιγραφή μέτρησης .....	50
4.3.2. Μετρήσεις στα σημεία .....	51
5. Συμπεράσματα .....	59
6. Βιβλιογραφία .....	60
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία .....	60
Έντυπη βιβλιογραφία .....	61
Πίνακας εικόνων .....	63

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Σκοπός εργασίας:

Ο θόρυβος σε ένα χώρο εργασίας αναδεικνύεται σε σημαντικό παράγοντα που καθορίζει ζητήματα ιδιωτικότητας παραγωγικότητας και ευεξίας. Σκοπός της εργασίας είναι να αναδείξει την ιδιαίτερη αυτή σχέση ανάμεσα στον θόρυβο και γενικότερα του ήχου στους κλειστούς χώρους και ειδικότερα στους χώρους γραφείων.

### 1.2 Αντικείμενο εργασίας:

Η εργασία διαπραγματεύεται ζητήματα θορύβου σε γραφειακούς χώρους. Ως εκ τούτου το αντικείμενο είναι διπλό: αφενός παρουσιάζεται και αναλύεται ο χώρος γραφείου (μορφή, εξέλιξη, τυπολογία, διατάξεις κλπ) αφετέρου ο ήχος και η συμπεριφορά αυτού σε κλειστούς χώρους. Η σύζευξη των δύο αντικειμένων εντοπίζεται στις επιπτώσεις του θορύβου μέσα στους χώρους γραφείων.

### 1.3 Μέθοδος έρευνας:

Η μέθοδος έρευνας της παρούσας εργασίας είναι βιβλιογραφική, διαδικτυακή και έρευνα πεδίου. Απαρτίζεται από ελληνική αλλά και ξένη βιβλιογραφία σχετικά με την ακουστική και την ακουστική συμπεριφορά κλειστών χώρων. Μέσω της κριτικής ανάγνωσης των στοιχείων μελέτης και της λεπτομερούς σύνθεσης ευρημάτων βιβλιογραφίας, αλλά και έρευνας πεδίου, προκύπτουν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα.

### 1.4 Ερευνητικά Ερωτήματα:

- Πως «λειτουργεί» ο ήχος και πως ορίζεται ο θόρυβος;
- Τι επιπτώσεις έχει ο θόρυβος στην υγεία και κατ' επέκταση την παραγωγικότητα του ανθρώπου;
- Πως επηρεάζεται ο χώρος εργασίας από τον θόρυβο;
- Πως η διάταξη γραφείων επηρεάζει την ιδιωτικότητα;

Πως επιτυγχάνεται απαραίτητη οπτική και ακουστική άνεση;

## 1.5 Περίληψη

Η παρούσα ερευνητική εργασία αναλύει τα ζητήματα ήχου και θορύβου στους χώρους γραφείων και αποτελείται από τρεις ενότητες:

Στην πρώτη, αναλύεται ο χώρος γραφείου όπως διαμορφώθηκε από τη βιομηχανική επανάσταση, όπου παρουσιάζεται τόσο η βασική τυπολογία γραφειακών χώρων, καθώς και ζητήματα οπτικής, ακουστικής άνεσης, και ιδιωτικότητας σε διατάξεις γραφείων.

Στη δεύτερη ενότητα εξετάζονται ζητήματα ήχου και θορύβου σε κλειστούς χώρους, και ειδικότερα το πως αυτά λειτουργούν στους χώρους γραφείων. Συγκεκριμένα, αναλύεται η συμπεριφορά και διάδοση του ήχου σε κλειστούς χώρους με παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών και νόμων. Έπειτα εξετάζεται ο θόρυβος, το πως τον αντιλαμβανόμαστε καθώς και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στην υγεία του ατόμου. Τέλος γίνεται αναφορά σε ζητήματα θορύβου με χαρακτηριστικά παραδείγματα για τους χώρους γραφείων.

Η τρίτη ενότητα έχει να κάνει με μετρήσεις για τη μετάδοση του ήχου στο

εσωτερικό του νέου κτιρίου γραφείων της αρχιτεκτονικής του ΠΚ, στο Γαλάζιο κτηριακό συγκρότημα. Οι μετρήσεις αφορούν τη μετάδοση ήχου από όμορα γραφεία, από κοινόχρηστο διάδρομο σε γραφείο και από το εξωτερικό του κτιρίου στο εσωτερικό γραφείου. Η ενότητα καταλήγει σε συμπεράσματα σχετικά με την αίσθηση θορύβου και την ηχητική άνεση στα γραφεία αυτά.

Συμπεράσματα παρουσιάζονται στο τέλος κάθε ενότητας χωριστά, ενώ στο τέλος της εργασίας γίνεται μια συνολική αποτίμηση.

## 1.6 Abstract

The paper analyses the sound and noise issues in office spaces. It consists of three sections:

The first section analyses the office space as it has been shaped since the industrial revolution, with a presentation of the basic typology of office spaces and issues of visual and acoustic comfort and privacy in office layouts.

The second section presents issues

of sound and noise in enclosed spaces, and in particular how they occur in office spaces. First, the behaviour and propagation of sound in enclosed spaces is analysed, with a presentation of the basic characteristics and laws. Then noise, how we perceive it and the effects it can have on human health are analysed. Finally, reference is made to noise issues especially in office spaces with typical examples.

The third section deals with measurements of sound transmission inside the new office building of the TUC, in the Blue building complex. The measurements concern sound transmission from adjacent offices, from a shared corridor to an office and from the outside of the building to the office interior. The section draws conclusions about noise sensation and sound comfort in these offices.

Conclusions are presented at the end of each section separately, with an overall assessment at the end of

the paper.

## 1.7.Λέξεις κλειδιά:

Χώρος γραφείου, τυπολογία γραφείων, ιδιωτικότητα, ακουστική άνεση, θόρυβος, ήχος σε κλειστούς χώρους

## 2. Χώροι γραφείων

### 2.1. Από το χώρο εργασίας στο χώρο γραφείου (από την παραγωγή στην παροχή υπηρεσιών)

Από την αρχή της οικονομικής ιστορίας του ανθρώπου οι συναλλαγές και κατ' επέκταση η εργασία πίσω από αυτές αποτελούσε κυρίαρχο στοιχείο κάθε κοινωνικής ομάδας. Μέχρι την βιομηχανική επανάσταση δεν είχε εδραιωθεί ο χώρος γραφείων όπως τον ξέρουμε σήμερα, καθώς οι εκάστοτε ανάγκες δεν το απαιτούσαν.

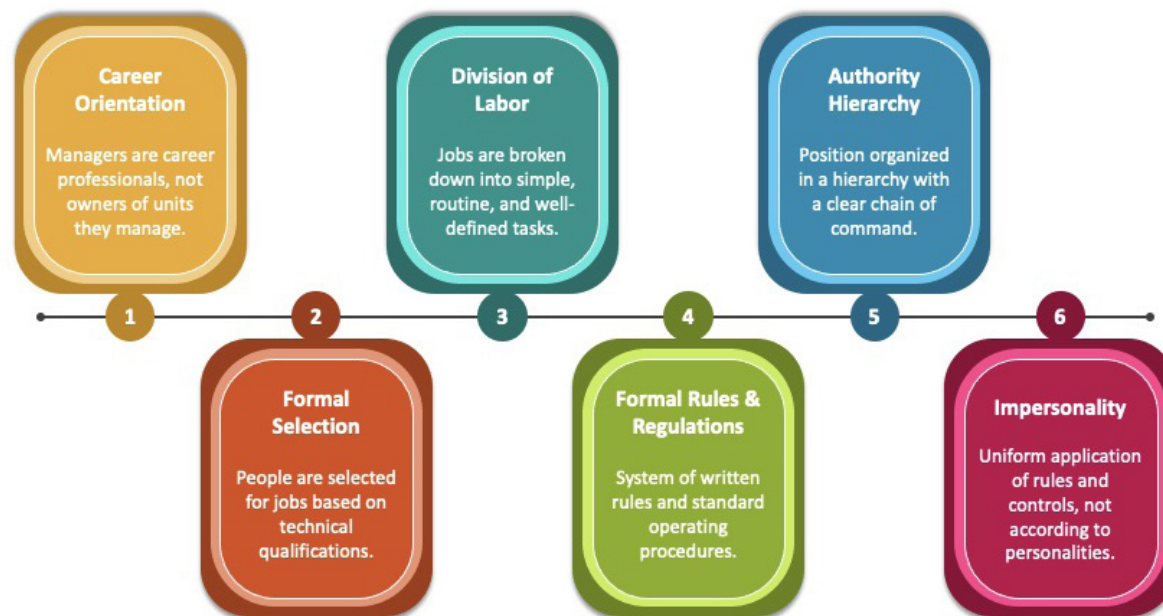
Αποτέλεσμα της βιομηχανικής επανάστασης ήταν η ραγδαία αύξηση του πλήθους των επαγγελματιών λόγω της ανάγκης για εξειδίκευση και αυτοματοποίηση, επομένως έπρεπε να διευρυνθεί περαιτέρω ο καταμερισμός των εργασιών<sup>1</sup>.

Αργότερα, στις μεταβιομηχανικές κοινωνίες, η πληροφορία αρχίζει να αποκτά κύριο ρόλο. Η μετάδοση πληροφοριών και γνώσεων θα αποτελέσουν κύριο εργαλείο για την πραγματοποίηση οικονομικών αλλά και κοινωνικών στόχων σε παγκόσμιο πλέον πλαίσιο. Ο **Jeremy Ruskin** θεωρεί αυτήν την περίοδο την τρίτη βιομηχανική επανάσταση. Αυτή,

υπό προϋποθέσεις, μπορεί να οδηγήσει σε μια θεμελιώδη αναδιάταξη των ανθρωπίνων σχέσεων σε επίπεδο ιεραρχίας, δημιουργώντας έτσι διαφορετικές οικονομικές δράσεις, δεδομένου ότι κατά το τέλος του 20<sup>ου</sup> και στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα η εργασία στρέφεται σε άλλες κατευθύνσεις από την διαδικασία παραγωγής.

Ο **Μαξ Βέμπερ**, Γερμανός κοινωνιολόγος, πρότεινε έναν νέο τρόπο οργάνωσης, την γραφειοκρατία. Σύμφωνα με τα λεγόμενα του, το σύστημα αυτό εκλογίκευε την κοινωνική οργάνωση. Από τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος αυτού, ήταν η επιλογή κατάλληλων εργαζομένων μέσω μιας αξιοκρατικής διαδικασίας, ώστε να ενταχθούν σε ένα σύστημα ιεραρχικής δομής και κανό-

### MAX WEBER BUREAUCRACY THEORY



Εικόνα 1. Οργανωτικό διαγραμμα γραφειοκρατίας του Max Weber, <https://www.collidu.com/presentation-max-weber-bureaucracy-theory>



νων. Τα άτομα αυτά, θα έχουν απρόσωπο χαρακτήρα και μεγάλου βαθμού εξειδίκευση ώστε να επιτευχθεί ένας καταμερισμός εργασιών (Εικόνα 1).

Ο **Frederick Winslow Taylor**, εισάγει τον όρο **Taylorism** και περιγράφει με λεπτομέρεια τους τρόπους με τους οποίους θα οργανώνεται η παραγωγική διαδικασία, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, ορίζει ένα σύστημα κάθετης και οριζόντιας οργάνωσης βασισμένο στην αρχή της εξειδίκευσης και χρησιμοποιώντας τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας. Στην οριζόντια οργάνωση σε κάθε εργαζόμενο ανατίθεται το μέρος της εργασίας που του αναλογεί, ενώ στην κάθετη διαχωρίζεται η διεύθυνση των σταδίων από στελέχη της επιχείρησης, από απλές αναθέσεις και εκτέλεση από χαμηλόβαθμους εργαζόμενους. Αυτή η μελέτη, μέχρι το 1920, αποτέλεσε τη βάση των επιστημονικών μεθόδων διαχείρισης του εργασιακού περιβάλλοντος.

Ο **Henry Ford**, κατάφερε μέσω της σύνδεσης του συστήματος παραγωγής με την ανάπτυξη μαζικών αγορών να εφαρμόσει στην πράξη τις παραπάνω



*Εικόνα 2. Γραμμή παραγωγής εργοστασίου Ford Motor Company, Frederick Winslow Taylor*

πρακτικές. Δημιούργησε ένα νέο σύστημα γραμμικής παραγωγής βασισμένο στη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων σε απλές επαναλαμβανόμενες κινήσεις (Εικόνα 2). Αύξησε επομένως τον ρυθμό παραγωγής των προϊόντων καθώς σε κάθε εργαζόμενο είχε ανατεθεί μια συγκεκριμένη ασχολία.



Η οργάνωση των χώρων εργασίας, εκτός των άλλων, απορρέει και από την επικρατούσα αντίληψη σχετικά με το ρόλο του εργαζομένου στην παραγωγική διαδικασία. Στις ημέρες μας τόσο λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων, όσο και της έμφασης σε παροχή υπηρεσιών, που αφορούν άυλα προϊόντα, έχει καταδειχθεί η σημασία του εργαζομένου στη διαδικασία αυτή. Ήδη από τη δεκαετία του 1930 μια σειρά πειραμάτων που διεξήγαγε ο Elton Mayo οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι δείκτες της παραγωγικότητας θα σημείωναν ανοδική πορεία, αν λαμβάνονταν υπόψη οι δεξιότητες των υπαλλήλων, εξασφαλιζονταν καλύτερες συνθήκες εργασίας, υπήρχε ουσιαστική επικοινωνία μεταξύ προϊσταμένων και υφισταμένων, καθώς και συμμετοχή στη λήψη των αποφάσεων.

Οι ιδιαιτερότητες στην απασχόληση, όπως τα αυξανόμενα ποσοστά της ανεργίας, η μερική απασχόληση, η ρευστότητα στον επαγγελματικό χώρο με την κατάργηση πολλών επαγγελμάτων και τη δημιουργία άλλων, σήμερα αφορούν την ευέλικτη εργασία (ειδικά μετά την πανδημία), που δεν απαιτεί τη φυσική παρουσία του εργαζομένου στο χώρο της εργασίας. Οι αλλαγές όμως αυτές

δεν αναιρούν το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό εργαζομένων απασχολείται στον τομέα της παροχής υπηρεσιών και άρα την απασχόληση σε χώρους γραφείων.

Ο τομέας αυτός, της παροχής υπηρεσιών, αφορά άυλα αγαθά, και εκτείνεται σε όλο το εύρος των σύγχρονων κοινωνιών, διοικητικό, οικονομικό, πολιτιστικό, εκπαιδευτικό, υγειονομικό, ασφαλιστικό, δικαιοσύνης, αναψυχής και μεταφορών. Η παρουσία εργαζομένων στον τομέα αυτό συμπίπτει με τη βιομηχανική επανάσταση το τελευταίο τέταρτο του 19<sup>ου</sup> αιώνα, και σημειώνει ανοδική πορεία τον 20<sup>ο</sup> αιώνα ειδικά μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Αν και όπως επισημάνθηκε υπάρχει μείωση ή τουλάχιστον έντονη διακύμανση του ποσοστού αυτού, εντούτοις αφορά ένα μεγάλο αριθμό εργαζομένων ειδικά στις αναπτυγμένες χώρες.

Στο ποσοστό αυτό θα πρέπει να συμπεριληφθούν φυσικά και οι γυναίκες εργαζόμενες καθώς η προσμέτρησή τους τους στον εργασιακό χώρο δεν ήταν πάντα αυτονόητη. Ενώ η διαχείριση του νοικοκυριού τους παρείχε δεξιότητες που επέτρεπαν τη συμμετοχή στην

οικογενειακή επιχείρηση, από τη στιγμή που διαχωρίστηκε ο χώρος εργασίας από αυτός του οίκου, επέστρεψαν στα οικιακά τους καθήκοντα. Η μικρή παρουσία τους στον εργασιακό χώρο αργότερα αφορούσε υπηρεσίες χαμηλής κλίμακας. Η μείωση του άρρενος πληθυσμού λόγω των δύο Παγκοσμίων πολέμων συνέτεινε στην αύξηση του ποσοστού των εργαζόμενων γυναικών, χωρίς όμως τα στερεότυπα σχετικά με την αξία των γυναικών να έχουν ανατραπεί, ακόμα και στις ημέρες μας, με αντίκτυπο στα ποσοστά της γυναικείας απασχόλησης, το είδος και την ποιότητα της εργασίας, και κυρίως τις αμοιβές.

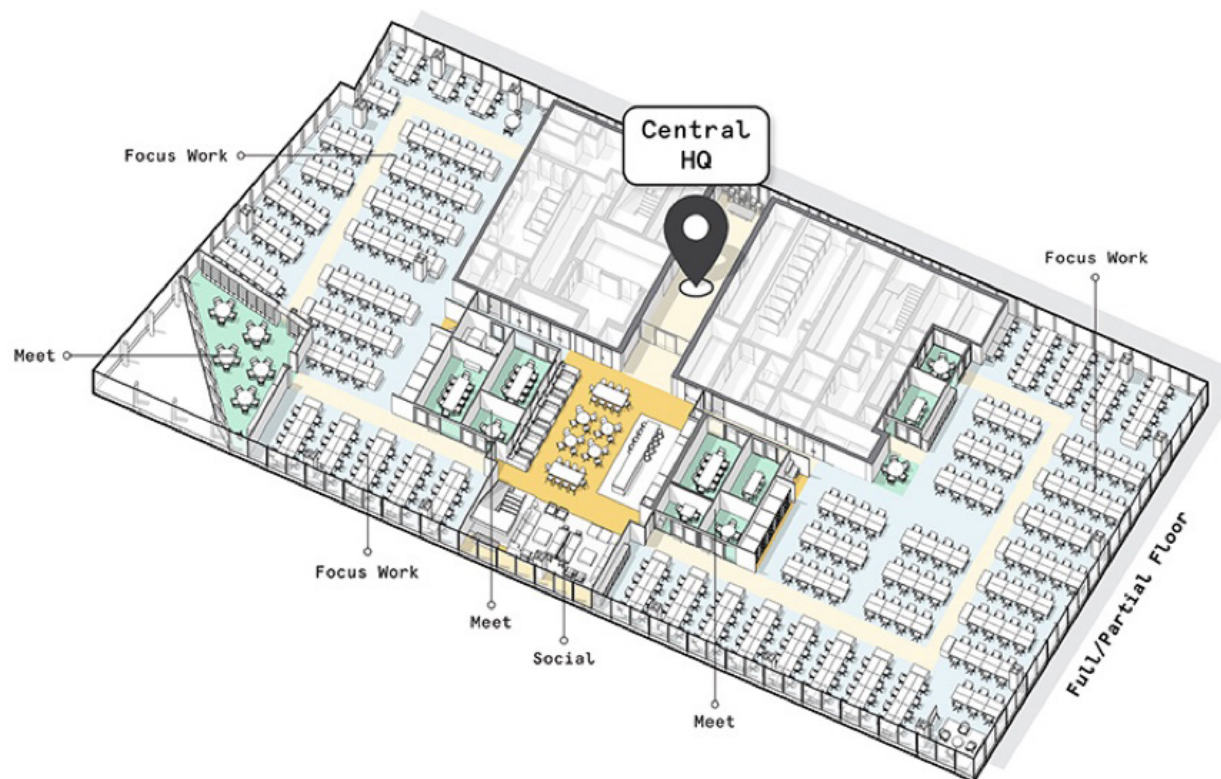
Η στεγαστική ανάγκη της εργασίας πολλών (όλο και περισσότερων) υπαλλήλων οδήγησε στη διαμόρφωση ειδικών (εξειδικευμένων) χώρων, τα γραφεία.

## 2.2.Τυπολογίες Γραφείων.

### Γραφείο ανοιχτής διάταξης (open plan office)

Μία αρχική προσέγγιση αναφορικά με τη διαμόρφωση του χώρου εργασίας

εμφανίστηκε στην Βορεία Αμερική αλλά και στις παραδοσιακές βιομηχανικές χώρες στις αρχές του 20ου αιώνα. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι οι μεγάλοι ενιαίοι χώροι με επιφάνειες εργασίας τοποθετημένες πάνω σε κάναβο. Ο όρος *bullpen*, περιγράφει ακριβώς αυτήν την τυπολογία γραφείων αναφερόμενος κυρίως στην δομή της εργασίας και στο γεγονός ότι όλοι δουλεύουν στον ίδιο χώρο ανεξαρτήτως θέσης στην πυραμίδα οργάνωσης της εταιρίας. Οι χώροι αυτοί είναι, κατά αναλογία με μια βιομηχανική μονάδα, εξαιρετικά θορυβώδεις, καθώς η παρουσία πολλών υπάλληλων σε ενιαίο χώρο οδηγεί σε υψηλή ηχητική στάθμη, που εκλαμβάνεται ως όχληση. Η απλότητα και η έλλειψη διακοσμητικών στοιχείων καθώς και η εμφανής παρουσία όλων των εγκαταστάσεων μηχανολογικού ή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ήταν χαρακτηριστική στον ενιαίο αυτό χώρο, όπου πρωταρχικός στόχος ήταν η παραγωγή και όχι οι συνθήκες εργασίας. Το διαχωρισμό των τμημάτων εξασφάλιζε είτε η φορά τοποθέτησης των επίπλων (οριζόντια ή κάθετη) είτε η παρεμβολή βοηθητικών επίπλων, όπως βιβλιοθήκες ή αρχειοθήκες οι οποίες οργάνωσαν το χώρο σε υποενότητες, τους σταθμούς



Εικόνα 3. Αξονομετρικό ανοιχτής διατάξης γραφείου <https://www.wework.com/ideas/workspace-solutions/flexible-products/a-look-at-one-office-floor-plan-transformed>

εργασίας (cubicles). Τα cubicles μπορεί να φέρουν χαμηλό ψηλό ή και καθόλου διαχωριστικό ανάμεσα από τον όμορο σταθμό (high, low cubicles)(Εικόνες 3 και 4)

Οι ελάχιστοι κλειστοί χώροι αφορούν το διοικητικά ανώτερο προσωπικό (προϊσταμένους και διευθυντές) καθώς και τις αίθουσες συνεδριάσεων και αντανακλούν την εργασιακή πυραμίδα: λίγοι στην κορυφή υπεύθυνοι για την λήψη των αποφάσεων, σε αντιδιαστολή με τους πολλούς που απασχολούνται στην βάση της παραγωγής.





Εικόνα 4. Ανοιχτή διάταξη γραφείου σε χρήση. <https://www.mute.design/2021/12/07/open-office-concept-fixed/>

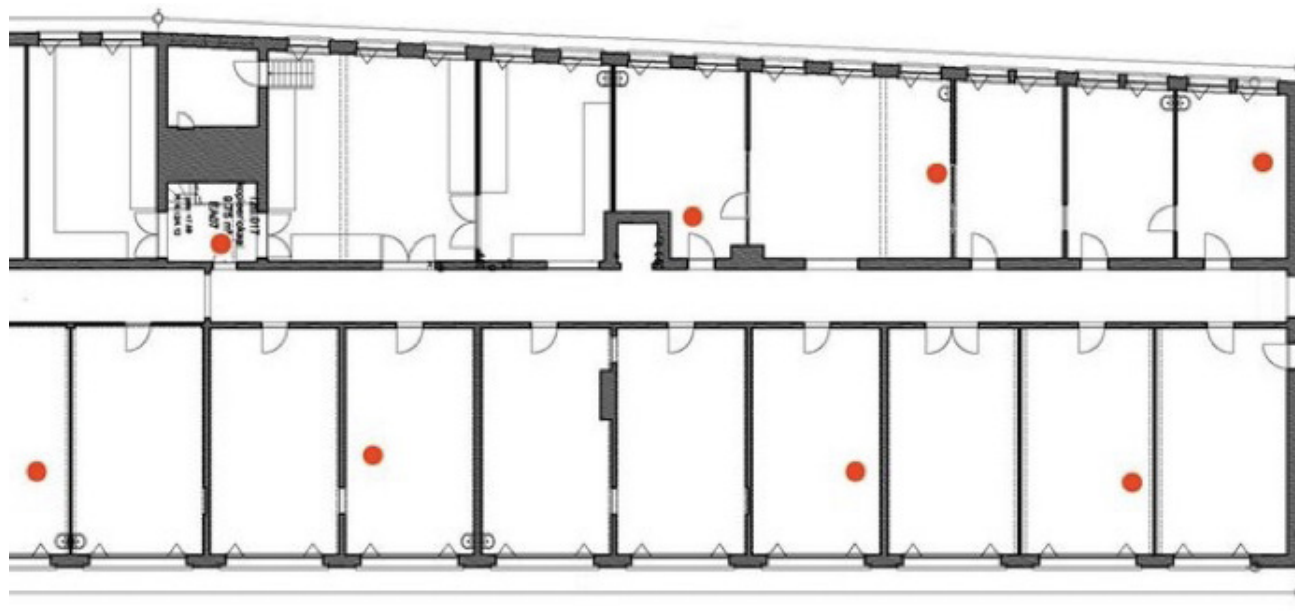
Η οριοθέτηση του ανοικτού, ενιαίου χώρου με τους κλειστούς χώρους παρουσιάζει διάφορες παραλλαγές: Τα κλειστά γραφεία τοποθετούνται περιμετρικά της κάτοψης με φυσικό φωτισμό ενώ ο χώρος των κατώτερων υπαλλήλων καταλαμβάνει το κέντρο της κάτοψης με τεχνητό φωτισμό ( διάταξη μαντρί). Στον αντίποδα κινείται η αντίληψη που τοποθετεί στον πυρήνα το χώρο των υψηλόβαθμων στελεχών και περιμετρικά τους υπόλοιπους υπαλλήλους σε χώρους στην φυσικά φωτιζόμενη περίμετρο του κτιρίου.

## Διάταξη κλειστών γραφείων ή κλειστών γραφείων σε διάδρομο (Corridor office ή cell office)

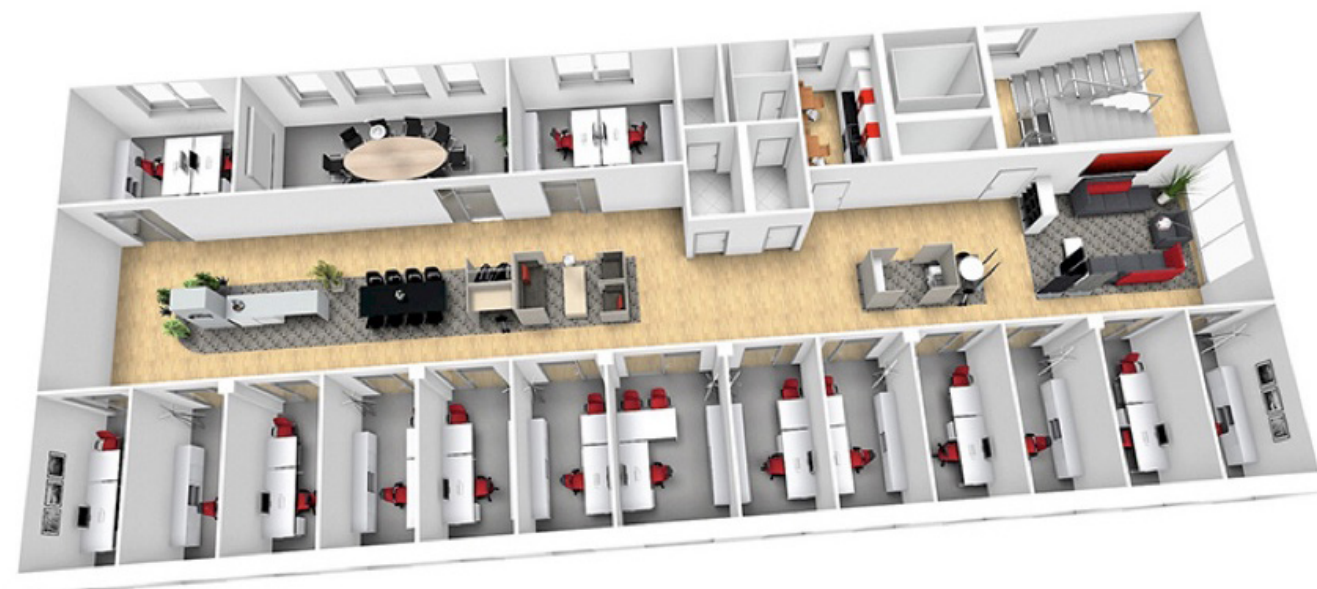
Μια διαφορετική αντίληψη για τη διευθέτηση του χώρου των γραφείων είναι αυτή του κλειστού, μικρού ιδιωτικού χώρου. Αυτή τη διάταξη του χώρου τη συναντούμε κυρίως στην Ευρώπη, όπου τουλάχιστον μέχρι το 1960 (για τις χώρες του ευρωπαϊκού Νότου αργότερα) δεν κατασκευάστηκαν χώροι ειδικά για γραφεία, αλλά μετασχηματίστηκαν υφιστάμενοι χώροι που αρχικά είχαν άλλη χρήση. Πίσω από την οργάνωση των χώρων αυτών σε γραφεία, κρύβεται η φιλοσοφία που χαρακτηρίζει και τους χώρους κατοικίας, η ύπαρξη δηλαδή προσωπικού χώρου και ιδιωτικότητας και κατά συνέπεια η δυνατότητα απομόνωσης. (Εικόνα 5)

Οι χώροι των γραφείων τοποθετούνται πίσω από πολλές κλειστές πόρτες κατά μήκος ενός διαδρόμου χωρίς – κατά κανόνα- φυσικό φωτισμό. Στις πόρτες αναρτώνται επιγραφές που δηλώνουν την υπηρεσία ή τα ονόματα των υπαλλήλων. Φιλοξενούν ένα υπάλληλο ή μια μικρή ομάδα ατόμων που συνεργάζονται . Αρχικά τα γραφεία χωρί-

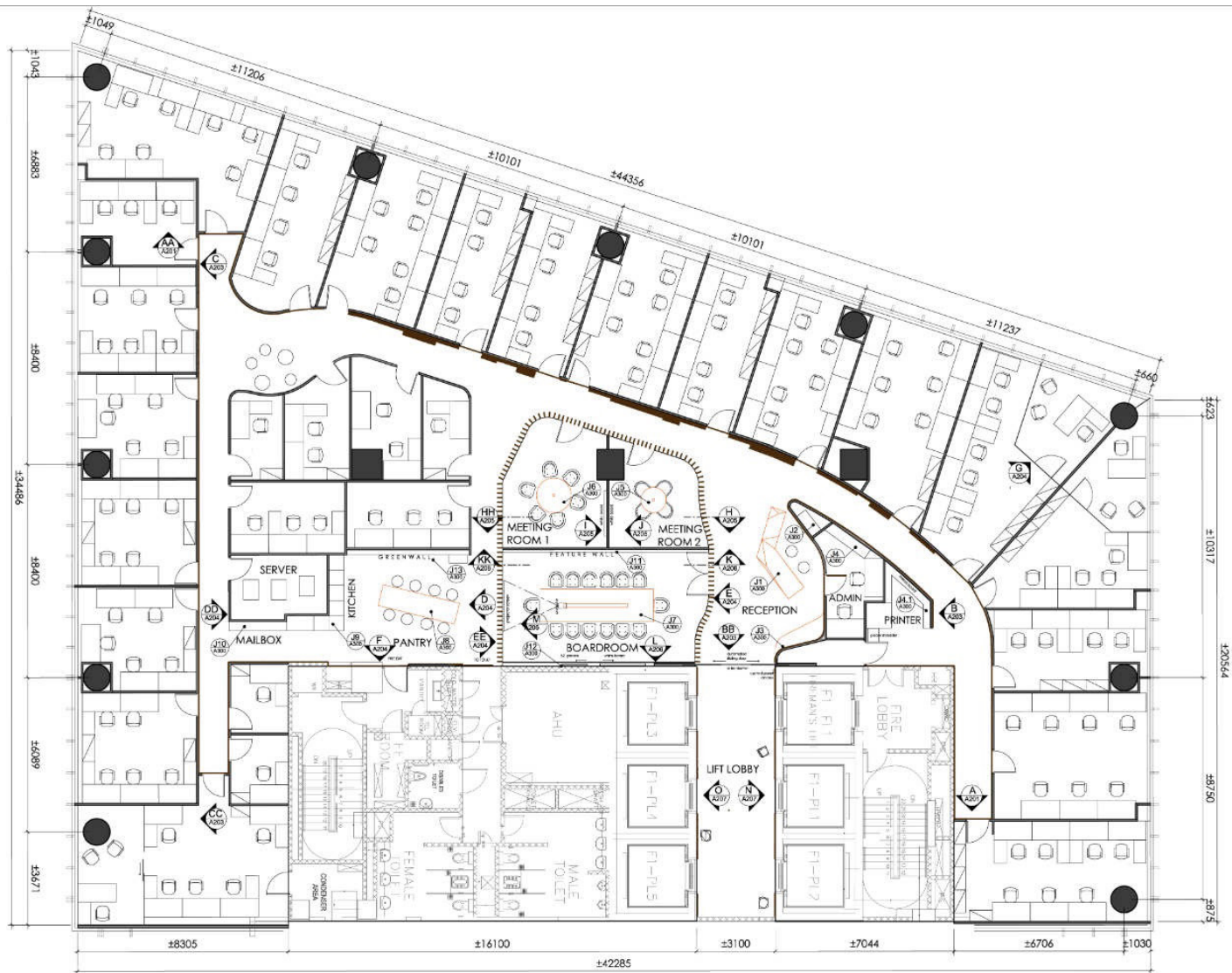
Εικόνα 5. Κάτοψη γραφείων σε διάδρομο  
<https://www.researchgate.net/publication/335648584> How to get the best out of your fingerprint database hierarchical fingerprint indoor positioning for databases with variable density/figures?lo=1



Εικόνα 6. 3D κλειστής διάταξης γραφείων  
<https://iba.online/knowledge/en/raeumepflanen/bueroformen/>







Εικόνα 7. Corridor office, <https://www.archdaily.com/210831/apbcoffices-asylum/5005bdd-928ba0d077900178c-apbcoffices-asylum-floor-plan>

ζονται μεταξύ τους με σταθερή τοιχοποιία, στη συνέχεια όμως απαντάται και πιο ελαφρά δόμηση (π.χ. γυψοσανίδες) που μπορεί να συνοδεύεται και από διαφανή στοιχεία, σε όλο όμως το ύψος του τοίχου σε αντίθεση με τα cubicles.

Τα πολλά γραφεία σε διάδρομο λοιπόν αποτελούν χαρακτηριστική εικόνα των Ευρωπαϊκών δημοσίων υπηρεσιών όπως διαμορφώθηκαν κυρίως μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο (δεκαετία 1950), όταν η αύξηση των υπηρεσιών οδήγησε και σε αύξηση της ανάγκης για χώρους γραφείων. Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής παράδοσης υπήρξε μια έξυπνη διαχείριση των μεγάλων διαδρόμων με ενδιάμεσους χώρους στάσης και εργασίας, ώστε να μην ακυρωθούν τα θετικά στοιχεία που εξασφάλιζε ο προσωπικός χώρος εργασίας των κλειστών γραφείων. (Εικόνα 6)

Στα θετικά στοιχεία της χρήσης ενός ιδιωτικού χώρου γραφείου συγκαταλέγεται βάση και της φιλοσοφίας αυτής της οροθέτησης, η αυτονομία, η ιδιωτικότητα και η απομόνωση. Ο υπάλληλος έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται το χώρο του όπως το επιθυμεί όσον αφορά το φωτισμό, τη θέρμανση ή ψύξη, να απομονώσει κάποιους θορύβους κλείνοντας την πόρτα, να δίνει μια ιδιαίτερη «πινελιά», διακοσμώντας το χώρο με προσωπικά αντικείμενα (φωτογραφίες, φυτά), κάτι που δημιουργεί μια αίσθηση ψυχολογικής άνεσης. Η εξειδίκευση των επιμέρους χώρων μπορεί να υπάρχει και στις προδιαγραφές του

οργανισμού / υπηρεσίας που εκμεταλλεύεται το κτίριο και να προκαλεί θετικά ερεθίσματα σε υπαλλήλους και επισκέπτες.

Αρνητικό στοιχείο αυτής της διάταξης αποτελεί το γεγονός ότι μεγάλο μέρος του χώρου καταλαμβάνεται από διαδρόμους, πόρτες και τοιχοποιία και επιπλέον είναι δύσκαμπτος και δύσκολος σε οποιαδήποτε μετατροπή. Αυτό συνιστά συχνά ανυπέρβλητο εμπόδιο για τυχόν αλλαγές στον αριθμό των υπαλλήλων ή γενικότερα στη χρήση του γραφείου. Παρατηρείται το φαινόμενο μεγάλος αριθμός υπαλλήλων να συνωστίζεται σε μικρούς χώρους ή απαραίτητος εξοπλισμός να μεταφέρεται σε διαδρόμους ή άλλα γραφεία, με συνέπεια τη συνεχή μετακίνηση των υπαλλήλων και την προβληματική επικοινωνία μεταξύ υπαλλήλων και τομέων. Ο έλεγχος της προόδου της εργασίας επίσης καθίσταται χρονοβόρος, όταν οι προϊστάμενοι υποχρεούνται να επισκέπτονται πολλούς διαφορετικούς χώρους. Τέλος, οποιαδήποτε προσπάθεια μετατροπής συνεπάγεται, κατά κανόνα, αχρήστευση του χώρου για ικανό χρονικό διάστημα και συνεπώς και δυσλειτουργία της υπηρεσίας/ οργανισμού.(Εικόνα 7)

## Διάταξη γραφείων τοπίου (landscape office, Burolandschaft)

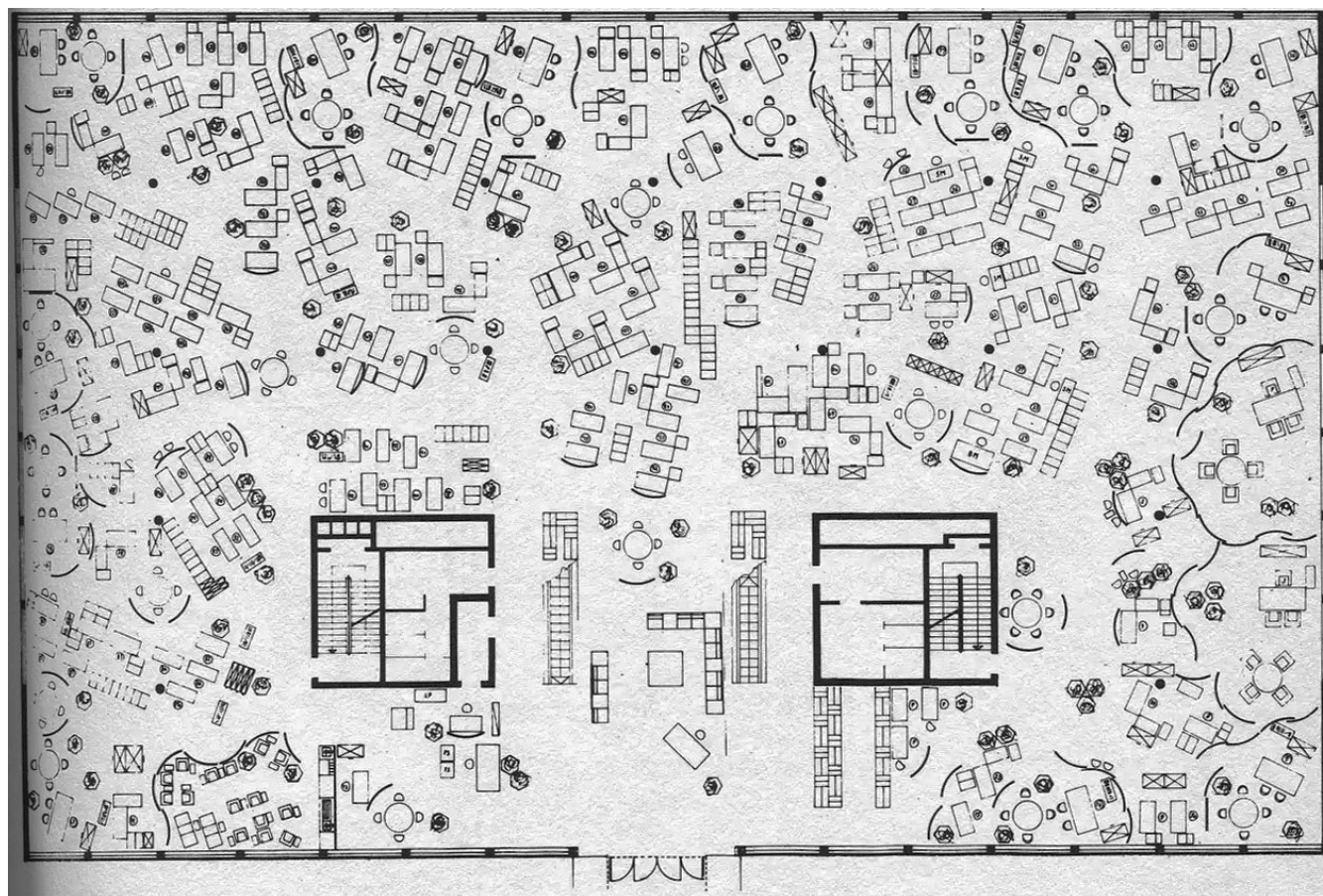
Κλειστό γραφείο	Ανοικτό γραφείο
<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Η αυτονομία του υπαλλήλου	Η ισοπέδωση της ατομικότητας
Η ιδιωτικότητα	Οι οχλήσεις και οι παρεμβολές
Ο έλεγχος των συνθηκών στο περιβάλλον	Η μη κυριαρχία στον χώρο, η μη ρύθμιση των συνθηκών που επικρατούν
Η δυνατότητα οικειοποίησης	Η αδυναμία εξοικείωσης με τον χώρο
Η αναγνώριση της θέσης στην ιεραρχία	Η ιεραρχία δεν καθίσταται προφανής
Η ποικιλομορφία	Η ομοιομορφία
Τα ικανοποιητικά επίπεδα φυσικού φωτισμού	Ο μειωμένος ή ελλιπής φυσικός φωτισμός ανάλογα με το μέγεθος ή την τοποθέτηση των χώρων.
Τα υψηλά επίπεδα ικανοποίησης από το εργασιακό περιβάλλον	Τα χαμηλά επίπεδα ικανοποίησης από το εργασιακό περιβάλλον
<b>Μειονεκτήματα</b>	<b>Πλεονεκτήματα</b>
Η ακαμψία του χώρου	Η ευελιξία και οι ελεύθερες διατάξεις
Η κατασπατάληση του χώρου	Η μέγιστη εκμετάλλευση του διατιθέμενου χώρου
Η αδυναμία προσαρμογής των χώρων	Η απλούστατη τροποποίηση των χώρων
Η δαπανηρή αναπροσαρμογή χώρων	Η ανέξοδη αναπροσαρμογή των χώρων
Οι υπερβολές στη χρήση των μέσων εσωτερικής επικοινωνίας	Η εύκολη επικοινωνία πολλές φορές χωρίς καν τη χρήση μηχανικών μέσων
Η δυσκολία στην επίβλεψη των υπαλλήλων	Η διακριτική επίβλεψη των υπαλλήλων

Μια ενδιάμεση κατάσταση αποτελεί η αντίληψη που αναπτύχθηκε στην Αμερική ως απόρροια της εισαγωγής της αρχιτεκτονικής εσωτερικών χώρων ως ξεχωριστού πεδίου σχεδιασμού κατά τη δεκαετία 1940- 1950. Η αισθητική των εσωτερικών χώρων αλλάζει με έμφαση στην επίπλωση, στα υφάσματα, στις επενδύσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της αρχιτέκτονος Florence Knoll, η οποία θεωρεί ότι έργο της αρχιτεκτονικής εσωτερικών χώρων δεν είναι μόνο η



διακόσμηση των χώρων αλλά κυρίως η δημιουργία τους. Η Knoll κινείται στη λογική του κλειστού συστήματος οργάνωσης του χώρου, μια και στόχος της είναι η ανάδειξη κάθε εργαζομένου ως ξεχωριστής μονάδας και η άνεσή του. Παρόλο που υπάρχουν στοιχεία της διάταξης των κλειστών χώρων, η αντίληψη αυτή δεν ακολουθείται καθ' ολοκληρία μια και τα διαχωριστικά των χώρων δεν καλύπτουν όλο το ύψος, ώστε να απομονώσουν απολύτως ένα χώρο.

Μια τρίτη αντίληψη διαμορφώθηκε στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη (Γερμανία, Σκανδιναβικές χώρες) στα τέλη της δεκαετίας 1950, όταν έχει ήδη αυξηθεί η εμπορική αξία των χώρων γραφείων, σε μία προσπάθεια να συγκεραστούν τα θετικά των δύο άλλων αντιλήψεων (ανοικτού και κλειστού χώρου γραφείων) και να ελαχιστοποιηθούν τα αρνητικά. Μια και υπήρχε η σχετική δυναμική λοιπόν, τέθηκαν διάφορα θέματα προς διερεύνηση, ώστε οι προβληματισμοί να καταλήξουν στα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Μελετήθηκαν διάφορες παράμετροι τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές από τις οποίες εξαρτάται η καλύτερη οργάνωση και λειτουργία του χώρου των γραφείων. Πόσο ο κλει-



Εικόνα 8. Landscape office, <https://archinect.com/forum/gallery/57824217/1/office-landscape-quickborner-team-late-60-s-70-s>

στός χώρος επηρεάζει το οργανόγραμμα λειτουργίας, πόσο επιβαρύνει η εσωτερική επικοινωνία, αλλά και οι ανάγκες σε εξοπλισμό, έπιπλα και γενικότερα εργονομικό σχεδιασμό. Από την άλλη έχει γίνει σαφής η αξία της ανθρώπινης μονάδας, που πρέπει να υποστηριχθεί στον εργασιακό χώρο, ώστε να υπάρχουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα στην παραγωγική διαδικασία. Η διαπίστωση αυτή φυσικά δεν αφορά μόνο τους ερευνητές, αλλά και τους ίδιους τους εργαζόμενους, που δια-



πραγματεύονται όχι μόνο υψηλότερες αμοιβές, αλλά και καλύτερες συνθήκες εργασίας.(Εικόνα 8)

### 2.3. Η ιδιωτικότητα στον γραφειακό χώρο.

Από τις διατάξεις γραφείων που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα η πιο συνήθης διάταξη στην σύγχρονη εποχή είναι η ανοιχτή διάταξη γραφείων ή αλλιώς open plan. Αυτό παρότι διευκολύνει τις ομάδες να δουλεύουν μαζί, προξενεί ταυτόχρονα προβλήματα, τα οποία έχουν να κάνουν με την ιδιωτικότητα των υπαλλήλων. Ορίζοντας την ιδιωτικότητα στο κοινωνικό σύνολο τυπικά δίνεται έμφαση σε δύο κεντρικά θέματα: Τον έλεγχο των και την ρύθμιση της αλληλεπίδρασης<sup>2</sup>. Θεωρίες γύρω από ο θέμα της ιδιωτικότητας αναφέρουν ότι η κύρια λειτουργία της είναι να διατηρήσει την ατομική ταυτότητα του καθενός, δημιουργώντας προσωπικά όρια<sup>3</sup>.

Ο όρος ιδιωτικότητα σε εργασιακά περιβάλλοντα κυρίως έχει να κάνει με την ρύθμιση της αλληλεπίδρασης, στοιχείο το οποίο εμπεριέχει και την συναλλαγή

και την διαχείριση της πληροφορίας. Ο **Sundstrom**<sup>4</sup> θεωρεί ότι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τον έλεγχο της πληροφορίας και την ικανότητα να ρυθμίσουν την αλληλεπίδραση με σκοπό να καταφέρουν να μετριάσουν προσωρινά την συναλλαγή τους με άλλους ανθρώπους.

Η ιδιωτικότητα διαχωρίζεται με βάση ορισμένους παράγοντες. Από τη μία η ιδιωτικότητα ομιλιών που αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να συνομιλεί στον εργασιακό χώρο χωρίς να ακούγεται και να γίνεται αντιληπτό από άτομα εκτός του εργασιακού χώρου. Από την άλλη, η ακουστική ιδιωτικότητα αναφέρεται στην ιδιωτικότητα της ομιλίας αλλά και την απομόνωση από περιβαλλοντικούς θορύβους, είτε ενδογενείς είτε εξωγενείς. Τέλος η οπτική ιδιωτικότητα ορίζεται από την απομόνωση από την ανεπιθύμητη παρατήρηση. Η οπτική και η ακουστική ρύθμιση της ιδιωτικότητας βοηθά στο να διατηρηθεί το ιδανικό επίπεδο κοινωνικής επαφής που χρειάζονται οι άνθρωποι στους χώρους γραφείων.

4 Sundstorm E., Sundstorm M.G., (1986). Work Places: The Psychology of the Physical Environment in Offices and Factories. USA: Press Syndicate of the University of Cambridge

Η ιδιωτικότητα παρέχει στους εργαζόμενους μια ιδέα αυτονομίας. Όταν οι άνθρωποι νιώθουν εμπιστοσύνη ότι μπορούν να έχουν ιδιωτικές συνομιλίες και να δουλεύουν χωρίς να τους αποσπάται η προσοχή, πολλές φορές είναι πιο παραγωγικοί<sup>5</sup>.

Προκειμένου επομένως να διατηρηθεί η ιδιωτικότητα θα πρέπει είτε να γίνει παρέμβαση στην πηγή, είτε στην διαδρομή του ήχου, είτε να γίνει αναπαραγωγή ήχου που να υπερκαλύπτει αυτές τις συχνότητες. Το πιο σύννηθες σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να τοποθετούνται κάθετα πάνελ διαχωριστικά ανάμεσα στα γραφεία. Παρόλα αυτά λόγω του φαινομένου τις περίθλασης που αναφέραμε πιο πριν, ο ήχος περνάει από πάνω. Επιπλέον η οροφή λειτουργεί ως ανακλαστήρας στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει ηχοαπορροφούμενη επιφάνεια.

Άλλοι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί ιδιωτικότητα ειδικά σε χώρους ανοιχτών γραφείων είναι είτε εντάσσοντας χώρους απομόνωσης, όπως γραφεία, αίθουσες συσκέψεων

5 Katie Keahey, Denver 2021, <https://www.eua.com/media/expert-insights/maintaining-privacy-in-open-offices/>

κλπ όπου μπορεί μια μερίδα του προσωπικού να δουλέψει χωρίς την όχληση του γύρω χώρου, είτε ακόμα και μικρές κυψέλες (πολύ μικροί χώροι), οι οποίες προορίζονται κυρίως για ατομική χρήση. Άλλες λύσεις μπορούν να είναι διατάξεις γραφείων, αλλά και επίπλων, που βοηθούν ώστε να περιορίσουν την οπτική επαφή και ένα μέρος του ήχου. (Εικόνες 9 και 10)

Κυρίως έχουμε να κάνουμε με τρία επίπεδα ιδιωτικότητας που προέρχονται από τις τυπολογίες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Αρχικά την διάταξη open plan με σταθμούς εργασίας με χαμηλά ή ψηλά χωρίσματα, η οποία παρέχει χαμηλή ιδιωτικότητα ομιλιών και σε ακουστικό και σε οπτικό επίπεδο με μόνο παράγοντα διαφοροποίησης το ύψος των διαχωρισμάτων κυρίως σε ότι έχει να κάνει με την οπτική άνεση και ιδιωτικότητα.

Έπειτα υπάρχουν τα κλειστά γραφεία τα οποία μπορούν να εξυπηρετούν από ένα άτομο μέχρι κάποιον ορισμένο αριθμό εργαζόμενων που συνήθως ασχολούνται με το ίδιο αντικείμενο εργασίας και επιθυμούν απομόνωση από το υπόλοιπο προσωπικό. Στις περιπτώ-

σεις αυτές η ιδιωτικότητα συνομιλιών και κατ' επέκταση η ακουστική άνεση επιτυγχάνεται με εσωτερικά παράθυρα, τοίχους και πόρτες που φτάνουν την ψευδοροφή ακόμη και περσίδες στα υαλοπετάσματα η θαμπό γυαλί με σκοπό την οπτική απομόνωση. (Εικόνα 11)

Τέλος υπάρχουν οι μικρές κυψέλες, που είναι κατασκευές ή μικρά δωμάτια προοριζόμενα για ατομική χρήση που προσφέρουν την πλήρη απομόνωση. Αυτά μπορούν να τοποθετηθούν και σε υπάρχοντες χώρους γραφείων αλλά και σε εξωτερικά περιβάλλοντα όπως σταθμούς τρένων αεροδρόμια κλπ. (Εικόνες 12 και 13)



Εικόνα 9. Κυκλικοί σταθμοί εργασίας (cubicals) απομόνωση οπτικής επαφής σε στάθμη εργασίας, <https://strongproject.com/office-furniture-blog/commuters-and-contractors-flexible-office-spaces/>





Σε μια έρευνα που διεξήχθη στο πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν<sup>6</sup>, έγινε σύγκριση ανάμεσα σε τυπολογίες γραφείων και διατάξεων, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η στάθμη θορύβου, η οπτική ιδιωτικότητα, η ευκολία επικοινωνίας με άλλα γραφεία, η διάταξη των γραφείων ως προς την παραγωγικότητα, την ιδιωτικότητα σε ότι αφορά τον ήχο και τις ομιλίες, και την ακουστική ποιότητα σε ότι αφορά την αποδοτικότητα των εργαζομένων. Η έρευνα έδειξε

6 Young S. Lee, Michigan 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193>

Εικόνα 10. Διάταξη γραφείων με χαμηλό διαχωριστικό στο ύψος θέασης, <https://strong-project.com/office-furniture-blog/commuters-and-contractors-flexible-office-spaces/>

Εικόνα 11. Γραφείο κλειστού τύπου με θαμπό γυαλί, <https://www.avantisystemsusa.com/glass-enclosed-office-space/>





Εικόνα 12. Θάλαμος απομόνωσης εργασίας Ιαπωνία σε σταθμό τρένου, 2023



Εικόνα 13. Θάλαμος απομόνωσης απομόνωσης εργασίας Ιαπωνία, Τοκιο, 2023

ότι οι διατάξεις open plan είτε με high cubicles σταθμοί εργασίας με ψηλό διαχωριστικό) είτε με low cubicles (σταθμοί εργασίας με χαμηλό διαχωριστικό) παρέχουν την ίδια πάνω κάτω οπτική ιδιωτικότητα με μόνη διαφορά την μεγαλύτερη ευκολία αλληλεπίδρασης στα low cubicles. Τα 2 είδη cubicles είχαν παρόμοια απόδοση και σε ότι αφορά την ακουστική με την διάταξη τύπου bullpen να εμφανίζει σαφώς μεγαλύτερη ηχομονωτική απόδοση, με τους χρήστες να δηλώνουν πιο ευχαριστημένοι, κάτι που δείχνει ότι τα χωρίσματα δεν είναι απαραίτητο ότι συμβάλουν στην καλύτερη ακουστική, είτε είναι χαμηλά είτε είναι ψηλά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη “μη λεκτικών ενδείξεων” που επιτρέπουν στους συναδέλφους να βλέπουν

τη γλώσσα του σώματος σε θαλάμους (cubicals). Σε αντίθεση με τα γραφεία τύπου bullpen που επιτρέπουν την οπτική επικοινωνία και κατά συνέπεια έχουν μειωμένη ιδιωτικότητα, οι θάλαμοι είναι κατά κανόνα απόλυτα απομονωμένοι. Επιπλέον, η ανεπιθύμητη ακρόαση των συνομιλιών των γειτονικών συναδέλφων χωρίς να προσκαλούνται στους θαλάμους μπορεί να τους κάνει να αισθάνονται λιγότερη ιδιωτικότητα. Εάν ο τύπος γραφείου με cubicles (σταθμοί εργασίας) είναι απαραίτητος, οι σχεδιαστές θα πρέπει να διευκολύνουν τους εργαζόμενους με ακουστικές λύσεις, όπως μια προσεκτική διάταξη των θέσεων εργασίας που συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της άμεσης εγγύτητας του ήχου από τους συναδέλφους και μικρούς open plan χώρους εργασίας με ομαδικό προσανατολισμό, οι οποίοι είναι κλειστοί και διαχωρισμένοι από την κύρια κυκλοφορία προς τους χώρους εξυπηρέτησης. (Εικόνες 14 και 15)

Σύμφωνα με τη μελέτη, ο τύπος γραφείου bullpen μπορεί να αυξήσει περαιτέρω την ικανοποίηση των εργαζομένων και την εργασιακή απόδοση, σε σχέση με την ποιότητα της ακουστικής, από ό,τι τα υψηλά και χαμηλά κουβού-



κλια μεταξύ των τριών τύπων γραφείων ανοικτού χώρου σε κτίρια με πιστοποίηση LEED (σύστημα πιστοποίησης κτηριακών εγκαταστάσεων). Τα bullpens, γραφεία ανοικτού χώρου χωρίς διαχωριστικά, μπορεί να είναι εξίσου καλά με τα κλειστά κοινόχρηστα γραφεία όσον αφορά την ιδιωτικότητα, την αλληλεπίδραση και την ποιότητα της ακουστικής. Δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ του τύπου bullpen και του κλειστού τύπου κοινόχρηστων γραφείων σε κτίρια με διεθνείς πιστοποιήσεις τύπου LEED και στις έξι ερωτήσεις της μελέτης. Οι οργανισμοί μπορούν να εξετάσουν τον τύπο χώρου εργασίας bullpen εάν ο μικρός χώρος είναι ένα κρίσιμο ζήτημα<sup>7</sup>.

Ένα παράδειγμα κτηρίου γραφείων με γραφεία ανοικτής διάταξης με χώρους κοινόχρηστους αλλά και αίθουσες συνεδριάσεων είναι τα κεντρικά γραφεία της τράπεζας Nykredit, στην Κοπεγχάγη. Κατασκευάστηκε το 2001 από το αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen που κέρδισε και τον σχετικό διαγωνισμό. (Εικόνες 16 και 17)

Η σχεδιαστική ιδέα είναι αυτή της

7 Katie Keahey, Denver 2021, <https://www.eua.com/media/expert-insights/maintaining-privacy-in-open-offices/>



Εικόνα 14. Bullpen office, Halt and Catch Fire's new San Francisco, 1986, <https://www.fastcompany.com/3063135/welcome-to-1986-inside-halt-and-catch-fires-high-tech-time-machine?epik=dj0yJnU9R-WtoRnNUbGRnMnlLbE4xbnhwSjjnelZZTDMtOWt6YjQmcD0wJm49VzdMc0E3X21ia195eEl1T3>

Εικόνα 15. Γραφεία τύπου high cubicle από την ταινία fight club, <https://www.pinterest.co.uk/pin/318559373639690731/>





*Εικόνα 16, Κεντρικά γραφεία τράπεζας Nykredit (2001). Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen*

οπτικής ενότητας με τον περιβάλλοντα χώρο, όντας δεκαώροφη κατασκευή από γυαλί με ένα κεντρικό αίθριο, ώστε να εμπλουτιστεί ο φυσικός φωτισμός. Μέσω του αίθριου πραγματοποιούνται όλες οι ενδιάμεσες κατακόρυφες επικοινωνίες. Έχει έκταση 24.000 τετραγωνικά μέτρα και ως κεντρική ιδέα έχει την συνύπαρξη σταθμών εργασίας. Ομάδες δύο η τεσσάρων ατόμων οργανώνουν διατάξεις εργασιακών σταθμών σε όλους τους ορόφους, με αίθουσες συνεργασιών και συνεδριάσεων, εκ των οποίων



οι δύο είναι κρεμαστές στο αίθριο. Οι αίθουσες αυτές έχουν άμεση οπτική επαφή, παρέχοντας διαφάνεια και οπτική επικοινωνία. Υπάρχει ακόμη και μία ανοιχτή βεράντα με φυτεμένο δώμα που λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο. Τέλος στο ισόγειο διαμορφώνεται ένα αμφιθέατρο σε επίπεδα.

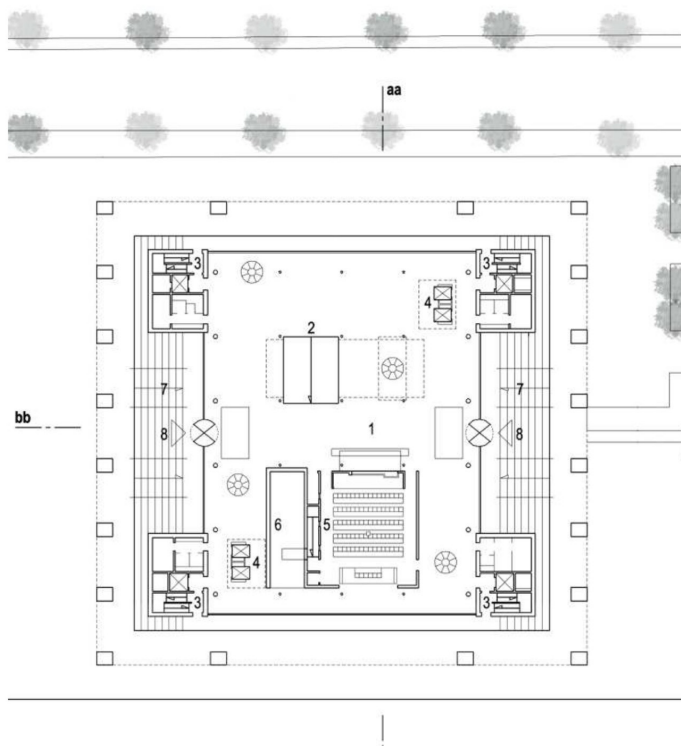
Μέσω της διαφοροποίησης των επιπέδων και τους χώρους συνεδριάσεων επιτυγχάνεται μια απομόνωση από το σύνολο κυρίως ακουστικά λόγω των υαλοπετασμάτων. Επομένως εάν κάποιος ή κάποια ομάδα θέλει μπορεί να έχει ιδιωτικότητα σε σχέση με το σύνολο του κτηρίου, παρά την ανοιχτή διάταξη, με τα διαφορετικά επίπεδα να βοηθούν στο να μην βρίσκονται όλοι στον ίδιο χώρο και να υπάρξει έτσι καταμερισμός εργασιών. (Εικόνες 18 έως 25)

Ένα παράδειγμα οργάνωσης γραφείου κλειστού τύπου σε διάδρομο, αποτελεί το κεντρικό κτίριο γραφείων του Κομμουνιστικού Κόμματος Γαλλίας, στο Παρίσι, το οποίο μελετήθηκε και υλοποιήθηκε το διάστημα 1967- 81 από τον Βραζιλιανό αρχιτέκτονα του Μοντερνισμού Oscar Niemeyer. Το κτίριο αποτελείται από τρία τμήματα: ένα διώροφο υπόγειο με χώρους στάθμευσης και υπηρεσιών, καθώς και την ισόγεια υποδοχή, ένα

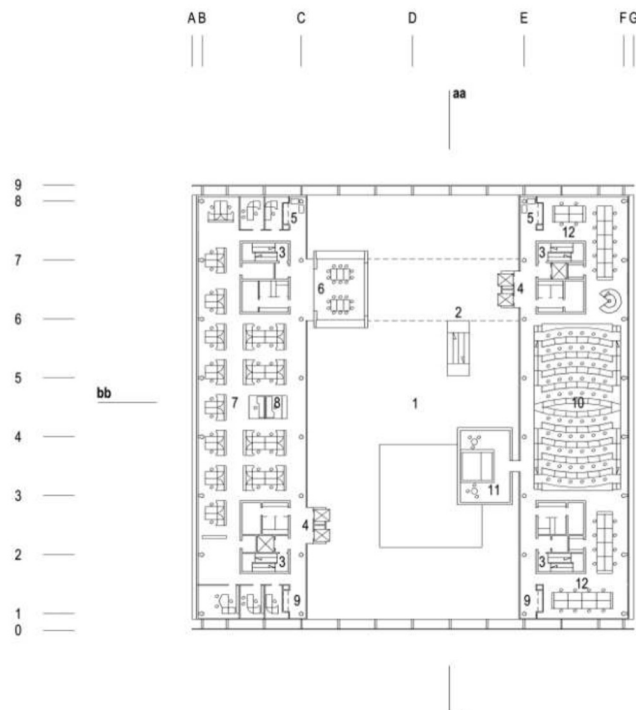
*Εικόνα 17, Κεντρικά γραφεία τράπεζας Nykredit (2001). Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen*



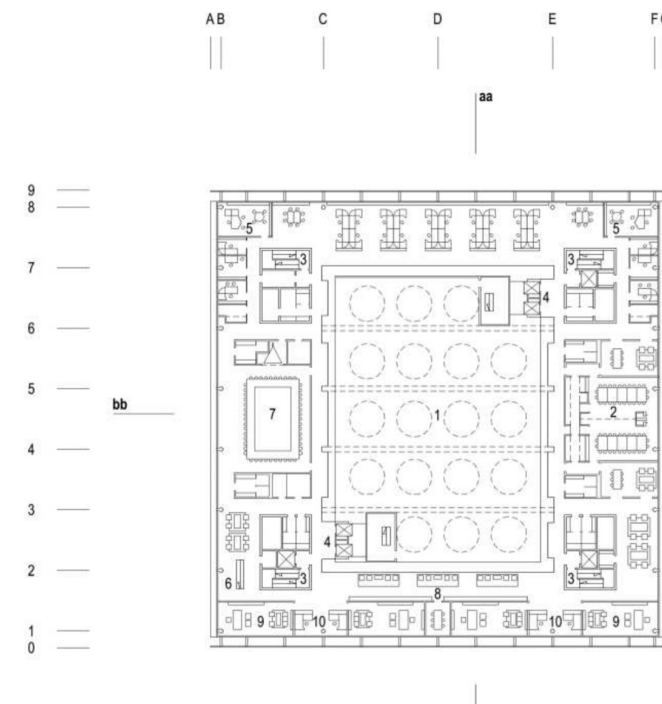




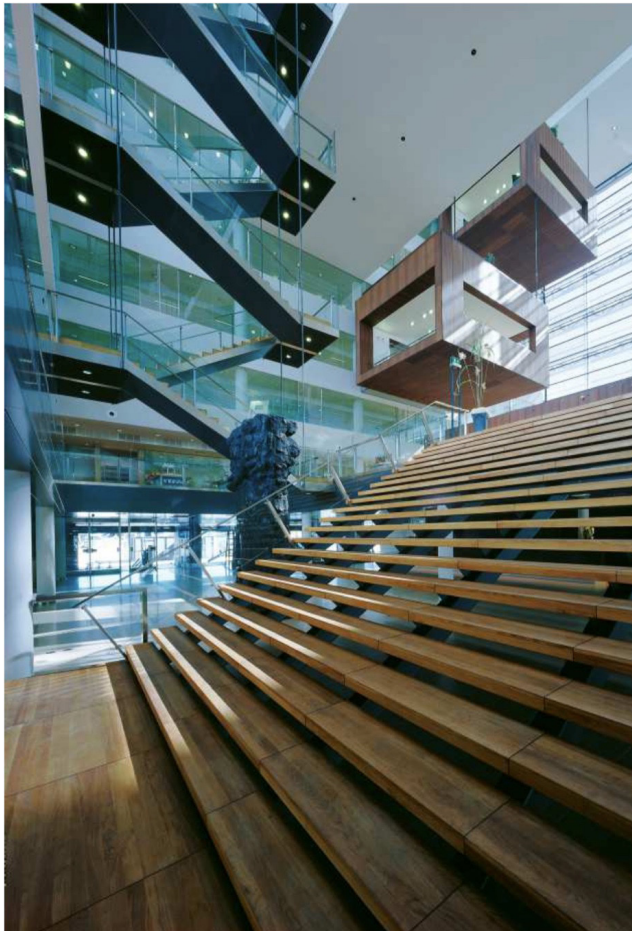
Εικόνα 18. Κάτοψη ισογείου χώρου και φουαγιέ (1), κλιμακοστάσια (2,3), ανελκυστήρες (4), αμφιθέατρο (5), γλυπτό νερού (6), εξωτερικό κλιμακοστάσιο (7), Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen



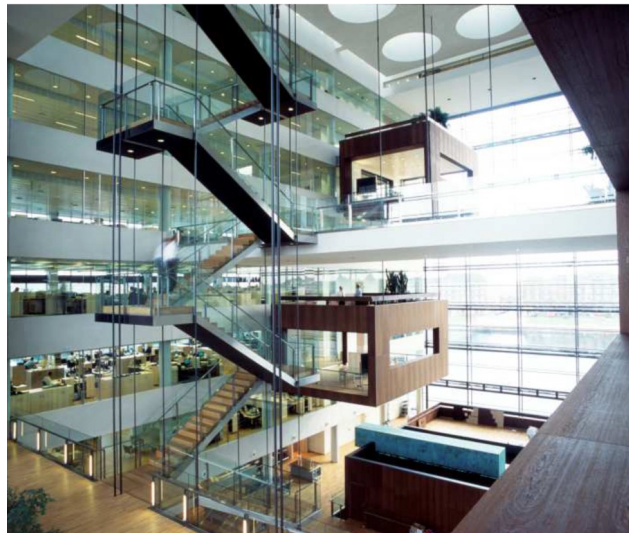
Εικόνα 19. Κάτοψη 4ου ορόφου, αίθριο (1), κλιμακοστάσια (2,3), ανελκυστήρες (4), φωτοτυπικό κέντρο (5), κρεμαστή αίθουσα συνεδριάσεων (6), γραφεία ανοιχτής διάταξης (7), κλειστό γραφείο (8), κουζίνα (9), χώρο εμπορικών αντιπροσώπων (10), βεράντα (11). Πηγή Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen



Εικόνα 20. Κάτοψη 9ου ορόφου με αίθριο (1), καθιστικό διοικητικού προσωπικού (2), κλιμακοστάσιο (3), ανελκυστήρες (4), γραφεία (5), κλιμακοστάσιο δώματος (6), αίθουσα συσκέψεων (7), πέραςμα εξώστη (8), γραφεία (9), γραμματεία (10). Πηγή Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen



Εικόνα 21. Αμφιθέατρο και αίθριο. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen



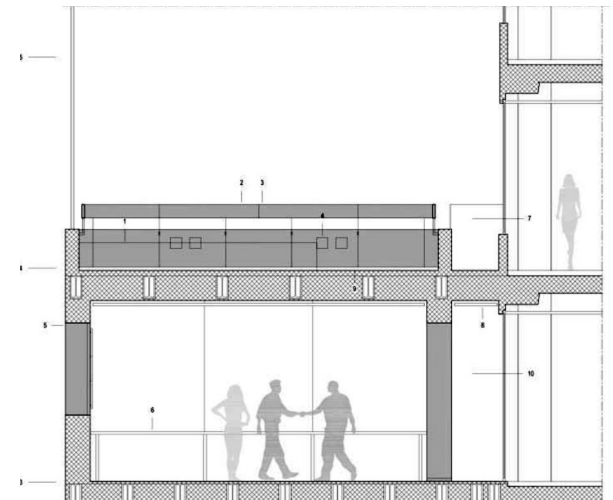
Εικόνα 22. Γενική Άποψη αιθρίου. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen



Εικόνα 23. Γενική άποψη αιθρίου. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen

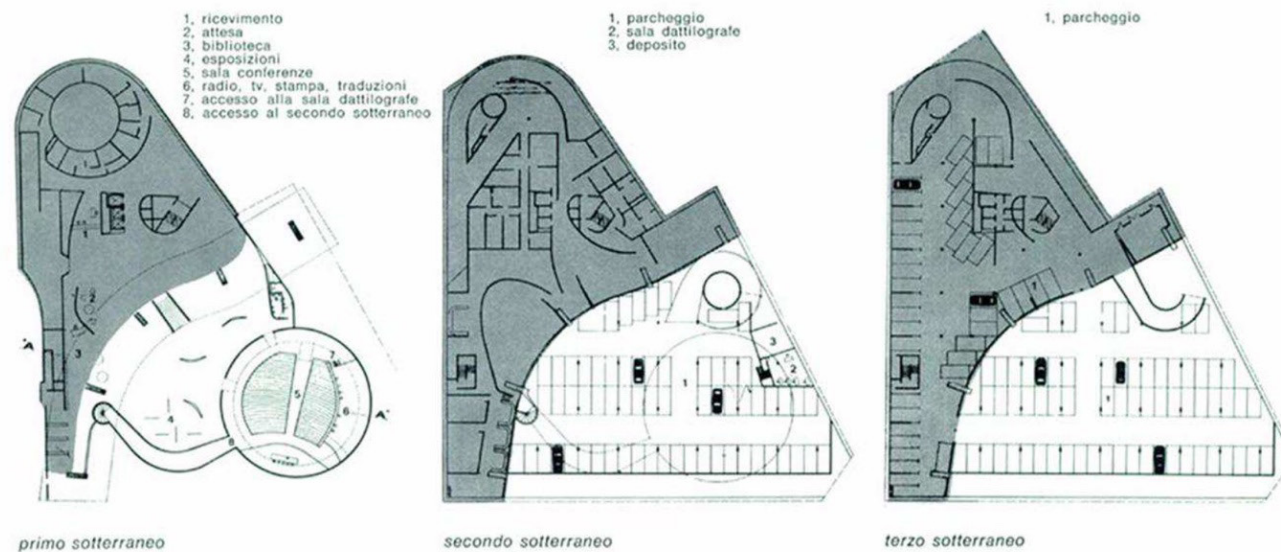


Εικόνα 24. Κρεμαστή βεράντα συνεδριάσεων. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen

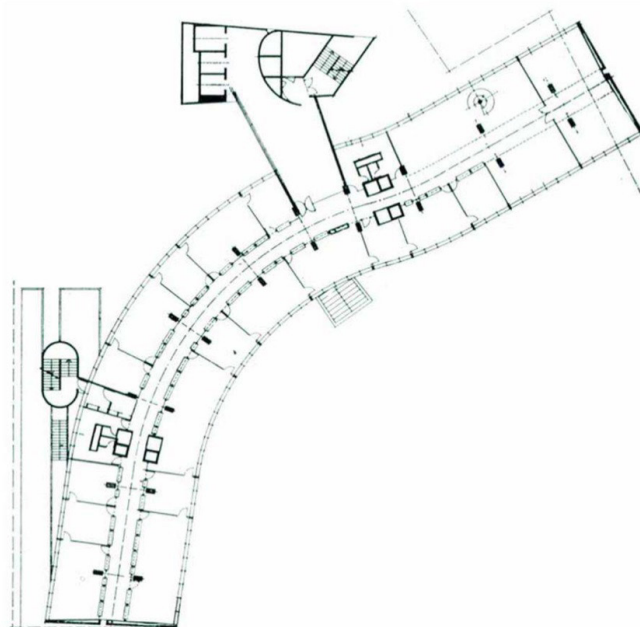


Εικόνα 25. Αρχιτεκτονική κατασκευαστική λεπτομέρεια βεράντας. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen





Εικόνα 26, Κάτοψη υπογείων, υποδοχής και αμφιθεάτρου του κτιρίου γραφείων του Κομμουνιστικού κόμματος Γαλλίας, *Journal Domus* 511 / June 1972.



Εικόνα 27, Κάτοψη τυπικών ορόφων (1ος-6ος) γραφείων του Κομμουνιστικού κόμματος Γαλλίας, *Journal Domus* 511 / June 1972.

υπόγειο αμφιθέατρο με λευκό θόλο, τοποθετημένο στην αυλή του κτίριου και ένα εξαώροφο κτίριο, οργανωμένο με κλειστά γραφεία.

Ο τυπικός όροφος με καμπύλη μορφή και όψεις με συνεχή υαλοστάσια, διαμορφώνεται στη βάση του συστήματος γραφείων σε διάδρομο.. Η διαφορά, εδώ, έγκειται στη δυνατότητα μεταβολής του μεγέθους των διατιθεμένων χώρων με κινητά χωρίσματα, τα οποία καλύπτουν όλο το ύψος του ορόφου. Οι χώροι γραφείων διαθέτουν άπλετο φυσικό φωτισμό και επαφή με το φυσικό περιβάλλον, ενώ ο διάδρομος φωτίζεται μόνο τεχνητά. Χαρακτηριστικό στοιχείο του κτίριου αποτελεί ο ολιστικός σχεδιασμός, ο οποίος περιλαμβάνει και τα έπιπλα που σχεδίασε ο Oscar Niemeyer ειδικά για τη συγκεκριμένη χρήση. Οι ρευστές καμπύλες διατάξεις εφαρμόζονται και στη μορφολογία τους, όπως το ιδιαίτερο κάθισμα για τον χώρο του φουαγιέ. Το κτίριο λειτουργεί έως σήμερα με συντηρήσεις και ανακαινίσεις μικρής κλίμακας, οι οποίες δεν τροποποιούν το πνεύμα του αρχικού έργου.



Εικόνα 28, Κτίριο γραφείων του Κομμουνιστικού κόμματος Γαλλίας, *The Guardian* 28-4-2008, Kadu Niemeyer/Arcaid/Corbis

Δεδομένης της αρχιτεκτονικής του κτηρίου, με κλειστούς χώρους γραφείων με κεντρικό διάδρομο επιτυγχάνεται η καλύτερη ιδιωτικότητα οπτικά και ακουστικά με τους κοινόχρηστους χώρους αμφιθεάτρου να αποτελούν χώρο κοινωνικοποίησης. (Εικόνες 26, 27 και 28)

### 3. Από τον ήχο στον θόρυβο

#### 3.1. Η φυσιολογία του ήχου

Αρχικά προκειμένου να αναλύθει το φαινόμενο του ήχου θα πρέπει να αναπτύξουμε τον ορισμό του. Ο ήχος λοιπόν ορίζεται ως η μηχανική διαταραχή, που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα μέσα σε ένα μέσο, που μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις (πχ ελαστικότητας, εσωτερικής τριβής), και έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε να διεγείρει το αισθητήριο ακοής, και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα. Ο ήχος διαδίδεται μέσω κυμάτων που χωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο διάδοσης και ανάλογα με την μορφή τους. Για να αναλύσουμε μέσω της φυσικής το φαινόμενο του ήχου χρησιμοποιούμε τους εξής όρους<sup>1</sup>.

**Ακουστική πίεση (p):** Η υπερπίεση ή υποπίεση που δημιουργείται κατά την διάδοση του ηχητικού κύματος σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση

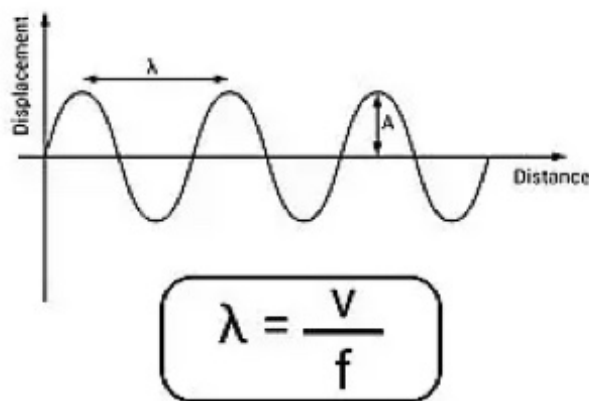
**Στατική πίεση (P):** η Στατική πίεση του μέσου διάδοσης. Για παράδειγμα, αν αυτό είναι ο αέρας, είναι η ατμο-

σφαιρική πίεση.

**Μήκος κύματος ( $\lambda$ ):** Η απόσταση μεταξύ δύο μέγιστων και δύο ελάχιστων απόλυτων τιμών πίεσης.

Ορισμός ΕΛΟΤ 263,2: μήκος κύματος η κυματικό μήκος ενός διαδεδομένου επιπέδου αρμονικού κύματος, σε ισότροπο μέσο διάδοσης, είναι η απόσταση ανάμεσα σε δύο κυματικά μέτωπα, που έχουν μεταξύ τους χρονική διαφορά, ίση με την περίοδο του κύματος. Το αντίστροφο του μήκους κύματος ( $1/\lambda$ ) ονομάζεται κυματάρηθος<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Συρίδων Ι. Λουτρίδης (2018), Ακουστική



$\lambda$  = wave length  
 $v$  = wave velocity  
 $f$  = wave frequency

**Συχνότητα (f):** η συχνότητα της ταλάντωσης των σωματιδίων του ελαστικού μέσου, λόγω της διάδοσης του ηχητικού κύματος.

**Ταχύτητα όγκου U:** Ο ρυθμός ροής του μέσου διάδοσης, από μία επιφάνεια εμβαδού  $s$ , κάθετη στην ταχύτητα ροής. Η ταχύτητα όγκου και η σωματιδιακή ταχύτητα συνδέονται με την σχέση  $U=sv$ .

**Διαμήκη κύματα (longitudinal waves):** Κύματα στα οποία η ταχύτητα διάδοσης με την ταχύτητα ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου σε κάθε σημείο του ηχητικού κύματος, είναι παράλληλες.

**Εγκάρσια (Transverse waves):** Κύματα στα οποία η ταχύτητα διάδοσης, με την ταχύτητα ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου είναι κάθετες.

#### Μέτρηση ήχου

Η ανάγκη μέτρησης της έντασης του

αρχές & εφαρμογές, Τζιώλα

Εικόνα 29: Διάγραμμα σχέσης μήκους κύματος, συχνότητας και ταχύτητας, [https://lambdageeks.com/how-to-find-wavelength-of-transverse-wave/?utm\\_content=cmp-true](https://lambdageeks.com/how-to-find-wavelength-of-transverse-wave/?utm_content=cmp-true)



ήχου είναι δεδομένη. Προκειμένου να μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε έναν ήχο μετράμε την μεταβολή της πίεσης που προκαλείται από αυτόν. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας ακουστικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα ειδικό μικρόφωνο που είναι γνωστό ως ντεσιμπελόμετρο. (Εικόνα 30)



Εικόνα 30. Όργανα καταγραφής στάθμης ήχου (ντεσιμπελόμετρα)

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση είναι σχεδιασμένα να ανταποκρίνονται στην ενεργό τιμή της πίεσης, δεδομένου ότι η πίεση είναι γενικά μεταβαλλόμενη ποσότητα. Πιο αναλυτικά ενεργό τιμή της πίεσης (rms) ονομάζουμε την μέση τιμή του τετραγώνου της πίεσης και την συμβολίζουμε με  $P_{rms}$ . Αυτό γίνεται προκειμένου να έχουμε μια μέση τιμή. Θα μπορούσε κάποιος να το παρομοιάσει με την ενεργό τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος η οποία ισοδυναμεί με την σταθερή τιμή ρεύματος που προκαλεί το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα. Στις ημιτονοειδείς μεταβολές τώρα, η ενεργός τιμή ισούται περίπου με το 70% της μέγιστης τιμής.

Καθώς το εύρος πίεσης είναι τεράστιο και μπορεί να κυμανθεί από 0,00002 Pa (20μPa) ως και 200 Pa, χρησιμοποιούμε τον λογάριθμο με βάση το 10 της ενεργούς τιμής πίεσης διαιρεμένο με ένα μέγεθος αναφοράς. Θέτουμε ως πίεση αναφοράς την μικρότερη μεταβολή πίεσης που μπορεί να αντιληφθεί ο άνθρωπος την τιμή  $p_0=20\mu Pa$  σε συχνότητα 1kHz, γνωστό και ως κατώφλι ακοής.

Το μέγεθος που προκύπτει επομένως ονομάζεται στάθμη πίεσης  $L_p$  και έχει

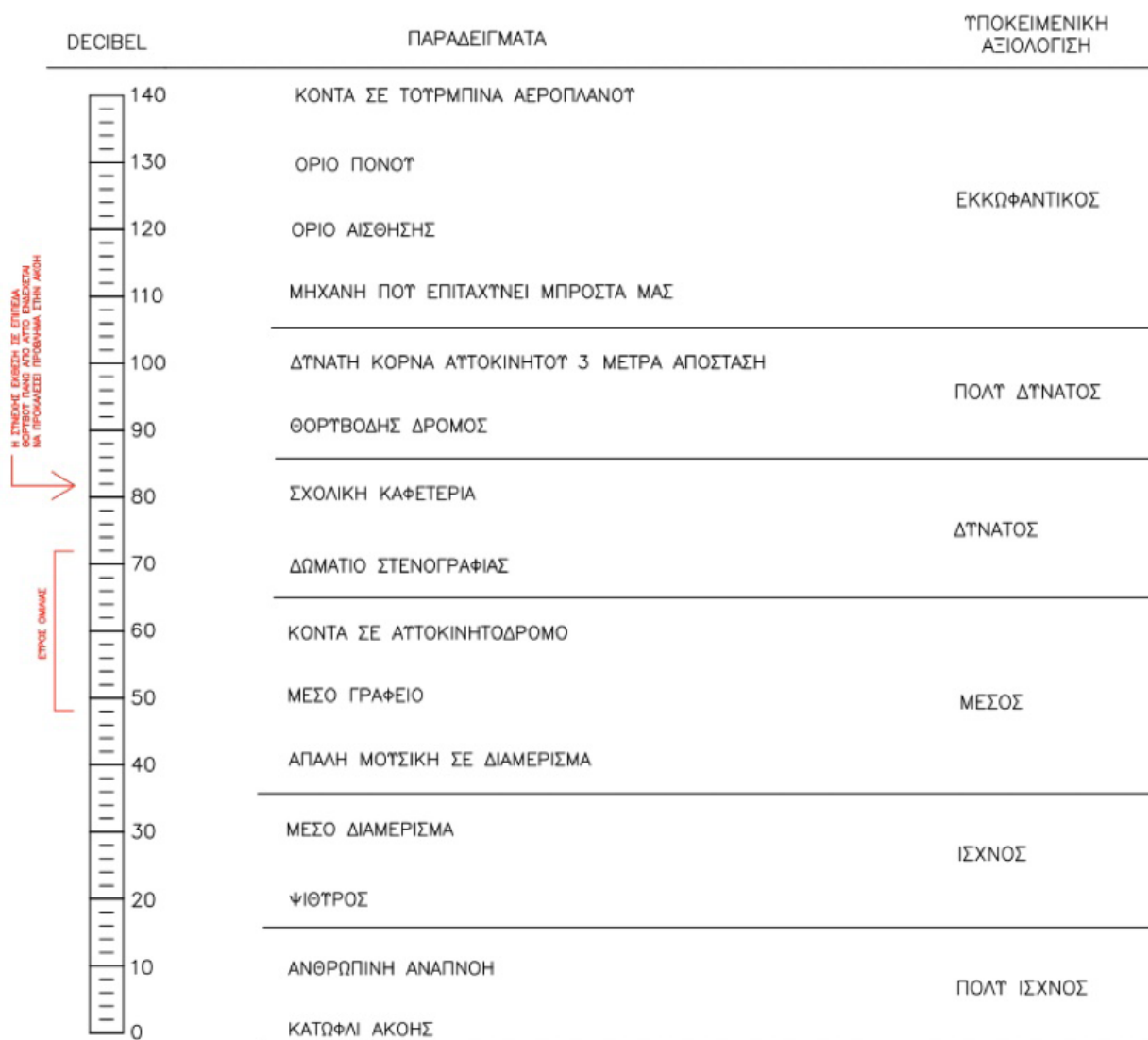
μονάδα το dB (decibel), ονομασμένο στην τιμή του Alexander Graham Bell<sup>3</sup>.

$$L_p=20\log_{10}(p_{rms}/p_0)$$

Συμφωνα με τον Ernst Weber και τον Gustav Fechner που ήταν Γερμανοί επιστήμονες του 19ου αιώνα, σχεδόν όλες οι αισθήσεις είναι αναλογικές με τον λογάριθμο της έντασης της πηγής.

Το ακόλουθο διάγραμμα μας δείχνει τις στάθμες κάποιων τυποποιημένων μεγεθών κοινώς διαδεδομένων. Ξέρουμε ότι το κατώφλι της ανθρώπινης ακοής είναι 5db και επίσης ότι ήχοι πάνω από 85db μπορούν να προκαλέσουν απώλεια ακοής με ταβάνι τα 130db που από κει και πάνω αρχίζουμε να πονάμε. Σε αυτό το σημείο η ένταση αναλογίας είναι 10 τρισεκατομμύρια (10000000000000) προς 1. Είναι τόσο μεγάλο το εύρος που αν μπορούσαμε να το παρομοιάσουμε με μια ζυγαριά, αυτή η ζυγαριά θα μπορούσε να μετρήσει από μια τρίχα μέχρι μια πολυκατοικία. Εκεί μπαίνουν στο παιχνίδι οι αλγόριθμοι που μας βοηθάνε να κατανοήσουμε αυτά τα μεγέθη. Το ακόλουθο διάγραμμα μας δείχνει τις στάθμες κά-

3 Δημήτρης Σκαρλάτος(2018), Εφαρμοσμένη Ακουστική, Ηχοπροστασία, Gotsis

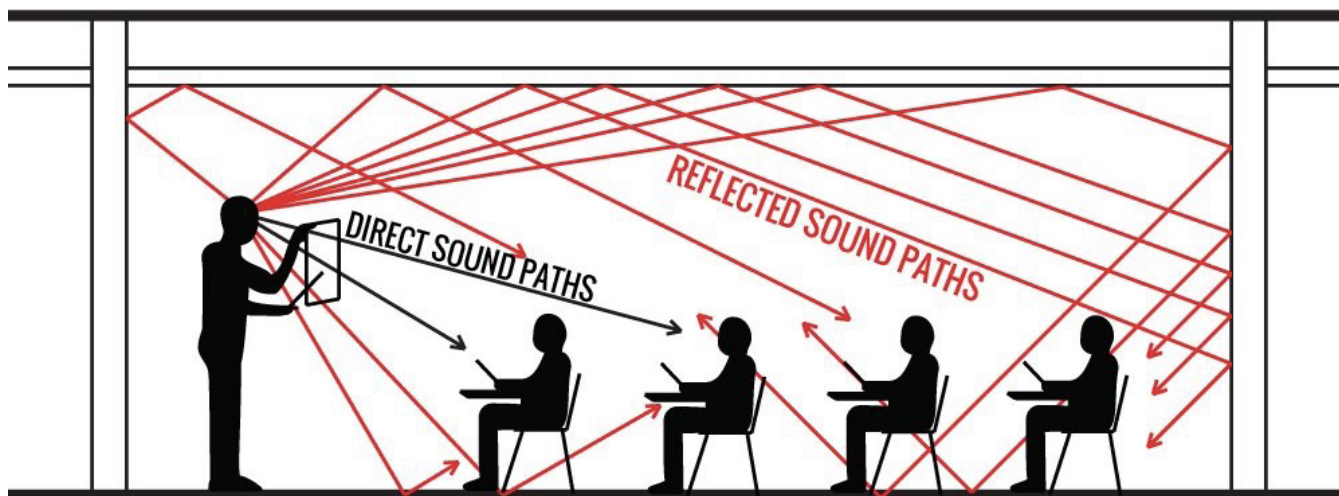


ποιων τυποποιημένων μεγεθών κοινώς διαδεδομένων. Ξέρουμε ότι το κατώφλι της ανθρώπινης ακοής είναι 0db όπως αναφέραμε και προηγουμένως και επίσης ότι ήχοι πάνω από 85db μπορούν να προκαλέσουν απώλεια ακοής με ταβάνι τα 130db που από κει και πάνω αρχίζουμε να πονάμε. Σε αυτό το σημείο η ένταση αναλογίας είναι 10 τρισεκατομμύρια (10000000000000) προς 1. Είναι τόσο μεγάλο το εύρος που αν μπορούσαμε να το παρομοιάσουμε με μια ζυγαριά, αυτή η ζυγαριά θα μπορούσε να μετρήσει από μια τρίχα μέχρι μια πολυκατοικία. Εκεί μπαίνουν στο παιχνίδι οι αλγόριθμοι που μας βοηθάνε να κατανοήσουμε αυτά τα μεγέθη.

## Ηχοανάκλαση

Ηχοανάκλαση ονομάζουμε το φαινόμενο που λαμβάνει χώρα την στιγμή που ένα ηχητικό κύμα προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων και επιστρέφει από αυτή, με ίση γωνία πρόσπτωσης ως προς την κάθετο. Η γωνία κατά την οποία προσπίπτει ένα ηχητικό κύμα σε μία επιφάνεια ονομάζεται «γωνία πρόσπτωσης», και η γωνία με την οποία ανακλάται γωνία ανάκλασης, και κατ' επέκτασίν τα κύματα ονομάζονται





Εικόνα 31, Διάγραμμα ηχοανάκλασης, <http://www.technature.ca/acoustics-101/reflected-sound/>

προσπίπτοντα και ανακλώμενα αντιστοίχως και η ηχητική ισχύς προσπίπτουσα και ανακλώμενη ηχητική ισχύς.

### Συντελεστής ηχοανάκλασης $r$

Συντελεστής ηχοανάκλασης  $r$  ονομάζεται ο λόγος της ανακλώμενης ηχητικής ισχύος προς την προσπίπτουσα ισχύ, σε μια επιφάνεια ή ενός υλικού σε ορισμένες συνθήκες και συχνότητες.

### Ηχοαπορρόφηση

Στην επιστήμη της ηχητικής ηχοαπορρόφηση ονομάζουμε την ιδιότητα των υλικών και των αντικειμένων να απορροφούν ηχητική ενέργεια. Απόρροια της διάδοσης ενός ηχητικού κύματος σε ένα μέσο, ή κατά την πρόσπτωση του σε μία επιφάνεια, είναι η μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε άλλη μορφή ενέργειας όπως θερμότητα τις περισσότερες φορές. Τις φορές που δεν μετατρέπεται σε θερμότητα μεταδίδεται ως ηχητική ενέργεια στο μέσο που υπάρχει πίσω από το χώρισμα.

Προκειμένου να μετρήσουμε το ποσοστό ηχοαπορρόφησης χρησιμοποιούμε τον συντελεστή ηχοαπορρόφησης  $a$ . Κάθε επιφάνεια και κάθε υλικό έχει αυτόν τον συντελεστή, όπου σε ορισμένες συχνότητες και σε ορισμένες συνθήκες είναι ο λόγος της ηχητικής ισχύος που απορροφάται (ή αλλιώς δεν ανακλάται) από την επιφάνεια, προς την ηχητική ισχύ που προσπίπτει στην επιφάνεια. Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης συναρτάται με την γωνία πρόσπτωσης και είναι αδιάστατο μέγεθος. Έστω ότι  $r$  είναι ο συντελεστής ηχοανάκλασης,  $\delta$  είναι ο συντελεστής ηχοαπώλειας και  $\tau$  είναι ο συντελεστής ηχομετάδοσης, επομένως θα ισχύουν οι σχέσεις :

$$a = 1 - r$$

$$a = \delta + \tau$$

Η τιμή του συντελεστή ηχοαπορρόφησης  $a$  κυμαίνεται από 0 έως 1 (0-100%). Επομένως συντελεστής  $a = 0,7$  ενός υλικού σε μια συχνότητα 500Hz για παράδειγμα σημαίνει ότι το υλικό απορροφά το 70% της ηχητικής ενέργειας που προσπίπτει και αντανakλά το υπόλοιπο 30%.

Συντελεστής απορρόφησης  $a$  χρησι-

μπορούμε σε κάποιες περιπτώσεις ανά αντικείμενο ή άνθρωπο, αλλά τις περισσότερες φορές και χάριν ευκολίας χρησιμοποιούμε συντελεστή ηχοαπορρόφησης ανά επιφάνεια, μαζί με τα τετραγωνικά, για παράδειγμα  $\alpha = 0,5$  για  $0,6\text{m}^2$  άτομο.

### Ηχοεξασθένση

Ηχοεξασθένση ονομάζουμε την μείωση της ηχητικής έντασης, καθώς απομακρύνεται από την ηχητική πηγή, με μηχανισμούς όπως η ηχοαπορρόφηση η σκέδαση και η σφαιρική εξάπλωση.

Όπως και με την ηχοαπορροφητικότητα έχει οριστεί συντελεστής ηχοαπώλειας  $\delta$ , που είναι ο λόγος της ηχητικής ισχύος που χάνεται μέσα στο χώρισμα με την μορφή θερμότητας, προς την ηχητική ισχύ που προσπίπτει στο χώρισμα, σε μία ορισμένη συχνότητα. Ο συντελεστής ηχοαπώλειας είναι αδιάστατο μέγεθος.

Ισχύει λοιπόν πάντα ότι:

$$\alpha + \delta + \tau = 1$$

$$\alpha = \delta + \tau$$

όπου  $\alpha$  ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης,  $\tau$  ο συντελεστής ηχοανάκλασης και  $\delta$  ο συντελεστής ηχομετάδοσης.

### Συντελεστής μείωσης θορύβου NRC ( Noise Reduction Coefficient)

Είναι ο μέσος όρος των τιμών του συντελεστή ηχοαπορρόφησης οποιουδήποτε υλικού στις συχνότητες 250, 500, 1000, 2000 Hz.

Οι συντελεστές μέσου όρου ηχοαπορρόφησης και μείωσης του θορύβου απαντώνται συνήθως στις ακουστικές μελέτες συγκεκριμένης κατηγορίας κτηρίων όπως για παράδειγμα  $\text{NRC} > 70$  για χώρους εκπαίδευσης (ASTM C 423).

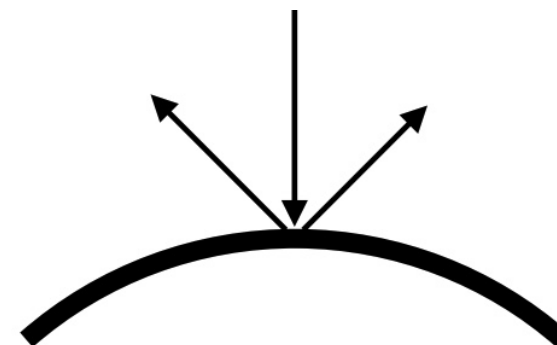
Επομένως και τα υλικά φέρουν τις ανάλογες προδιαγραφές ( πχ ακουστικές επενδύσεις τοίχων, ακουστικά πανό, απορροφητικά χώρων, ακουστικές ινόπλακες οροφής κλπ ).

Σε περιπτώσεις που μελετάμε χώρους που εμφανίζουν μεγάλη συνάθροιση κόσμου ( πχ αεροδρόμια ), προκείμενου να επιτευχθεί μείωση του χρό-

νου αντήχησης και επομένως μείωση της εσωτερικής ηχοστάθμης του χώρου, συνιστάται τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών πλακών στην μια από τις δύο οριζόντιες επιφάνειες (πχ δάπεδο η ταβάνι)

### Ηχοδιάχυση

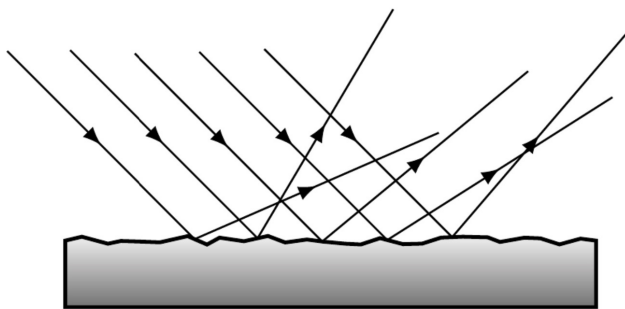
Διάχυτο ηχητικό πεδίο είναι το ηχητικό πεδίο που σε κάθε σημείο του η



πυκνότητα της ηχητικής ενέργειας έχει την ίδια τιμή και ηχητική ένταση προς όλες τις διευθύνσεις.

Αντηχητικό πεδίο, σε έναν ολικά η μερικά κλειστό χώρο, όπου λειτουργεί ηχητική πηγή, είναι η συνιστώσα του ηχητικού πεδίου που προέρχεται από τις αλληπάλληλες ανακλάσεις<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Δημήτρης Σκαρλάτος(2018), Εφαρμοσμένη Ακουστική , Ηχοπροστασία, Gotsis



## Διάθλαση

Κύριος εξαρτώμενος συντελεστής της ταχύτητας του ήχου είναι το μέσο διάδοσης, επομένως όταν τα ηχητικά κύματα περάσουν από ένα μέσο διάδοσης σε ένα άλλο, για παράδειγμα από το νερό στον αέρα, η διεύθυνση διάδοσης μεταβάλλεται. Αυτό το φαινόμενο είναι που ονομάζουμε διάθλαση ηχητικών κυμάτων. Ένας άλλος παράγοντας εμφάνισης διάθλασης στο ίδιο μέσο διάδοσης μπορεί να είναι μεταβολή της θερμοκρασίας στα διάφορα επίπεδα του μέσου. Προκειμένου να δώσουμε ένα παράδειγμα, θέτουμε μια πηγή στην στάθμη του εδάφους κοντά σε θερμό αέρα, επομένως η ταχύτητα του ήχου θα ελαττωθεί στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας που έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αλλαγή της

διεύθυνσης προς τα πάνω. Αυτό εξηγεί και το γεγονός ότι ακόμη και εξαιρετικά δυνατές πηγές μπορούν να ακουστούν σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων. Το αντίθετο συμβαίνει όταν στην στάθμη του εδάφους επικρατεί χαμηλότερη θερμοκρασία από ότι στις υψηλότερες στάθμες της ατμόσφαιρας, για παράδειγμα σε εμφάνιση ομίχλης. Τότε λόγω της κατεύθυνσης των ηχητικών κυμάτων προς το έδαφος η διάδοση των ηχητικών κυμάτων μπορεί να φτάσει σε μεγαλύτερη απόσταση από ότι συνήθως.

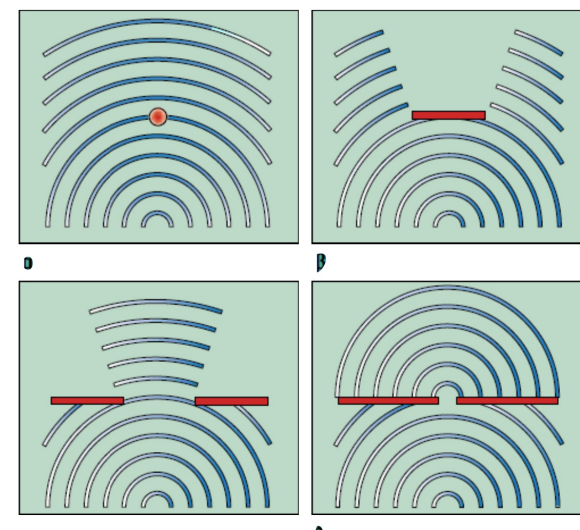
Ένας ακόμη συντελεστής είναι και ο άνεμος και μπορεί να προκαλέσει διάθλαση των ηχητικών κυμάτων με τυχαία και απρόβλεπτη μεταβολή ταχύτητας και διεύθυνσης.

## Περίθλαση

Περίθλαση ονομάζουμε το φαινόμενο όταν τα ηχητικά κύματα κάμπτονται γύρω από ένα εμπόδιο και εν τέλει το προσπερνούν. Αυτό συμβαίνει όταν το μέγεθος του εμποδίου είναι μικρότερο από  $\lambda$ , όπου  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος.

Προκειμένου να το κάνουμε πιο κατανοητό, μπορούμε να αναρωτηθούμε τις στιγμές που έχουμε ακούσει κάποιον

ήχο χωρίς να βλέπουμε την πηγή του. Για παράδειγμα όταν κάποιος μας μιλάει από ένα διπλανό δωμάτιο. Η ποιότητα της φωνής θα είναι διαφορετική καθώς περιέχει λιγότερες υψηλές συχνότητες αλλά η διάδοση των ηχητικών κυμάτων συμβαίνει κανονικά. Σε ανοιχτούς χώρου συμβαίνει το ίδιο φαινόμενο. Έστω ότι έχουμε μια μπάντα που παίζει μουσική, παράγει ποικίλες συχνότητες. Οι συχνότητες οι οποίες έχουν μεγάλα μήκη κύματος, οι χαμηλές συχνότητες δηλαδή, παρακάμπτουν κτήρια επομένως κάποιος που προσεγγίζει από μια κάθετη οδό να ακούει τον ήχο χωρίς να βλέπει την πηγή του. Οι υψηλές συχνότητες αντιλαμβάνονται τα κτήρια ως εμπόδια και ανακλώνται από αυτά.



Σε περιπτώσεις τώρα που τα ηχητικά κύματα αναγκαστούν να περάσουν από μια σχισμή η οποία με διαστάσεις μικρότερες από το μήκος κύματος πάλι έχουμε περίθλαση, εν αντιθέσει όμως με τις περιπτώσεις που ένα μεγάλο άνοιγμα επιτρέπει τα ηχητικά κύματα να περάσουν χωρίς σημαντική διατάραξη τους, ένα μικρό άνοιγμα σε σχέση με το μήκος κύματος, προκαλεί περίθλαση και λειτουργεί ως δευτερογενής πηγή ήχου. Μια περίπτωση που συμβαίνει αυτό είναι όταν έχουμε υάλινα πετάσματα σε εξώστη. Ενώ τα πετάσματα λειτουργούν ως ανακλαστήρας των ηχητικών κυμάτων στα σημεία που υπάρχει ένωση συμβαίνει το φαινόμενο που αναφέραμε πιο πάνω, επομένως θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στο που θα τοποθετούμε τις ενώσεις<sup>5</sup>. (Εικόνα 29)

### Φαινόμενο Doppler

Φαινόμενο Doppler ονομάζουμε την αλλαγή μήκους κύματος του ήχου μιας πηγής εξαιτίας της σχετικής κίνησης που υπάρχει ανάμεσα στην πηγή και τον παρατηρητή.

5 Δημήτρης Σκαρλάτος(2018), *Εφαρμοσμένη Ακουστική, Ηχοπροστασία, Gotsis*

## 3.2. Ο έλεγχος του ήχου σε κλειστούς χώρους

Η ποιότητα ενός εσωτερικού χώρου εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες ακουστικής που έχει. Το μέγεθος που καθορίζει την ποιότητα ακουστικής σε ένα κλειστό χώρο είναι ο χρόνος αντήχησης. Έστω ότι σε ένα δωμάτιο έχουμε μια πηγή σε  $x$  απόσταση από τον ακροατή. Η πηγή παράγει έναν ήχο, ο οποίος κατά την διάδοσή του συναντά τις κάθετες επιφάνειες του χώρου όπου και ανακλάται το μεγαλύτερο μέρος ενώ το υπόλοιπο απορροφάται (εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας). Στον ακροατή θα φτάσει μια δέσμη από ισχυρές και σχετικά απομονωμένες ανακλάσεις, που τις ονομάζουμε πρώτες ανακλάσεις. Φυσικά κύριο ρόλο παίζει και η απόσταση, πέρα από την φύση των ανακλώμενων επιφανειών, καθώς αυτή θα κρίνει τον αριθμό του πολλαπλασιασμού των ανακλάσεων που φτάνουν στον ακροατή από τις μετέπειτα ανακλάσεις. Ουσιαστικά δημιουργείται μια ουρά στον αρχικό ήχο αλλάζοντάς του την διάρκεια, την ένταση αλλά και την χροιά σε ένα μικρό ποσοστό. Η επιμήκυνση αυτή του αρχικού ήχου ονομάζεται στην ακουστική αντήχηση. Η αντήχηση είναι

ένα μέγεθος που μετράται σε χρόνο, ο οποίος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τους παράγοντες που αναφέρονται παραπάνω. Για παράδειγμα, ένας μικρός χώρος έχει μικρότερο χρόνο αντήχησης από έναν μεγάλο και ένας με περισσότερες απορροφητικές επιφάνειες θα έχει πάλι μικρότερο από έναν με λιγότερες, ίδιων πάντα διαστάσεων. Τέλος τα επίπεδα αντήχησης διαφέρουν από την χρήση του χώρου, επομένως στους χώρους που έχουν πολλαπλές χρήσεις θα πρέπει να υπάρξει κάποιος συμβιβασμός καθώς υπάρχουν αντικρουόμενες απαιτήσεις. Σε περιπτώσεις που συναντάμε υπερβολική αντήχηση αρχίζουμε να συναντάμε προβλήματα στην κατανόηση του λόγου ή στην ευκρίνεια των μουσικών οργάνων.

Οι επιφάνειες που ορίζουν έναν εσωτερικό χώρο, καθορίζουν την ακουστική ανάλογα με το υλικό τους και τη σχετική γεωμετρία που έχουν μεταξύ τους. Το υλικό ορίζεται από στοιχεία ηχοανάκλασης, ηχοδιάχυσης ή ηχοαπορρόφησης. Υλικά που έχουν ιδιότητες ηχοανάκλασης και ηχοδιάχυσης διατηρούν την ηχητική ενέργεια και είναι συνήθως σκληρά υλικά με μεγάλη πυκνότητα, όπως σκυρόδεμα μάρμαρο



κλπ ενώ υλικά που έχουν ιδιότητες ηχοαπορρόφησης δεν διατηρούν την ηχητική ενέργεια και είναι συνήθως μαλακά υλικά με μικρή πυκνότητα με μεγάλα διάκενα κενού, όπως υφάσματα αφρολέξ υαλοβάμβακες πετροβάμβακες κλπ. Η παράλληλη γεωμετρία δημιουργεί συνθήκες άβολες (στασιμά κύματα, συνηχήσεις) ενώ οι μη παράλληλες επιφάνειες βοηθούν στην καλύτερη διαχείριση.

Ειδικά για τους χώρους γραφείων η ακουστική ποιότητα είναι σημαντική καθώς συνδέεται με την παραγωγικότητα. Η έκθεση σε θόρυβο μπορεί να προκαλέσει διαταραχές στην υγεία των εργαζομένων, όπως στρες, υψηλή αρτηριακή πίεση, διαταραχή ύπνου, απώλεια βάρους, κατάθλιψη και σε πιο ακραίες περιπτώσεις συνεχούς έκθεσης σε υψηλά επίπεδα θορύβου, ακόμα και απώλεια ακοής. Όλα τα προαναφερθέντα οδηγούν αναπόφευκτα σε μείωση της συγκέντρωσης και της ικανότητας επικοινωνίας, με αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας του λάθους.

Ο θόρυβος σε διατάξεις γραφείων μπορεί να μεταφερθεί με πολλούς τρόπους. Αρχικά το δάπεδο έχει σημαντικό ρόλο και σε ότι αφορά τον χρόνο αντήχησης του χώρου λόγω της ανακλαστικότητας αλλά και στην διάδοση κτυπογενούς θορύβου μέσω τακουνιών κλπ. Υλικά μαλακά πορώδη με μεγάλο πάχος, για παράδειγμα μοκέτα, απορροφούν τον θόρυβο αερόφερτο και στερεόφερτο. Έπειτα καλό είναι να αποφεύγονται παράλληλες γεωμετρίες και όπου δεν είναι εφικτό μπορούν να ενταχτούν συστήματα ηχοαπορρόφησης όπως στο ταβάνι. Ο θόρυβος διαδίδεται και από όχι τόσο εμφανή μέρη να οποία χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό αλλά και την υλοποίηση. Οι πόρτες είναι σύνηθες να προκαλούν πρό-

βλημα καθώς δημιουργούνται πολλά κενά στις ενώσεις κλειδαριές κλπ. Μασίφ ξύλινες πόρτες με λαστιχένιο περίβλημα σε σημεία που η πόρτα συναντά την κάσα όπως και αεροφράχτη η αλλιώς αεροστόπ στο κάτω μέρος είναι η πιο συνήθης λύση. Έπειτα οι αεραγωγοί των Η/Μ θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να μην μεταφέρουν θόρυβο ανάμεσα στα γραφεία, όπως και να έχει την κατάλληλη μόνωση και ηχοπαγίδες<sup>6</sup>.

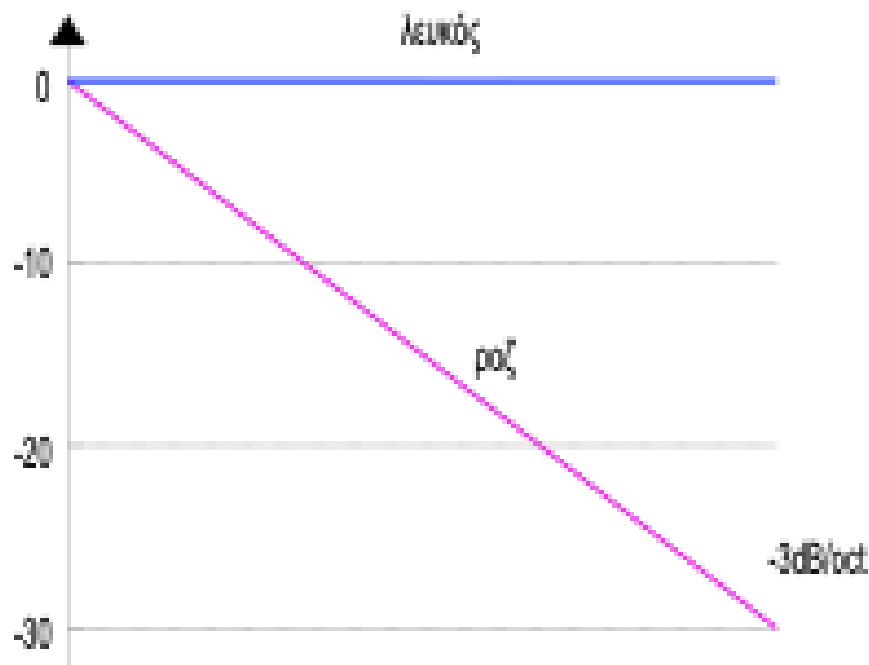
### 3.3. Τι είναι ο θόρυβος και πως τον αντιλαμβανόμαστε

Ο θόρυβος είναι κάτι ενοχλητικό, αλλά ο ορισμός του είναι υποκειμενικός. Στην επιστήμη της ακουστικής θόρυβος θεωρείται οποιοδήποτε ακουστικό ερέθισμα το οποίο προκαλεί δυσάρεστη η ενοχλητική αίσθηση. Σε περιπτώσεις που ο θόρυβος έχει συγκεκριμένο φάσμα μπορεί να χρησιμοποιήσει προκειμένου να διαπιστωθεί εάν μια συσκευή, ή διάταξη ακόμη και συμπεριφορά ενός χώρου, έχει καλή λειτουργία. Ο θόρυβος χωρίζεται κυρίως σε δύο κατηγορίες, τον «λευκό» θόρυβο και τον «ροζ» θόρυβο .

Ο «λευκός» θόρυβος έχει φάσμα με ίδιο πλάτος σε όλες τις συχνότητες. Για παράδειγμα αν από ένα ηχείο ακούγεται λευκός ήχος τότε η ακουστική έξοδος θα είναι ίδια με την απόκριση συχνότητας του ηχείου. Αν θα μπορούσε να υπάρξει κάποιο ηχείο που να μπορεί να αναπαράξει εξίσου καλά όλο το ακουστικό φάσμα, η απόκριση ιδανικά θα είναι μια ευθεία γραμμή.

<sup>6</sup> Edward Allen, Patrick Rand, Architectural Detailing, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.





Εικόνα 32, Διάγραμμα σχέσης λευκού - ροζ θορύβου, Πηγή: προσωπικό αρχείο

Ο «ρόζ» θόρυβος ελαττώνεται με την συχνότητα με ρυθμό  $-3\text{dB/oct}$ , όπου κάθε οκτάβα είναι ο λόγος συχνοτήτων 2:1. Ο ροζ θόρυβος περιέχει ίση ηχητική ενέργεια σε κάθε οκτάβα. Ο έλεγχος ενός ακουστικού συστήματος μπορεί να γίνει εξίσου καλά και με ροζ θόρυβο, αν η έξοδος του ηχητικού συστήματος αξιολογείται από φίλτρα με σταθερό εύρος ζώνης, για παράδειγμα μιας οκτάβας ή μιας τριτοοκτάβας. (Εικόνα 32)

Ο λευκός και ο ροζ θόρυβος είναι κάποιες από τις κατηγορίες του λεγόμενου θορύβου βάθους (background noise). Αυτό μπορεί να είναι ο θόρυβος από το σύστημα Ηvac ή από κάποιο server κλπ. Ποκειμένου να μην γίνεται ενοχλητικός θα πρέπει να μην υπερβαίνει τα 50 dB.

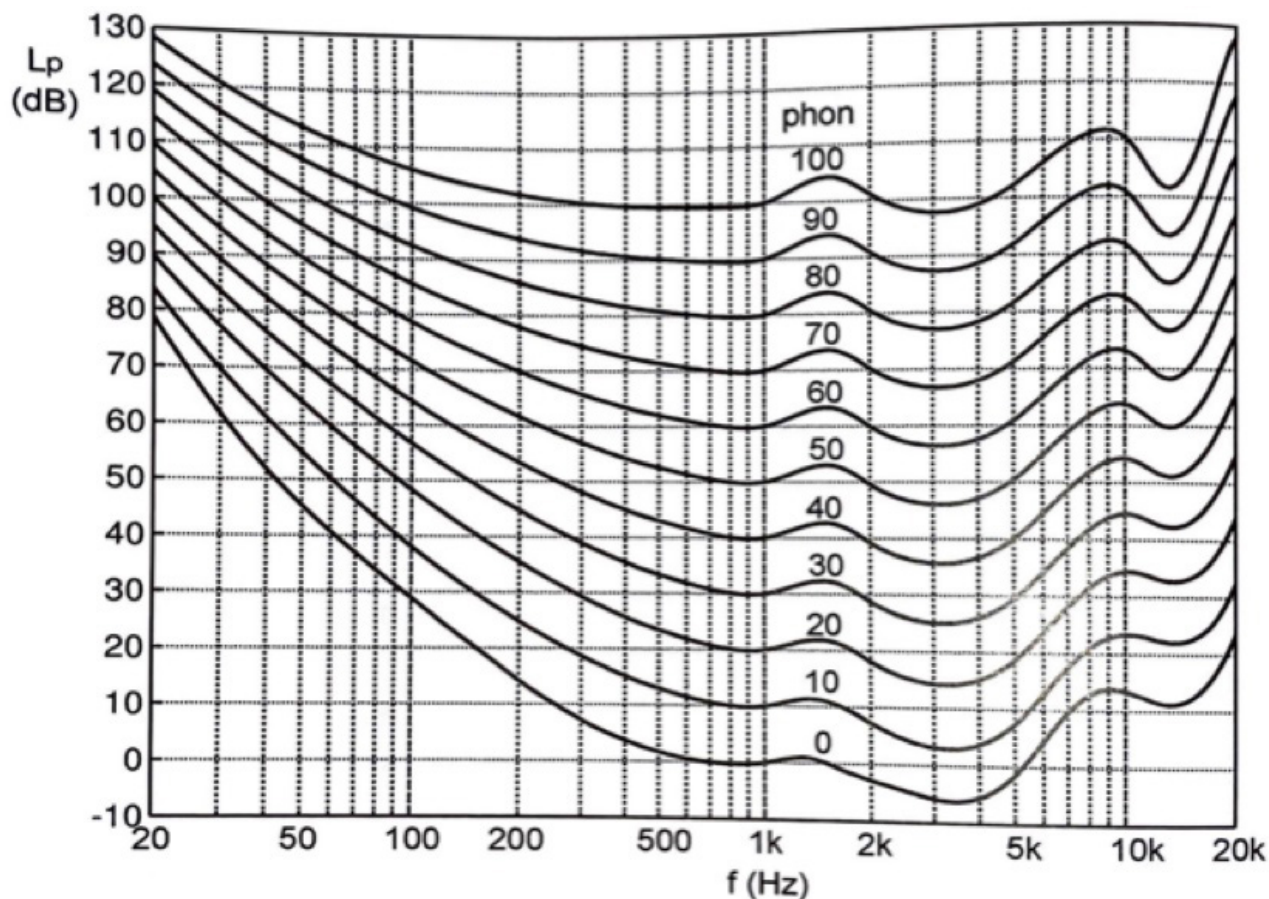
Σημαντική παράμετρος στον καθορισμό του θορύβου, εκτός από την ένταση, είναι και η συχνότητα εκπομπής. Όταν ο θόρυβος έχει υψηλή συχνότητα είναι οξύς και διαπεραστικός ενώ όταν έχει χαμηλή είναι πιο ενοχλητικός και αποπροσανατολιστικός

Ο θόρυβος γίνεται αντιληπτός ως αερόφερτος ή στερεόφερτος. Αερόφερτος είναι ο θόρυβος που μεταδίδεται μέσω του αέρα, όπως ομιλίες μουσική κλπ ενώ στερεόφερτος αυτός που μεταδίδεται μέσω των στερεών, δηλαδή των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής. Η κυριότερη κατηγορία του στερεόφερτου θορύβου είναι οι κτυπογενείς θόρυβοι (κτυπήματα περπάτημα με τακούνι κλπ).

Το ανθρώπινο αυτί αντιλαμβάνεται τις αυξομειώσεις της έντασης του ήχου με τρόπο γραμμικό και η αντίληψη αυτή αποδίδεται λογαριθμικά. Στις πολύ χαμηλές και υψηλές συχνότητες η ευαισθησία της ακοής ελαττώνεται επομένως συναντάται σε ήχους να προκαλούν διαφορετικά ακουστικά ερεθίσματα όντας σε διαφορετικές συχνότητες παρότι έχουν την ίδια ακριβώς στάθμη πίεσης<sup>7</sup>.

Οι καμπύλες ίσης ακουστικότητας μας δείχνουν ότι πάνω σε μία καμπύλη η υποκειμενική ένταση του ήχου διατηρείται

<sup>7</sup> Σπυρίδων Ι. Λουτρίδης (2018), *Ακουστική αρχές & εφαρμογές*, Τζιώλα



Εικόνα 33. Διάγραμμα σύγκρισης phon - dB, πηγή Συρίδων Ι. Λουτρίδης (2018), Ακουστική αρχές & εφαρμογές, Τζιώλα

σταθερή. Άρα η υποκειμενική ένταση ονομάζεται στάθμη ακουστικότητας και έχει μονάδα το phon για να την διακρίνουμε από την αντικειμενική τιμή της στάθμης πίεσης που μετριέται σε db. Στο παρακάτω διάγραμμα διακρίνεται η σχέση της μέτρησης phon με τα decibel, στις ίδιες συχνότητες. Στην συχνότητα 1 KHz, που ονομάζεται συχνότητα αναφοράς, η στάθμη πίεσης συμπίπτει με την στάθμη ακουστικότητας, στο 1 KHz δηλαδή  $50\text{phon}=50\text{ dB}$ . Αναλογικά σε συχνότητα 50 Hz

ισχύει ότι  $50\text{phon}=85\text{Hz}$  οπότε για να ακουστεί κάτι στην ίδια ένταση πρέπει να αυξηθεί κατά 35 dB. Στις υψηλότερες στάθμες οι καμπύλες ακουστικότητας τείνουν να επιπεδωθούν.

Η κατώτερη καμπύλη ακουστικότητας, 0 phon, ονομάζεται κατώφλι ακοής, και είναι το κατώτατο όριο ακοής που μπορεί να έχει ο άνθρωπος σε όλες τις συχνότητες του ακουστικού φάσματος. Επομένως ένας ήχος συχνότητας 100Hz και έντασης 30dB, για παράδειγμα, δεν θα γίνει αντιληπτός από το ανθρώπινο αυτί. (Εικόνα 33)

Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει την ακρόαση είναι αν το ακουστικό ερέθισμα γίνεται μονοωτικά (μόνο από το ένα αυτί), η αμφιωτικά (και από τα 2 αυτιά). Όπως είναι λογικό σε μονοωτική ακρόαση η ευαισθησία του αυτιού είναι μικρότερη χωρίς μεγάλη διακύμανση μεταξύ των διαφορετικών φασμάτων του ήχου.

Τέλος η υποκειμενική ένταση ενός σύνθετου ήχου ονομάζεται sone. Ένα sone ορίζεται αυθαίρετα ως η υποκειμενική αίσθηση της έντασης που προκαλείται από ένα υγιές άτομο όταν ακούει έναν τόνο ακουστικότητας 40 phon.

Ένας ήχος με ακουστικότητα 2 sone ο άνθρωπος τον αντιλαμβάνεται σαν να είναι διπλάσια δυνατός. Επομένως για να διαπιστωθεί αυξομείωση της έντασης, ο ήχος πρέπει να αυξηθεί ή μειωθεί κατά 10 phon<sup>8</sup>.

Εν προκειμένω σε χώρους γραφείων ανοιχτής διάταξης η στάθμη θορύβου στα 60 με 65 dB είναι συνήθης. Σε ιδανικό σενάριο θα μπορούσε η στάθμη θορύβου να είναι στα 40 dB δεδομένου ότι δεν υπάρχουν ομιλίες και θορυβογόνες συσκευές η περιβάλλον εξωτερικός ήχος. Τέλος, οριακό επίπεδο θορύβου σε καθημερινή έκθεση, σύμφωνα με το Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής, Ασφάλειας και Εργασίας, είναι τα 85 db<sup>9</sup>

### 3.4. Οι επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο

Ο θόρυβος είναι από τις μεγαλύτερες παθογένειες των μεγάλων πόλεων και αναπόφευκτα και των χώρων που δια-

μορφώνονται σε αυτές, που μπορεί να είναι από κατοικίες μέχρι χώροι εργα-



Εικόνα 34, Ντεσιμπελόμετρο έξω από εργοτάξιο στο Τόκυο

σίας και γραφείων, θέμα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία. Τα παραπάνω προβλήματα συνοψίζονται στον όρο νχορύπανση.

Σε γενικές γραμμές θόρυβος θεωρείται ο ενοχλητικός και ανεπιθύμητος ήχος και πιο ειδικά, σε ότι αφορά πνευματική εργασία, αυτός που υπερβαίνει τα 55dB, και στους βιομηχανικούς χώρους τα 85 dB<sup>10</sup>. Παρόλα αυτά δεν είναι όλοι οι ήχοι ίδιοι σε ότι αφορά την ενόχληση.

Ένας από τους πιο δεδομένους και συχνούς κινδύνους που διατρέχει κάποιος που έρχεται σε επαφή με θόρυβο είναι η απώλεια ακοής<sup>11</sup>. Η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου, είτε σε ότι αφορά την στάθμη, είτε στον χρόνο έκθεσης, μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια ακοής και σε πιο ακραίες καταστάσεις ακόμα και σε κώφωση. Ξέρουμε ότι σε ένα μέσο όρο μια καθημερινή οκτάωρη έκθεση σε στάθμη θορύβου 90dBA μπορεί να προκαλέσει ένα 15% απώλεια ακοής σε βάθος 15ετίας.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη σχετικά με τα προβλήματα γύρω

8 Συρίδων Ι. Λουτρίδης (2018), *Ακουστική αρχές & εφαρμογές*, Τζιώλα

9 Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας, <https://www.elinyae.gr/index.php/thema-ta-yae/thorybos/page/oriakes-times-ekthesis-ston-thorybo>

10 M. David Egan (1972), *Concepts in Architectural Acoustics*, McGraw- Hill Book Company

11 Νίκος Τσινίκας (2018), *Ακουστικός σχεδιασμός χώρων τρίτη έκδοση*, University Studio Press



από την καρδιαγγειακή υγεία<sup>12</sup>, η νχο-  
ρύπανση μπορεί να επηρεάσει το καρ-  
διαγγειακό σύστημα. Ένας από τους  
τρόπους που μπορεί να γίνει αυτό είναι  
μέσω της μικροχλωρίδας του εντέρου,  
καθώς υπάρχουν ενδείξεις ότι αλλα-  
γές σε αυτήν μπορούν να προκαλέσουν  
καρδιαγγειακή νόσο. Συγκεκριμένα,  
υπάρχει ο άξονας εντέρου-εγκεφάλου  
και οι διαταραχές σε αυτόν τον άξονα  
μπορούν να οδηγήσουν σε νευροψυχι-  
κές και φλεγμονώδεις διαταραχές, που  
αποτελούν παράγοντες κινδύνου για  
καρδιαγγειακή νόσο, ανεπάρκεια, αυ-  
ξημένα επίπεδα φλεγμονωδών κυτοκι-  
νών και μεταβολικές διαταραχές. Απαι-  
τούνται μελλοντικές μελέτες για τη διε-  
ρεύνηση αυτών των εναλλακτικών μη-  
χανισμών καρδιαγγειακής νόσου που  
προκαλούνται από τον θόρυβο, καθώς  
κάτι τέτοιο θα μπορούσε να προσφέρει  
νέες θεραπευτικές παρεμβάσεις. Συμπε-  
ρασματικά, η νχορύπανση σχετίζεται με  
αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακής νό-  
σου και καρδιαγγειακής θνησιμότητας.  
Απαιτείται νομοθεσία για τη μείωση της  
νχορύπανσης σε όλα τα επίπεδα.

Σε άλλη έρευνα που διεξήχθη μετα-  
ξύ των πανεπιστημίων αρχιτεκτονικής

12 [https://www.sciencedirect.com/science/article/  
pii/S0146280623003559](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146280623003559)

και ψυχολογίας του Deakin στην Αυ-  
στραλία, αλλά και της σχολής μηχανι-  
κών περιβάλλοντος του πανεπιστημίου  
του Μίσιγκαν, γύρω από τις επιπτώσεις  
του θορύβου που προέρχεται από κατα-  
σκευές, βρέθηκαν σημαντικές συνέπει-  
ες ανάλογα με το επίπεδο και τον χρόνο  
έκθεσης σε συγκεκριμένους θορύβους,  
στην ψυχολογία του ατόμου<sup>13</sup>. Οι υπο-  
κειμενικές απαντήσεις σχετικά με το  
άγχος που προκαλούν οι συνθήκες θο-  
ρύβου συλλέχθηκαν από τους συμμε-  
τέχοντες. Αυτές οι υποκειμενικές απα-  
ντήσεις θα ήταν ένας δείκτης του πόσο  
δυσάρεστος είναι ο θόρυβος. Για τη  
στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν  
μικτά μοντέλα. Η ανάλυση έδειξε ότι δι-  
αφορετικοί τύποι θορύβου επηρέασαν  
το ANS και την ομοιότητα. Επιπλέον,  
η έκθεση στον κατασκευαστικό θόρυβο  
επηρέασε σημαντικά το RR στην αρχή  
της έκθεσης, ωστόσο, το σώμα συνηθί-  
ζει με την πάροδο του χρόνου.

Λαμβάνοντας υπόψη τον αυξανό-  
μενο πληθυσμό στις πόλεις, αναμένεται  
ότι περισσότεροι άνθρωποι θα εκτεθούν  
στο θόρυβο των κατασκευών στο εγγύς  
μέλλον. Αυτή η μελέτη έριξε φως στις  
μη ακουστικές επιπτώσεις στην υγεία

13 [https://www.sciencedirect.com/science/article/  
pii/S0146280623003559](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146280623003559)

του θορύβου κατασκευής. Τα αποτελέ-  
σματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η  
έκθεση στον θόρυβο των κατασκευών  
μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις  
στην ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, απο-  
κάλυψε την αναγκαιότητα διενέργειας  
περισσότερων μελετών σχετικά με τις  
επιπτώσεις του θορύβου των κατασκευ-  
ών στην υγεία. Τα ευρήματα αυτής της  
μελέτης μπορούν να είναι χρήσιμα για  
τους ρυθμιστικούς φορείς για την παρο-  
χή πιο αποτελεσματικών περιβαλλοντι-  
κών και επαγγελματικών κανονισμών  
για την προστασία των ανθρώπων από  
τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του  
θορύβου των κατασκευών.

### 3.5. Ο θόρυβος σε γραφεία σύγ- χρονα παραδείγματα

Η παραγωγή θορύβου δεν είναι κοι-  
νή σε όλους τους χώρους γραφείων.  
Υπάρχουν παράγοντες όπως η γεωμε-  
τρία, το είδος της διάταξης, τοποθεσία  
καθώς και το είδος εργασίας. Για πα-  
ράδειγμα ένα αρχιτεκτονικό γραφείο  
απαιτεί εκτός από την συνεχή αλληλε-  
πίδραση των εργαζόμενων και μηχανή-  
ματα τα οποία παράγουν θόρυβο όπως  
plotter, μηχανήματα επεξεργασίας μα-



Εικόνα 35, Στάθμη θορύβου αυτοκινητόδρομου με κίνηση 85 dB, Young S. Lee, Michigan 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193>



Εικόνα 37, Βουητό ψυγείου 40dB, Young S. Lee, Michigan 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193>



Εικόνα 36, Ανοιχτό γραφείο διάταξης open plan με στάθμη θορύβου 60-65dB, Young S. Lee, Michigan 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193>

κετών κλπ. Η ομιλίες μπορεί να έχουν στάθμη θορύβου 60-65 dB δεδομένου ότι μιλάνε σε απόσταση περίπου ενός μέτρου χωρίς να μιλάνε δυνατά. Μηχανήματα όπως ο plotter παράγουν θόρυβο 70- 75 dB<sup>14</sup>. Γενικότερα συσκευές που υπάρχουν στα περισσότερα είδη γραφείων που παράγουν θόρυβο είναι το τηλέφωνο (70-100 dB), μηχανικά πληκτρολόγια 60-70 dB ήχος από μηχανήματα server (60dB), ψυγεία (40 dB), φούρνος μικροκυμάτων (50 dB). Θεμιτός είναι ο διαχωρισμός του χώρου εργασίας από τις παραπάνω πηγές θορύβου όπως για παράδειγμα κλειστή κουζίνα και δωμάτιο server και ηχομόνωση. (Εικόνες 35, 36 και 37)

Κάτι που συχνά παραλείπεται είναι η μελέτη του υφιστάμενου

<sup>14</sup> M. David Egan (1972), Concepts in Architectural Acoustics, McGraw- Hill Book Company

ήχου από σταθερές και μη ανθρωπογενείς πηγές όπως ο διαρκής θόρυβος από τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις και το σύστημα HVAC, τα οποία πρέπει να τοποθετηθούν σε διαφορετικό χώρο και η διατομή των αγωγών να είναι μεγάλη ώστε να μειωθεί η ταχύτητα του αέρα που πρέπει να κυκλοφορεί προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του εκάστοτε χώρου. Το πάτωμα προτιμάται να καλύπτεται από καρπέτο ώστε να καλύψει τον θόρυβο που προκαλείται από το βάδην, και τις ανακλάσεις του ήχου στον χώρο. Επιπλέον βοηθάει στην απορρόφηση της αιωρούμενης σκόνης

Κατασκευαστικά σχετικά με τους σταθμούς εργασίας cubicles, προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο της περίθλασης, τα διαχωριστικά πάνελ θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,80 m σε περίπτωση καθιστού γραφείου, κάτι που φτάνει τουλάχιστον τα 2 m σε περίπτωση όρθιου, δεδομένου ότι το μέσο ύψος ανθρώπου στις δυτικές χώρες είναι 1,75m. Δομικά πρέπει να είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε η επιφανειακή πυκνότητα να είναι τουλάχιστον 5 kg/m<sup>2</sup> ώστε να μειωθεί η στάθμη του ήχου κατά 20 dB. Η χρησιμοποίηση

νοβοπάν 10mm πάχους, ή γυψοσανίδας πάχους 6,25mm, είναι ένας ενδεδειγμένος τρόπος κατασκευής. Επιπρόσθετα εφόσον υπάρχει ανάγκη οπτικής επαφής ανάμεσα στους σταθμούς εργασίας μπορεί να τοποθετηθεί ένα μικροπάνελ από γυαλί η πλεξιγκλάς.

Σχετικά με την οροφή ισχύει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος της τόσο μας διευκολύνει, λόγω της αυξημένης απόστασης μετάδοσης. Παρόλα αυτά ενδείκνυται επένδυση της με ακουστικά πλακίδια με συντελεστή απορρόφησης μεγαλύτερο από 0,8 για συχνότητες πάνω από 500 Hz. Όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα 3.3 η ενόχληση από θόρυβο δεν έχει να κάνει απαραίτητα μόνο με την στάθμη του θορύβου αλλά και με την συχνότητα. Ο λεγόμενος ηλεκτρονικός ήχος (coil whine) που παράγουν ηλεκτρικές συσκευές που έχουν πλακέτες, από υπολογιστές server και ups μέχρι και φωτιστικά οροφής παρότι δεν παράγουν ήχο υψηλής συχνότητας προκαλούν ενόχληση.





οποίο τοποθετήθηκε σε τρίποδο μόνιμα στο γραφείο 1 και με φορά προς την εκάστοτε πηγή. Ως πηγή χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη περίπτωση ένα φορητό ηχείο, συνδεδεμένο με ένα iPad το οποίο διαθέτει κατάλληλο λογισμικό παραγωγής συχνοτήτων (tone generator) (Εικόνα 41). Τέλος, χρησιμοποιήθηκε και ένα κινητό σύγχρονης τεχνολογίας με καλό μικρόφωνο το οποίο φέρει λογισμικό μέτρησης στάθμης θορύβου (Decibel X) (Εικόνα 42), με το οποίο καλιμπραρίστηκε η στάθμη ήχου της πηγής.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι για να είναι τα δεδομένα του πειράματος ακριβή, το πείραμα διεξήχθη σε ώρα που το προσωπικό του χώρου απουσίαζε από το κτήριο, ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές.

#### 4.2.2. Διάδρομος

Τοποθεείται η πηγή στον διάδρομο έξω από το γραφείο 1, στο ύψος που θα βρίσκεται το ντεσιμπελόμετρο μέσα στο γραφείο, με κλειστή την πόρτα και με φορά κάθετη προς αυτό. Εκπέμπονται ήχοι σε συγκεκριμένες συχνότητες, ξεκινώντας από 100hz και διπλασιάζο-

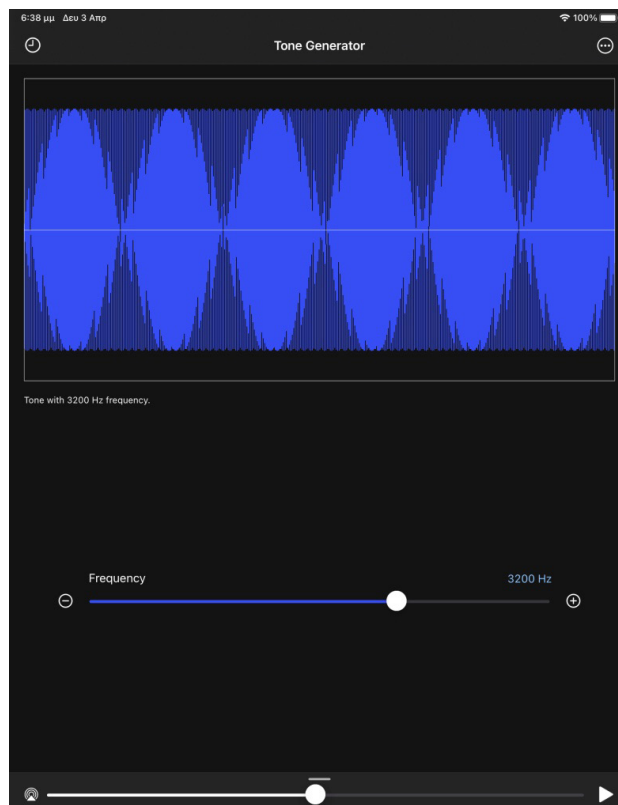


Εικόνα 39 Κάτοψη 1ου ορόφου χώροι πειραμάτων

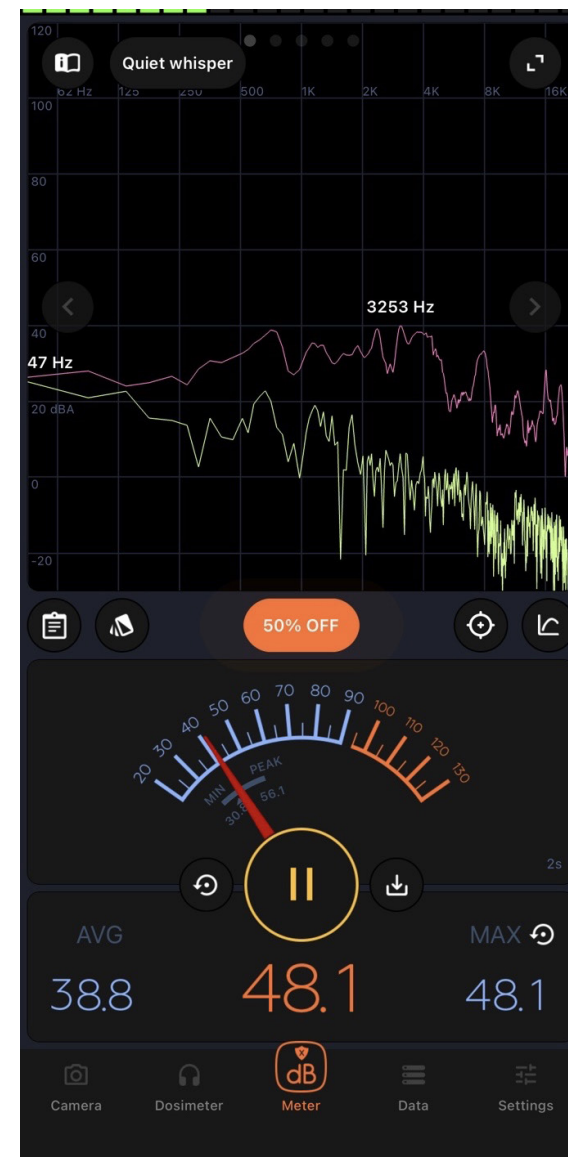
ντας μέχρι τα 3200hz (Εικόνα 43). Προκειμένου οι συχνότητες αυτές να είναι στις συγκεκριμένες μετρήσεις στάθμης ήχου (decibel) ρυθμίζεται η ένταση ήχου χρησιμοποιώντας το δεύτερο ντεσιμπελόμετρο που αναφέραμε παραπάνω. Αυτό είναι μεγίστης σημασίας ώστε να μπορέσουμε να είναι δυνατόν να εξαχθούν δεδομένα ως προς την απώλεια θορύβου λόγω ηχομόνωσης.



Εικόνα 40 Όργανο Μέτρησης Στάθμης Θορύβου ( Ντεσιμπελόμετρο)



Εικόνα 41 Στιγμιότυπο καταγραφής οθόνης της εφαρμογής παραγωγής συχνотήτων (tone generator)



Εικόνα 42 Στιγμιότυπο καταγραφής οθόνης εφαρμογή μέτρησης στάθμης θορύβου decibel x

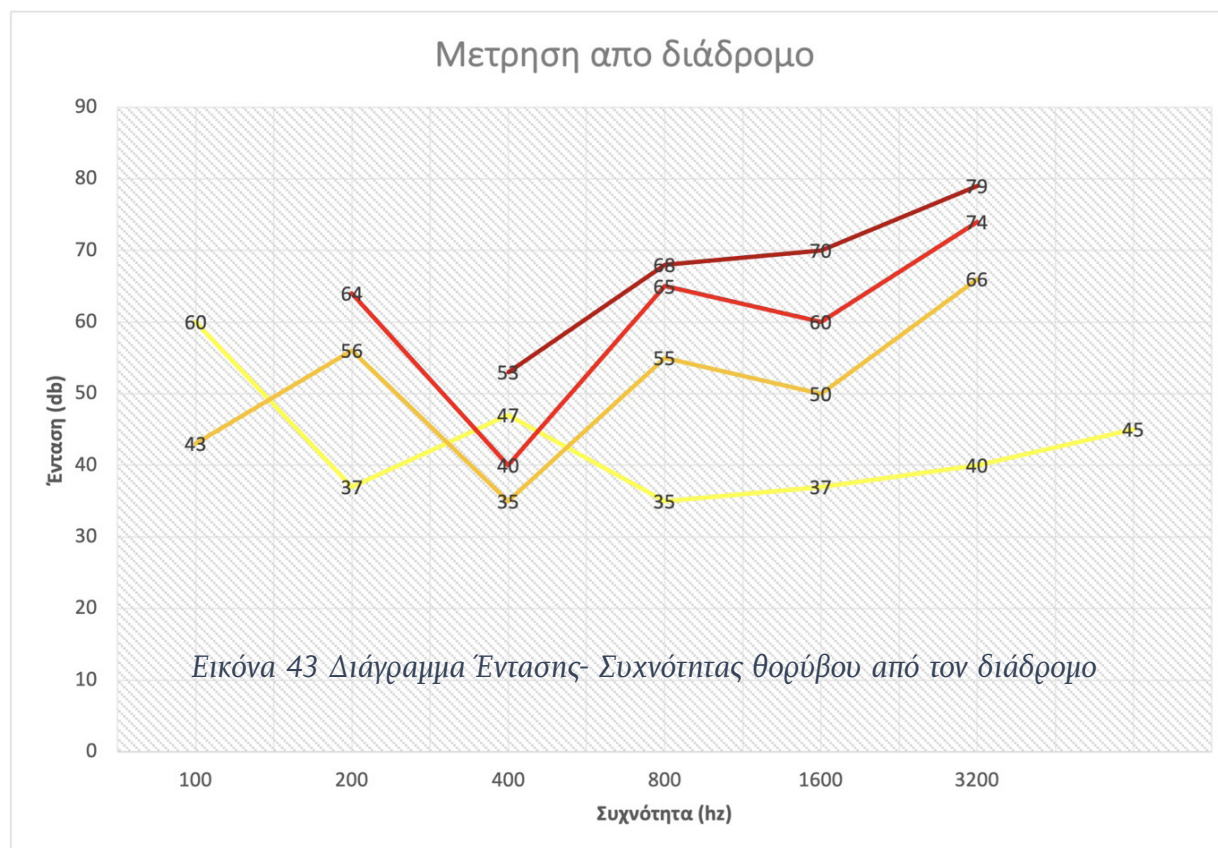


## Συμπέρασμα μέτρησης

Από τα ευρήματα του πειράματος είναι φανερό το ποσοστό ηχομόνωσης της τάξης 23 με 50 τοις εκατό στις εντάσεις από 60dB μέχρι 90dB. Τα γραφεία έχουν γεωμετρία που δεν βοηθά την απορρόφηση ήχου (παράλληλες επιφάνειες, στάσιμα κύματα). Στον διάδρομο κινείται πολύς κόσμος ο οποίο μιλάει σε στάθμη 60-65. Οι παράλληλες και σκληρές επιφάνειες δημιουργούν μεγάλο χρόνο αντήχησης και κατά συνέπεια διατήρηση της ηχητικής ενέργειας η οποία επιβαρύνει τα γραφεία. Το δάπεδο είναι σκληρό άρα προσθέτει και στερέοφωνο ήχο. Δεν υπάρχουν πουθενά μαλακές επιφάνειες ώστε κάπως να περιοριστεί ο παραγόμενος θόρυβος. Όταν έξω υπάρχουν 80db, μέσα ακούγονται πάνω από τα μισά (40-67dB)

Ο ήχος περνάει εύκολα από πόρτα και τοίχους καθώς πιθανότατα αυτοί δεν φτάνουν μέχρι οροφή αλλά μόνο μέχρι την ψευδοροφή και οι πόρτες δεν φέρουν ανεμοθραύστη και ελαστικά στην κάσα.

	db.	db.	db.	db.
Συχνότητα (hz)	60	70	80	90
100	37	43		
200	47	56	64	
400	35	35	40	53
800	37	55	65	68
1600	40	50	60	70
3200	45	66	74	79



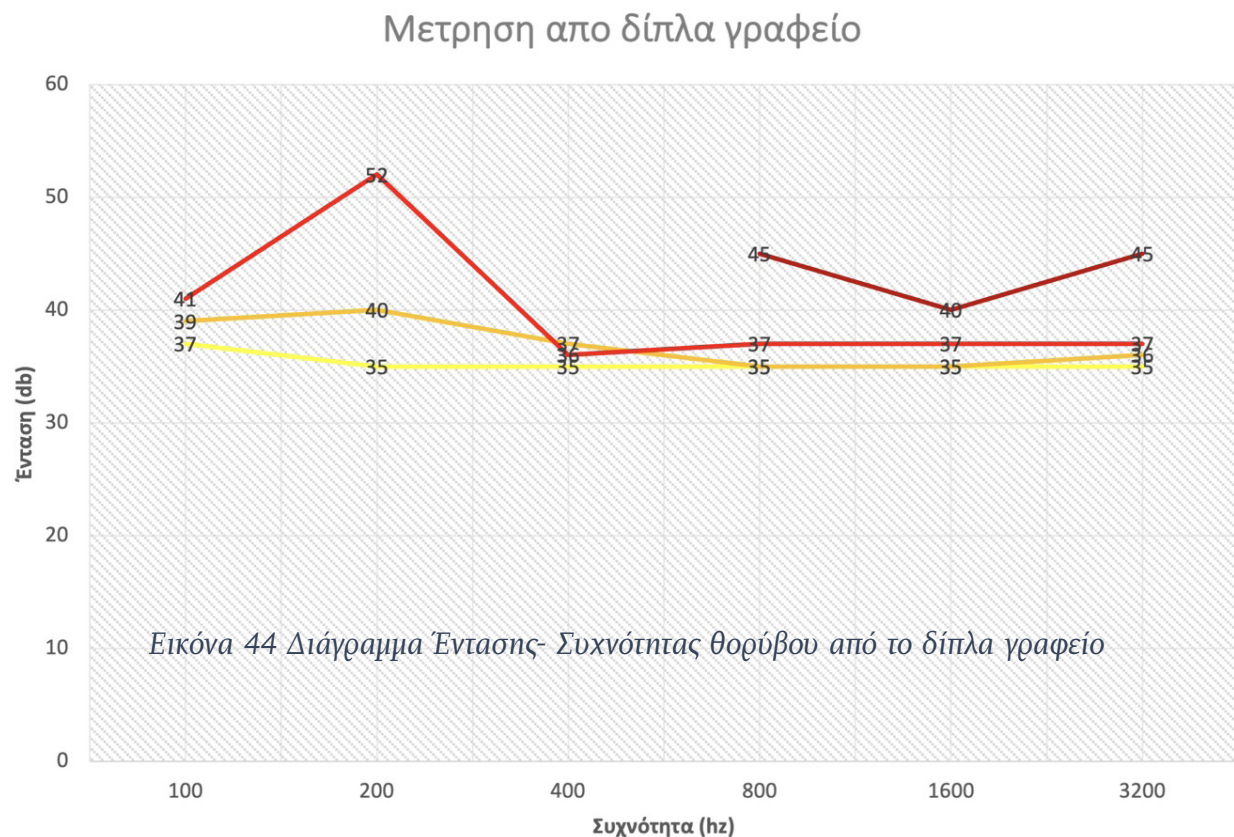
### 4.2.3. Όμορο Γραφείο 2

Ομοίως εκτελείται και σε αυτή την περίπτωση. Τοποθετείται μικρόφωνο κάθετα και στο ίδιο ύψος από το δάπεδο την πηγή και με κλειστές τις πόρτες και των 2 γραφείων και γίνεται εκπομπή. (Εικόνα 44)

	db.	db.	db.	db.
Συχνότητα (hz)	60	70	80	90
100	37	39	41	
200	35	40	52	
400	35	37	36	
800	35	35	37	45
1600	35	35	37	40
3200	35	36	37	45

### 4.2.4. Παράπλευρο Γραφείο 3

Το ίδιο συμβαίνει και σε αυτή την περίπτωση. Τοποθετείται μικρόφωνο κάθετα και στο ίδιο ύψος από το δάπεδο την πηγή και με κλειστές τις πόρτες και των 2 γραφείων και γίνεται εκπομπή. (Εικόνα 45)



Εικόνα 44 Διάγραμμα Έντασης- Συχνότητας θορύβου από το δίπλα γραφείο

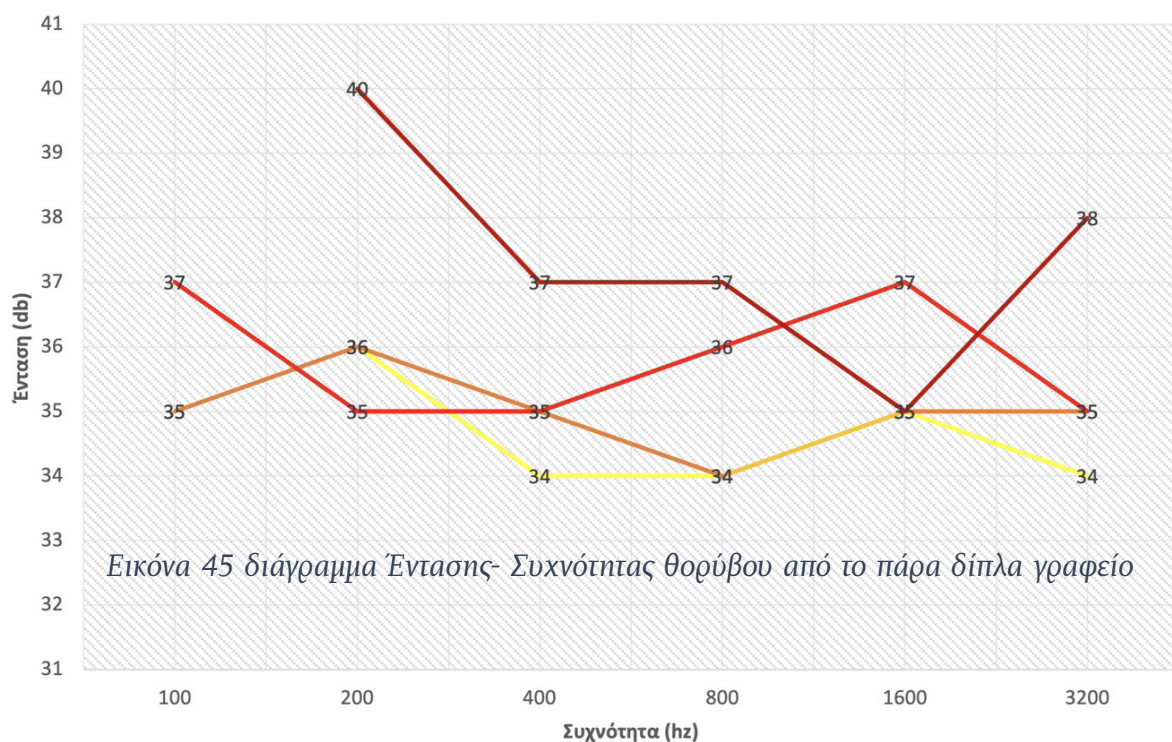


	db.	db.	db.	db.
Συχνότητα (hz)	60	70	80	90
100	35	35	37	
200	36	36	35	40
400	34	35	35	37
800	34	34	36	37
1600	35	35	37	35
3200	34	35	35	38

## Συμπέρασμα μέτρησης

Συγκριτικά με την μέτρηση από τον διάδρομο τα ευρήματα των μετρήσεων του όμορου και του παράπλευρου γραφείου εμφανίζουν καλύτερη ηχομονωτική απόδοση και σχεδόν ίση κατανομή ανά τις συχνότητες με μια μικρή εξαίρεση στα 80 dB. Παρόλαυτα και σε αυτές τις περιπτώσεις πάλι η ηχομόνωση δεν είναι ικανή να προσφέρει ιδιωτικότητα, τουλάχιστον σε ότι αφορά τα όμορα γραφεία, καθώς ενώ η στάθμη θα έπρεπε να παραμένει στα 38dB στις ψηλές στάθμες θορύβου 70-80dB η στάθμη φτάνει μέχρι και 52dB. Κάτι που επίσης εμφανίζει προβληματισμό είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει καμία απορρόφηση κτυπογενούς θορύβου στο διαχωριστικό γυψοσανίδας ανάμεσα στα δωμάτια επομένως το παραμικρό χτύπημα πάνω στον τοίχο να μεταφέρεται σχεδόν αυτούσιο στην άλλη πλευρά. Σε ότι αφορά το παράπλευρο αναμενόμενα διαπιστώνουμε καλύτερη ηχητική συμπεριφορά, με μόνο ήχους σε υψηλές εντάσεις να γίνονται αντιληπτοί.

Μετρηση απο παρα δίπλα γραφείο

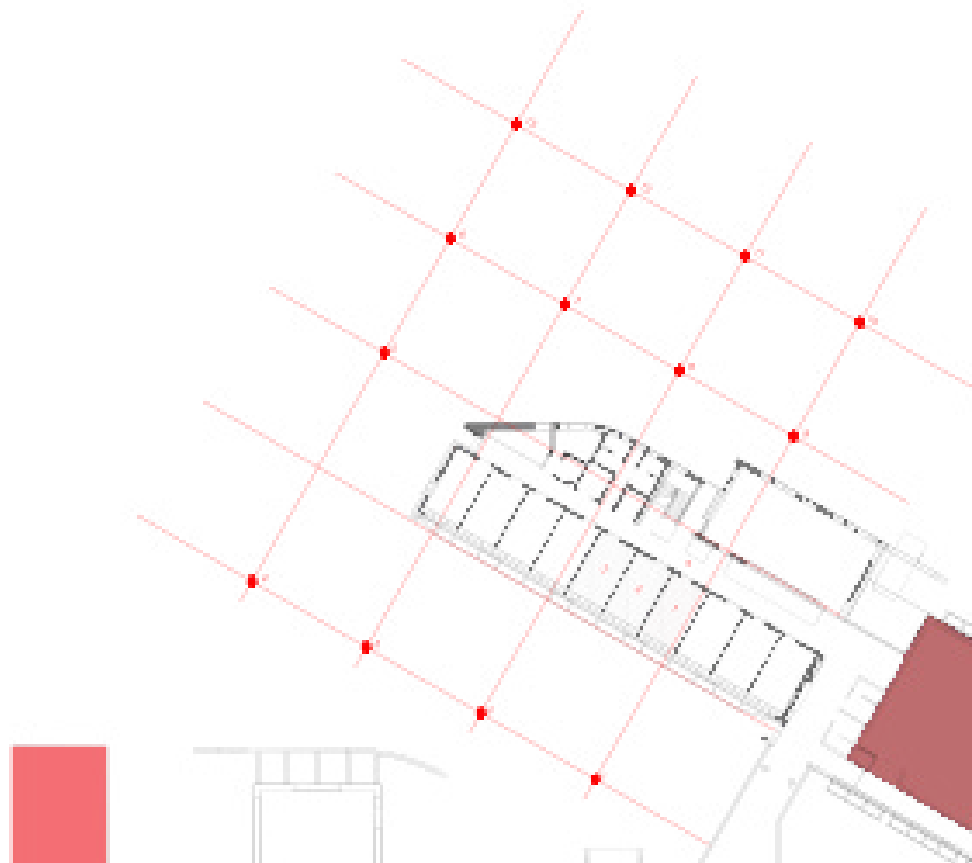




### 4.3. Χάρτης θορύβου εξωτερικού ήχου

#### 4.3.1. Περιγραφή μέτρησης

Σε αυτή τη μέτρηση καταγράφεται ο εξωγενής θόρυβος της εξεταζόμενης πτέρυγας του Γαλάζιου κτιριακού συγκροτήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης. Αρχικά χαράσσεται κανάβος εξωτερικά του κτιρίου με βήμα 10 μ. με ονομασία των σημείων τομών του κανάβου (Εικόνα 46). Έπειτα σε κάθε ένα από αυτά τα σημεία με ένα φορητό όργανο μέτρησης στάθμης θορύβου (ντεσιμπελόμετρο), που στην προκείμενη περίπτωση είναι η εφαρμογή decibel-x σε κινητό σύγχρονης τεχνολογίας, γίνεται καταγραφή στάθμης ήχου για χρονικό διάστημα 30 δευτερολέπων. Η εφαρμογή επιτρέπει να εξάχθουν τα δεδομένα σε διάγραμμα μορφής pdf το οποίο παρατίθεται πιο κάτω.



Εικόνα 46 Κάτοψη 1ου ορόφου χαραγμένη σε κανάβο και τα σημεία μέτρησης

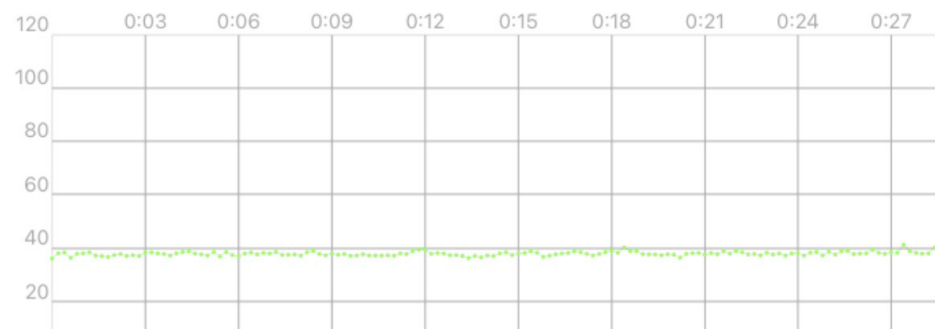
## 4.3.2. Μετρήσεις στα σημεία

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	38.3 dB
Min	36.4 dB
Max	41.5 dB
Peak	45.1 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %

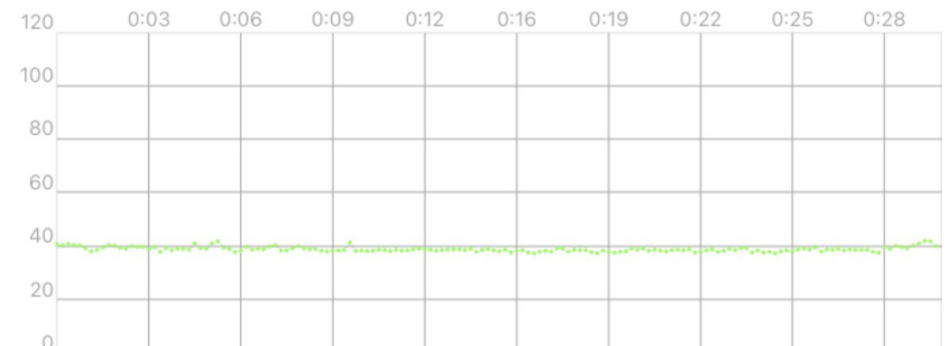


### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	39.2 dB
Min	37.5 dB
Max	42.2 dB
Peak	47.6 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



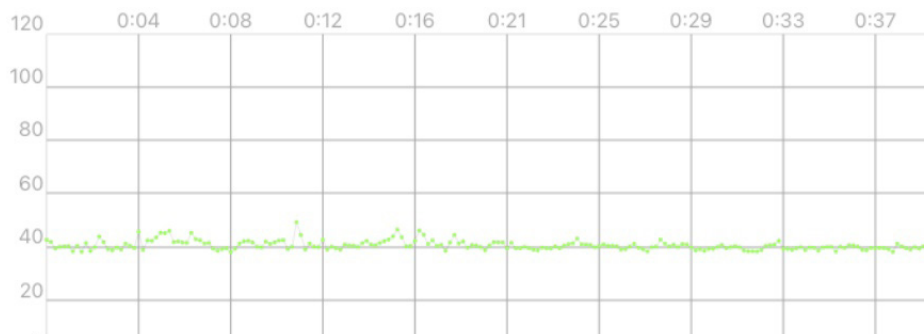
## Σημείο 3

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	41.4 dB
Min	38.3 dB
Max	49.5 dB
Peak	56.3 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



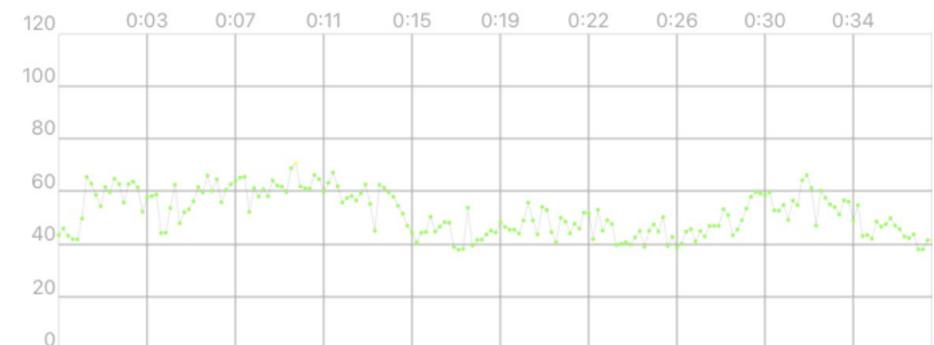
## Σημείο 4

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	58.7 dB
Min	38.1 dB
Max	70.9 dB
Peak	79.5 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %





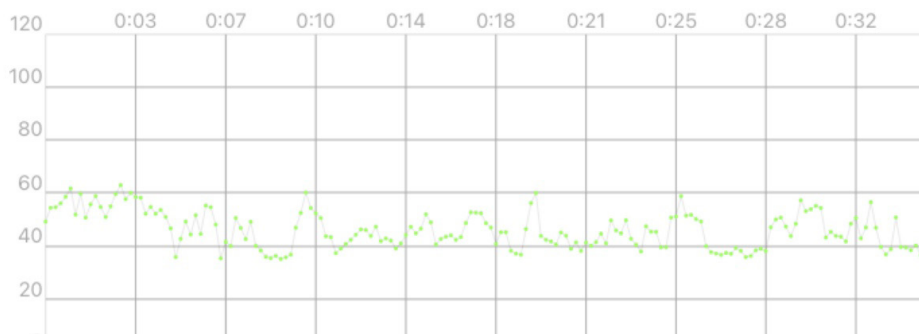
## Σημείο 5

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	51.8 dB
Min	35.4 dB
Max	63.2 dB
Peak	67.9 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



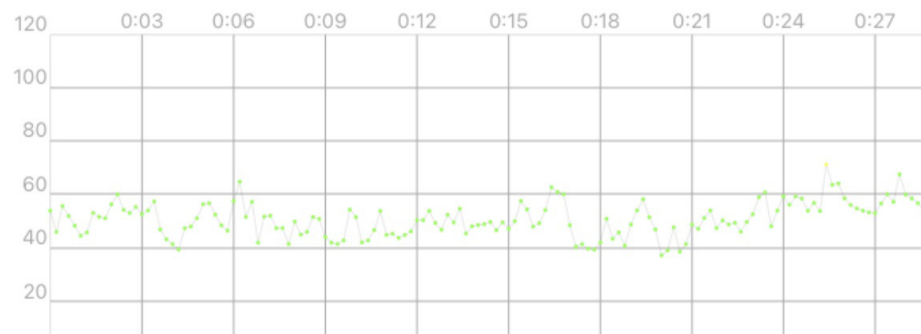
## Σημείο 6

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	56.3 dB
Min	37.5 dB
Max	71.5 dB
Peak	80.8 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



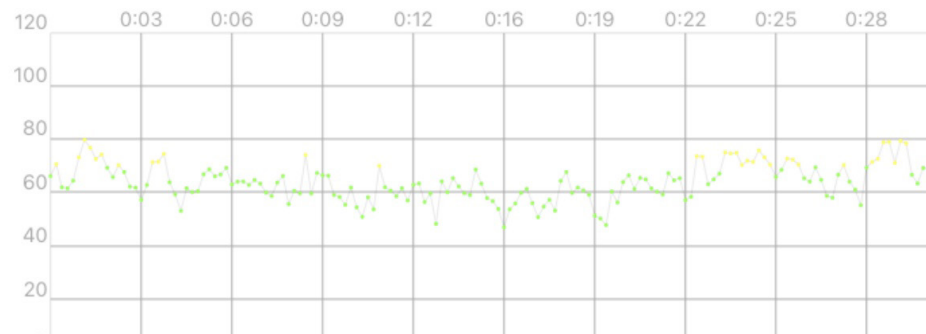
## Σημείο 7

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	69.3 dB
Min	47.2 dB
Max	80.0 dB
Peak	86.4 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



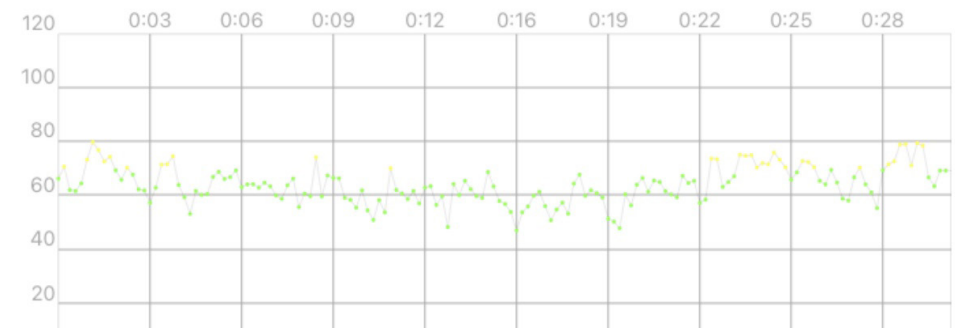
## Σημείο 8

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	69.3 dB
Min	47.2 dB
Max	80.0 dB
Peak	86.4 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



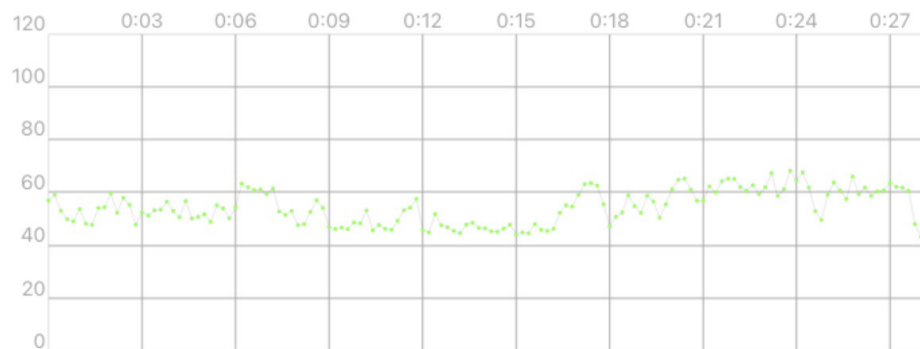
## Σημείο 9

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	59.1 dB
Min	43.5 dB
Max	68.4 dB
Peak	73.6 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



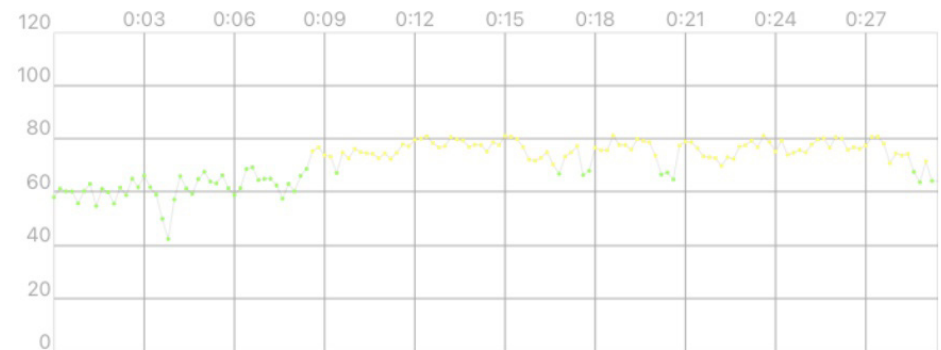
## Σημείο 10

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	75.7 dB
Min	42.7 dB
Max	81.4 dB
Peak	87.0 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %





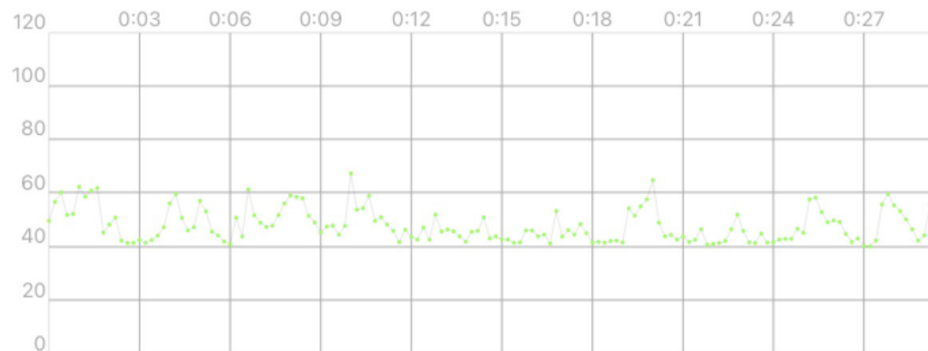
## Σημείο 11

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	53.7 dB
Min	40.3 dB
Max	67.5 dB
Peak	74.1 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



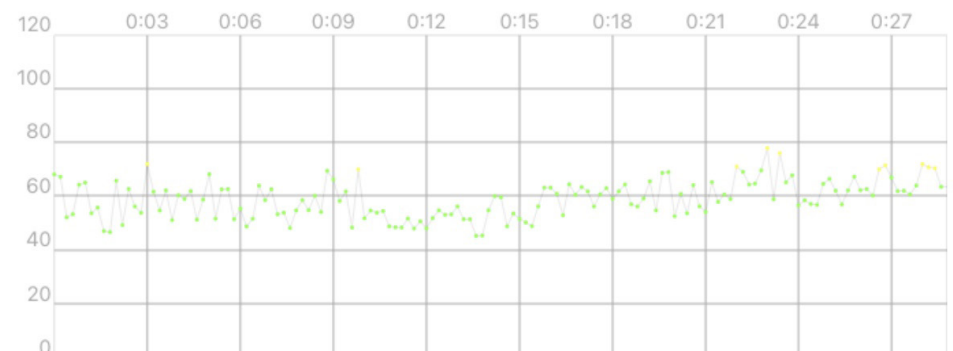
## Σημείο 12

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	64.6 dB
Min	45.5 dB
Max	78.1 dB
Peak	84.2 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



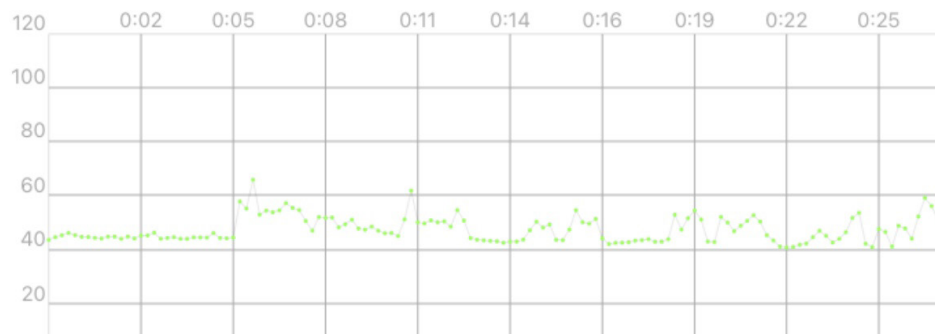
## Σημείο 13

### Measurement configurations

Frequency weighting	A
Response time	Fast (0.2s)
Calibration	+0.0 dB
Avg/Leq	51.3 dB
Min	41.1 dB
Max	66.1 dB
Peak	71.9 dB

### Measurement results

Standard	NIOSH
Threshold	85 dB
Exchange rate	3 dB
TWA	0.0 dB
Dose	0.0 %
Projected dose	0.0 %



## Συμπέρασμα μέτρησης

Οι μετρήσεις τιμών έντασης του ήχου στον κάναβο που ορίστηκε γύρω από το κτίριο σε μια κανονική από πλευράς κόσμου μέρα μας δείχνουν ότι δεν έχουμε να κάνουμε με ιδιαίτερα θορυβώδες περιβάλλον (Εικόνα 47). Η τοποθεσία μάλιστα των γραφείων αναφοράς βρίσκεται στο πιο ήσυχο σημείο του χάρτη δεδομένο αναμενόμενο καθώς αποτελεί απόληξη του αύλειου χώρου χωρίς μεταβάσεις φοιτητών προσωπικού κλπ από εκεί. Ο μόνος θορυβογόνος παράγοντας της περιοχής είναι τα αεροπλάνα λόγω του αεροδρομίου Χανιών. Δημιουργεί ένα pick στην στάθμη ήχου που είναι αντιληπτή μεν, αλλά για περιορισμένο χρονικό διάστημα δε. Έχουμε αναφέρει ότι ένας μέσος χώρος γραφείων ανοιχτής διάταξης έχει 60-65dB επίπεδο θορύβου επομένως δεδομένης και της ηχομόνωσης των υαλοστασίων και του κελύφους του κτηριακού συγκροτήματος δεν γεννάται θέμα ηχορύπανσης.



Εικόνα 47, Χάρτης θορύβου εξωτερικού χώρου με μέσες τιμές dB



## 5. Συμπεράσματα

Από την αρχή της οικονομικής ιστορίας του ανθρώπου οι συναλλαγές και κατ' επέκτασιν η εργασία πίσω από αυτές, αποτελούσε κυρίαρχο στοιχείο κάθε κοινωνικής ομάδας. Η βιομηχανική επανάσταση, έφερε ραγδαία αύξηση του πλήθους των επαγγελματιών λόγω της ανάγκης για εξειδίκευση και αυτοματοποίηση, επομένως έπρεπε να διευρυνθεί περαιτέρω ο καταμερισμός των εργασιών.

Η οργάνωση των χώρων εργασίας, εκτός των άλλων, απορρέει και από την επικρατούσα αντίληψη σχετικά με το ρόλο του εργαζομένου στην παραγωγική διαδικασία. Στις ημέρες μας τόσο λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων, όσο και της έμφασης σε παροχή υπηρεσιών, που αφορούν άυλα προϊόντα, έχει καταδειχθεί η σημασία του εργαζομένου στη διαδικασία αυτή.

Οι ιδιαιτερότητες στην απασχόληση σήμερα, αφορούν την ευέλικτη εργασία (ειδικά μετά την πανδημία), που δεν απαιτεί τη φυσική παρουσία του εργαζομένου στο χώρο της εργασίας. Οι αλλαγές όμως αυτές δεν αναιρούν την

ανάγκη ύπαρξης λειτουργικών και βιώσιμων εργασιακών χώρων και χώρων γραφείου.

Η ποιότητα ενός εσωτερικού χώρου εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες ακουστικής που έχει. Συγκεκριμένα μέσω του χρόνου αντήχησης κρίνονται ποιότητες ακουστικής ενός χώρου. Υλικότητες και γεωμετρίες των εκάστοτε χώρων δημιουργούν συνθήκες ακουστικής άνεσης.

Ενώ ο θόρυβος είναι από τις μεγαλύτερες παθογένειες των μεγάλων πόλεων και αναπόφευκτα και των χώρων που διαμορφώνονται σε αυτές, υπάρχουν πολλές δυνατότητες για να περιοριστεί η δυσμενής επίδρασή του στο εσωτερικό εργασιακό περιβάλλον με κατάλληλη εκμετάλευση παραγόντων όπως η γεωμετρία, επιλογή υλικών, είδος διάταξης, τοποθεσία, κατανομή ανά είδος εργασίας κ.α.

## 6. Βιβλιογραφία

### Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

1. Liu, F., Jiang, S., Kang, J. et al. On the definition of noise. Humanit Soc Sci Commun, 2022, <https://www.nature.com/articles/s41599-022-01431-x>
2. Nicole Antonio, What is noise, 2023 <https://science.howstuffworks.com/what-is-white-noise.htm>
3. Joseph Castro, 2013 <https://www.livescience.com/38387-what-is-white-noise.html>
4. A.Kaarlela-Tuomaala, R.Helenius, E.Keskinen, Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices – longitudinal study during relocation, 2009 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140130903154579?journalCode=terg20>
5. Petra Virjonen, Jukka Keranen, Riikka Helenius, Jarkko Hakala, Acoustics in open plan offices- A laboratory study, 2005 <https://www.researchgate.net/publication/228864084>
6. Katie Keahey, Denver 2021, <https://www.eua.com/media/expert-insights/maintaining-privacy-in-open-offices/>
7. Veronica Garcia-Hansen, Ayman Wagdy, Simon Smith, Gillian Isoardi, Evaluating visual comfort in open plan offices: Exploration of simple methods for evaluation and prediction, 2018 <https://www.researchgate.net/publication/324032884>
8. Young S. Lee, Michigan 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193>

## Έντυπη βιβλιογραφία

- Neufert 2000, Οικοδομική & Αρχιτεκτονική Σύνθεση, Μ. Γκιούρδας
- Francis D.K. Ching 2005, Σχεδιασμός εσωτερικών χώρων, ΙΩΝ
- Συρίδων Ι. Λουτρίδης 2018, Ακουστική αρχες & εφαρμογες , Τζιώλα
- Νίκος Τσινίκας 2018, Ακουστικός σχεδιασμός χώρων τρίτη έκδοση, University Studio Press
- M. David Egan 1972, Concepts in Architectural Acoustics, McGraw- Hill Book Company
- Δημήτρης Σκαρλάτος(2018), Εφαρμοσμένη Ακουστική , Ηχοπροστασία, Gotsis
- Riffkin J., 1996, Κοβαλένκο Γ. (μτφρ.). Το Τέλος της Εργασίας και το Μέλλον της. Αθήνα, Νέα Σύνορα Λιβάνης
- Allen C., (ed.), 2012. Best of Office Architecture and Design. Sandow Media
- Brill M 1986. Using Office Design to Increase Productivity. Buffalo Organization for Social and Technological Innovation (BOSTI), Workplace Design and Productivity (two volumes)
- Brennan A., Chugh J.S., and Kline T., 2002. Traditional Versus Open Space Design: A Longitudinal Field Study. Journal of Environment and Behavior, Vol.34. No 3
- Brill, M., Margulis, S., Konar, E., 1985.The Impact of the Office Environment on Productivity and the Quality of Working Life. (2 vols). Buffalo: Westinghouse Furniture Systems
- Maher, A., Von Hippel, C. 2005. Individual Differences in Employee Reactions to Open-Plan Offices, Journal of Environmental Psychology, Vol. 25, No. 5
- Sundstorm E., Sundstorm M.G., 1986. Work Places: The Psychology of the Physical Environment in Offices and Factories. USA: Press Syndicate of the University of Cambridge



Vischer, J., 2007. Towards an Environmental Psychology of Workspace: How People are affected by Environments for Work, University of Sydney, Architectural Science Review Volume 51.2

Maher, A., Von Hippel, C. 2005. Individual Differences in Employee Reactions to Open-Plan Offices, Journal of Environmental Psychology, Vol. 25,

Brill M., Margulis S., Konar E., 1985 .The Impact of the Office Environment on Productivity and the Quality of Working Life. (2 vols). Buffalo: Westinghouse Furniture Systems.

Edward Allen, Patrick Rand, Architectural Detailing, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.

Ζωή Γεωργιάδου, Άρης Κλωνιζάκης, Μαρία Μοίρα, Διονυσία Φράγκου, 2015, Χώροι γραφείων: μια ιστορία αρχιτεκτονικής εσωτερικών χώρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

M. David Egan 1972, Concepts in Architectural Acoustics, McGraw- Hill Book Company

## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1. Οργανωτικό διαγραμμα γραφειοκρατίας του Max Webber, <a href="https://www.collidu.com/presentation-max-weber-bureaucracy-theory">https://www.collidu.com/presentation-max-weber-bureaucracy-theory</a> .....	10
Εικόνα 2. Γραμμή παραγωγής εργοστασίου Ford Motor Company, Frederick Winslow Taylor .....	11
Εικόνα 3. Αξονομετρικό ανοικτής διατάξης γραφείου <a href="https://www.wework.com/ideas/workspace-solutions/flexible-products/a-look-at-one-office-floor-plan-transformed">https://www.wework.com/ideas/workspace-solutions/flexible-products/a-look-at-one-office-floor-plan-transformed</a> .....	13
Εικόνα 4. Ανοικτή διάταξη γραφείου σε χρήση. <a href="https://www.mute.design/2021/12/07/open-office-concept-fixed/">https://www.mute.design/2021/12/07/open-office-concept-fixed/</a> .....	14
Εικόνα 5. Κάτοψη γραφείων σε διάδρομο <a href="https://www.researchgate.net/publication/335648584_How_to_get_the_best_out_of_your_fingerprint_database_hierarchical_fingerprint_indoor_positioning_for_databases_with_variable_density/figures?lo=1">https://www.researchgate.net/publication/335648584_How_to_get_the_best_out_of_your_fingerprint_database_hierarchical_fingerprint_indoor_positioning_for_databases_with_variable_density/figures?lo=1</a> .....	15
Εικόνα 6. 3D κλειστής διάταξης γραφείων <a href="https://iba.online/knowledge/en/raeume-planen/bueroformen/">https://iba.online/knowledge/en/raeume-planen/bueroformen/</a> .....	15
Εικόνα 7. Corridor office, <a href="https://www.archdaily.com/210831/apbcoffices-asylum/5005bdd928ba0d077900178c-apbcoffices-asylum-floor-plan">https://www.archdaily.com/210831/apbcoffices-asylum/5005bdd928ba0d077900178c-apbcoffices-asylum-floor-plan</a> .....	16
Εικόνα 8. Landscape office, <a href="https://archinect.com/forum/gallery/57824217/1/office-landscape-quickborner-team-late-60-s-70-s">https://archinect.com/forum/gallery/57824217/1/office-landscape-quickborner-team-late-60-s-70-s</a> .....	18
Εικόνα 9. Κυκλικοί σταθμοί εργασίας (cubicals) απομόνωση οπτικής επαφής σε στάθμη εργασίας, <a href="https://strongproject.com/office-furniture-blog/commuters-and-contractors-flexible-office-spaces/">https://strongproject.com/office-furniture-blog/commuters-and-contractors-flexible-office-spaces/</a> .....	20
Εικόνα 10. Διάταξη γραφείων με χαμηλό διαχωριστικό στο ύψος θέασης, <a href="https://strongproject.com/office-furniture-blog/commuters-and-contractors-flexible-office-spaces/">https://strongproject.com/office-furniture-blog/commuters-and-contractors-flexible-office-spaces/</a> .....	21
Εικόνα 11. Γραφείο κλειστού τύπου με θαμπό γυαλί, <a href="https://www.avantisystemsusa.com/glass-enclosed-office-space/">https://www.avantisystemsusa.com/glass-enclosed-office-space/</a> ....	21
Εικόνα 12. Θάλαμος απομόνωσης εργασίας Ιαπωνία σε σταθμό τρένου, 2023 .....	22
Εικόνα 13. Θαλαμος απομόνωσης απομόνωσης εργασίας Ιαπωνία, Τοκυο, 2023.....	22

Εικόνα 14. Bullpen office, Halt and Catch Fire's new San Francisco, 1986, <a href="https://www.fastcompany.com/3063135/welcome-to-1986-inside-halt-and-catch-fires-high-tech-time-machine?epik=dj0yJnU9RWtoRnNUbGRnMnlLbE4xbnhwSjJnelZZTDMtOWt6YjQmcD0wJm49VzdMc0E3X2lial95eEl1T3">https://www.fastcompany.com/3063135/welcome-to-1986-inside-halt-and-catch-fires-high-tech-time-machine?epik=dj0yJnU9RWtoRnNUbGRnMnlLbE4xbnhwSjJnelZZTDMtOWt6YjQmcD0wJm49VzdMc0E3X2lial95eEl1T3</a> .....	23
Εικόνα 15. Γραφεία τύπου high cubicle απο την ταινία fight club, <a href="https://www.pinterest.co.uk/pin/318559373639690731/">https://www.pinterest.co.uk/pin/318559373639690731/</a> .....	23
Εικόνα 16, Κεντρικά γραφεία τράπεζας Nykredit (2001). Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen.....	24
Εικόνα 17, Κεντρικά γραφεία τράπεζας Nykredit (2001). Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen.....	25
Εικόνα 18. Κάτοψη ισογείου χώρου και φουαγιέ (1), κλιμακοστάσια (2,3), ανελκυστήρες (4), αμφιθέατρο (5), γλυπτό νερού (6), εξωτερικό κλιμακοστάσιο (7), Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen .....	26
Εικόνα 19. Κάτοψη 4ου ορόφου, αίθριο (1), κλιμακοστάσια (2,3), ανελκυστήρες (4), φωτοτυπικό κέντρο (5), κρεμαστή αίθουσα συνεδριάσεων (6), γραφεία ανοιχτής διάταξης (7), κλειστό γραφείο (8), κουζίνα (9), χώρο εμπορικών αντιπροσώπων (10), βεράντα (11). Πηγή Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen.....	26
Εικόνα 20. Κάτοψη 9ου ορόφου με αίθριο (1), καθιστικό διοικητικού προσωπικού (2), κλιμακοστάσιο (3), ανελκυστήρες (4), γραφεία (5), κλιμακοστάσιο δώματος (6), αίθουσα συσκέψεων (7), πέρασμα εξώστη (8), γραφεία (9), γραμματεία (10). Πηγή Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen .....	26
Εικόνα 21. Αμφιθέατρο και αίθριο. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen.....	27
Εικόνα 22. Γενική Άποψη αιθρίου. Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen .....	27
Εικόνα 24. Κρεμαστή βεράντα συνεδριάσεων. Πηγή: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen .....	27
Εικόνα 23. Γενική άποψη αιθρίου. Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen.....	27
Εικόνα 25. Αρχιτεκτονική κατασκευαστική λεπτομέρεια βεράντας. Πηγη: Αρχιτεκτονικό γραφείο Schmidt, Hammer, Lassen..	27
Εικόνα 26, Κάτοψη υπογείων, υποδοχής και αμφιθεάτρου του κτιρίου γραφείων του Κομμουνιστικού κόμματος Γαλλίας, Journal Domus 511 / June 1972.....	28
Εικόνα 27, Κάτοψη τυπικών ορόφων (1ος-6ος) γραφείων του Κομμουνιστικού κόμματος Γαλλίας, Journal Domus 511 / June 1972. ....	28



Εικόνα 28, Κτίριο γραφείων του Κομμουνιστικού κόμματος Γαλλίας, The Guardian 28-4-2008, Kadu Niemeyer/Arcaid/Corbis .....	29
Εικόνα 29: Διάγραμμα σχέσης μήκους κύματος, συχνότητας και ταχύτητας, <a href="https://lambdageeks.com/how-to-find-wavelength-of-transverse-wave/?utm_content=cmp-true">https://lambdageeks.com/how-to-find-wavelength-of-transverse-wave/?utm_content=cmp-true</a> .....	30
Εικόνα 30. Όργανα καταγραφής στάθμης ήχου (ντεσιμπελόμετρα).....	31
Εικόνα 31, Διάγραμμα ηχοανάκλασης, <a href="http://www.technature.ca/acoustics-101/reflected-sound/">http://www.technature.ca/acoustics-101/reflected-sound/</a> .....	33
Εικόνα 32, Διάγραμμα σχέσης λευκού - ροζ θορύβου, Πηγη: προσωπικό αρχείο.....	38
Εικόνα 33. Διάγραμμα σύγκρισης phon - dB, πηγή Συρίδων Ι. Λουτρίδης (2018), Ακουστική αρχες & εφαρμογες , Τζιώλα ..	39
Εικόνα 34, Ντεσιμπελόμετρο έξω από εργοτάξιο στο Τόκυο.....	40
Εικόνα 35, Στάθμη θορύβου αυτοκινητόδρομου με κίνηση 85 dB, Young S. Lee, Michigan 2010, <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193</a> .....	42
Εικόνα 36, Ανοιχτό γραφείο διάταξης open plan με στάθμη θορύβου 60-65dB, Young S. Lee, Michigan 2010, <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193</a> .....	42
Εικόνα 37, Βουντό ψυγείου 40dB, Young S. Lee, Michigan 2010, <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310000193</a> .....	42
Εικόνα 38 Κάτοψη γαλαζίου κτηριακού συγκροτήματος, 2023 .....	44
Εικόνα 39 Κάτοψη 1ου ορόφου χώροι πειραμάτων.....	45
Εικόνα 40 Όργανο Μέτρησης Στάθμης Θορύβου ( Ντεσιμπελόμετρο) .....	46
Εικόνα 41 Στιγμιότυπο καταγραφής οθόνης της εφαρμογής παραγωγής συχνοτήτων (tone generator) .....	46
Εικόνα 42 Στιγμιότυπο καταγραφής οθόνης εφαρμογή μέτρησης στάθμης θορύβου decibel x.....	46
Εικόνα 43 Διάγραμμα Έντασης- Συχνότητας θορύβου από τον διάδρομο .....	47
Εικόνα 44 Διάγραμμα Έντασης- Συχνότητας θορύβου από το δίπλα γραφείο .....	48

Εικόνα 45 διάγραμμα Έντασης- Συχνότητας θορύβου από το πάρα δίπλα γραφείο.....	49
Εικόνα 46 Κάτοψη 1ου ορόφου χαραγμένη σε κάναβο και τα σημεία μέτρησης .....	50
Εικόνα 47, Χάρτης θορύβου εξωτερικού χώρου με μέσες τιμές dB.....	58





