



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Μελέτη και Σχεδιασμός Αυτόματου Συστήματος  
Αντισηψίας και Απολύμανσης (ΑΣΑΑ) Ανελκυστήρα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Νίκος Κ. Εγγλέζου (ΑΜ: 51204536)**

**Επιβλέπων καθηγητής:**

**Δρ. Γεώργιος Μυλωνάς, Πανεπιστήμιο Πατρών**

**Συνεργάτης ΠΑΔΑ**

**Αθήνα, Ιούλιος 2022**

## ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αθήνα, Ιούλιος 2022

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

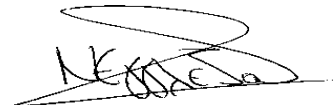
Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΕΓΓΛΕΖΟΥ ΝΙΚΟΣ του ΚΥΡΙΑΚΟΥ, με αριθμό μητρώου 51204536, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

ΝΙΚΟΣ ΕΓΓΛΕΖΟΥ



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά όλους τους διδάσκοντες του τμήματος μου για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν σε αυτό το υπέροχο ταξίδι της ζωής μου, των φοιτητικών μου χρόνων.

Παράλληλα, είμαι τεράστια ευγνώμων στους γονείς μου, που στάθηκαν δίπλα μου σε ότι χρειάστηκα και για τις θυσίες που έκαναν αυτά τα 5 χρόνια, για να υλοποιήσω τις σπουδές μου στο εξωτερικό. Με στήριξαν σε όλες τις δυσκολίες και εμπόδια που υπήρξαν.

Τέλος, νιώθω βαθιά συγκίνηση που αποφοιτώ σε αυτή τη σχολή, των Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και είμαι σίγουρος πως πολλοί δρόμοι θα ανοίξουν μπροστά μου για να συνεχίσω την επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την ανάλυση, την μελέτη και τον σχεδιασμό αυτοματοποιημένων συστημάτων απολύμανσης ανελκυστήρων. Αρχικά, αναλύεται η δομή του ανελκυστήρα. Περιγράφονται τα επιμέρους κομμάτια που συντελούν στην ολική λειτουργία του ανελκυστήρα καθώς και οι προδιαγραφές σχεδίασής του. Στη συνέχεια, αναλύονται τα σημεία και οι επιφάνειες του ανελκυστήρα όπου συσσωρεύονται ιοί, βακτήρια, μολυσματικοί και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Για την αποφυγή και τον περιορισμό των παραπάνω μικροβίων, καθορίζονται οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές σχεδιασμού του ανελκυστήρα. Μελετώνται οι κυριότερες μέθοδοι αντισηψίας και απολύμανσης που χρησιμοποιούνται σε ανελκυστήρες υψηλών προδιαγραφών καθώς και καινοτόμες ιδέες που διεισδύουν στον σχεδιασμό και την λειτουργία του συστήματος. Με βάση τα παραπάνω, σχεδιάζεται και προτείνεται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αντισηψίας και απολύμανσης που ελαχιστοποιεί την επαφή του χρήστη ενός ανελκυστήρα με παθογόνους παράγοντες.

## Λέξεις Κλειδιά

εξαερισμός, φίλτρα, UV λαμπτήρες, μικρόβια και ιοί, κουμπιά χειρισμού, περιβάλλον-  
αέρας ανελκυστήρα

## Abstract

This diploma thesis deals with the analysis, study, and design of automated elevator disinfection systems. First, the structure of the elevator is analyzed. The individual parts that contribute to the overall operation of the elevator are described as well as its design specifications. Subsequently, the points and surfaces of the elevator where viruses, bacteria, infectious and pathogenic microorganisms accumulate are analyzed. In order to avoid and limit the above germs, the requirements and design specifications of the elevator are defined. The main methods of antiseptic and disinfection used in high-standard elevators are studied, as well as innovative ideas that penetrate the design and operation of the system. According to the above, an automated cleaning and filtering system is designed and proposed that minimizes the contact of the user of an elevator with pathogens.

## Keywords

Aeration, filters, UV light bulbs, germs and viruses, control buttons, environment-air of a lift

## Περιεχόμενα

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....	b
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	c
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	d
Περίληψη.....	e
Λέξεις Κλειδιά.....	e
Abstract.....	f
Keywords.....	f
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Ορισμός.....	1
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	1
2. Δομή Σύγχρονου Ανελκυστήρα.....	4
2.1 Τύποι Ανελκυστήρων.....	4
2.2 Δομικά Μέρη Ανελκυστήρα.....	4
2.2.1 Θάλαμος Μεταφοράς Ανελκυστήρα.....	5
2.3 Προδιαγραφές Σχεδιασμού Θαλάμου Ανελκυστήρα.....	8
2.3.1 Σχεδιασμός Ανελκυστήρα για ΑΜΕΑ.....	9
3. Σημεία και Επιφάνειες του Θαλάμου Υψηλού Κινδύνου για Μετάδοση Ιών και Μικροβίων.....	11
3.1 Χειρολαβές.....	11
3.2 Πίνακες Χειρισμού.....	11
3.3 Πάνελ-Τοιχώματα.....	13
3.4 Περιβάλλον-Αέρας.....	13
4. Απαιτήσεις και Προκλήσεις Απολύμανσης και Αντισηψίας του Θαλάμου.....	15
4.1 Εξαερισμός Χώρου.....	15
4.2 Μέτρηση Συνθηκών Χώρου.....	16
4.3 Συσκευές και Συστήματα Απολύμανσης.....	17
5. Μέθοδοι Αντισηψίας και Απολύμανσης του Θαλάμου του Ανελκυστήρα.....	18
5.1 Ανεμιστήρας κατεύθυνσης αέρα.....	18
5.2 Φίλτρα αέρα.....	19
5.3 Φίλτρα HEPA (High Efficiency Particulate Air).....	21
5.4 Φίλτρα Ενεργού Άνθρακα.....	22
5.5 Ιονιστής Αέρα.....	23
5.6 Φίλτρα Υπεριώδους Ακτινοβολίας.....	24
5.7 Αντιμικροβιακές και Αυτό-Καθαριζόμενες επιφάνειες.....	26

6.	Καινοτόμες Μέθοδοι Αντισηψίας και Απολύμανσης του Θαλάμου του Ανελκυστήρα.	27
6.1	Ασύρματες εφαρμογές χειρισμού.....	27
6.2	Συστήματα ασύρματου χειρισμού μέσω εντολών φωνής και αναγνώρισης .....	28
6.3	Κονσόλα χειρισμού ολογραμμάτων.....	29
6.4	Χρήση κουμπιών χειρισμού μέσω πατήματος με τα πόδια .....	30
6.5	Cleaning-Robot νέας γενιάς .....	30
6.6	Τεχνολογία ‘Active Particle Control’ (APC).....	31
6.7	Πρακτικές Δυσκολίες Εφαρμογής .....	33
7.	Σχεδιασμός Αυτοματοποιημένου Συστήματος Απολύμανσης και Αντισηψίας του Ανελκυστήρα .....	34
7.1.	Τοποθέτηση Υποσυστημάτων .....	34
7.2	Αλγόριθμος Λειτουργίας .....	39
7.3	Σχεδιασμός λαμπών UV.....	42
7.4	Θέματα Ασφαλείας λαμπών UV .....	44
7.5	Ενδεικτικό Κόστος Προτεινόμενου Συστήματος .....	46
8.	Συμπεράσματα Διπλωματικής Εργασίας-Προτάσεις για Μελλοντικές Εργασίες.....	47
9.	Βιβλιογραφία.....	48



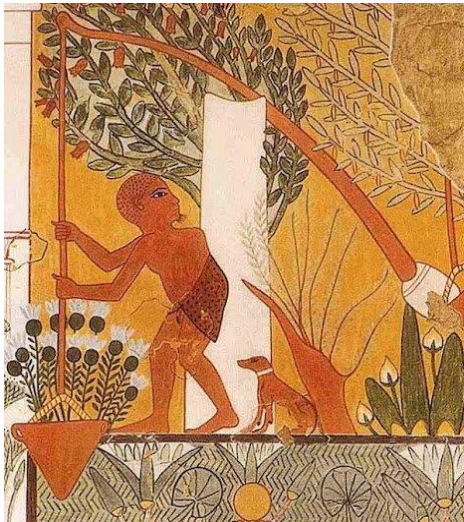
# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Ορισμός

Ανελκυστήρας ή ανυψωτήρας ονομάζεται κάθε εγκατάσταση που χρησιμοποιείται για την ανύψωση βαρών, προσώπων ή πραγμάτων. Σήμερα έχει επικρατήσει ο γαλλικός όρος 'ασανσέρ' για τον ανελκυστήρα ή ανυψωτήρα που χρησιμοποιείται στα πολώροφα κτίρια.

## 1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η εφεύρεση και η χρησιμοποίηση ανυψωτικών μηχανημάτων ξεκινούν από πολύ παλιά. Πιο συγκεκριμένα, οι πρώτες καταγραφές ξεκινούν τον 1<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. Ο εφευρέτης Αρχιμήδης κατασκευάζει τον πρώτο ανυψωτικό μηχανισμό το 236 π.Χ. Η πρώτη χρήση τους ήταν σαν ανυψωτικά μηχανήματα για την ανύψωση διαφόρων υλικών όπως πέτρες, ξύλα κ.λπ.. Η κινητήρια δύναμη για την ανύψωση των μηχανημάτων προερχόταν από τους ανθρώπους ή τα ζώα. Στο Κολοσσαίο της Ρώμης χρησιμοποιούνταν τουλάχιστον 25 ανυψωτικοί μηχανισμοί για την μετακίνηση ζώων και αντικειμένων. Στον Μεσαίωνα, η δομή τους αποτελούνταν από σχοινιά, γάντζους και καλάθια ή δίχτυα.



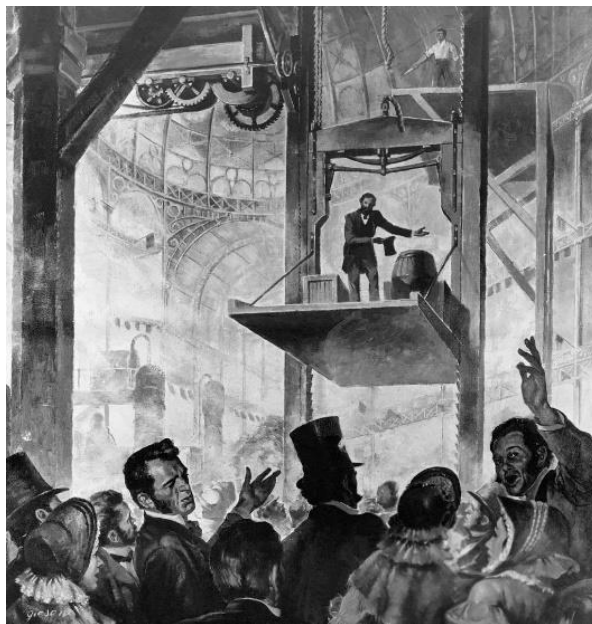
Εικόνα 1-Ανυψωτικά Μηχανήματα στην αρχαιότητα

Οι σύγχρονοι ανελκυστήρες αρχίζουν να αναπτύσσονται περίπου το 1800. Αρχικά, οι ατμομηχανές αποτελούσαν την κινητήρια δύναμη ενώ στην πορεία αντικαταστάθηκαν από υδραυλικά συστήματα, που χρησιμοποιούσαν την δύναμη της κίνησης του νερού. Οι εφαρμογές τους περιορίζονταν στην μεταφορά υλικών σε εργοστάσια, ορυχεία και αποθήκες.



Εικόνα 2-Μεταγενέστερα ανυψωτικά μηχανήματα για την μεταφορά υλικών

Το 1852 ο Elisha Graves Otis εφηύρε τον πρώτο ασφαλή ανελκυστήρα για την μετακίνηση ατόμων. Η ασφαλής λειτουργία του στηριζόταν στην αποφυγή ατυχήματος σε περίπτωση αστοχίας και καταστροφής του καλωδίου και της τροχαλίας μεταφοράς. Ίδρυσε την εταιρεία Otis, η οποία αποτέλεσε την μεγαλύτερη κατασκευαστική εταιρεία ανυψωτικών συστημάτων κίνησης. Οι πρώτες εγκαταστάσεις ανελκυστήρων άρχισαν να γίνονται σε ξενοδοχειακές μονάδες.



Εικόνα 3-Επίδειξη του ανελκυστήρα για την μεταφορά ατόμων από τον εφευρέτη Otis

Με την εξέλιξη της υδραυλικής, της μηχανολογίας και της ηλεκτροκίνησης αναπτύχθηκαν οι δομές των ανελκυστήρων. Πλέον οι ανελκυστήρες μπορούσαν να προσφέρουν υψηλότερες ταχύτητες, πιο σταθερές μεταβάσεις, ασφαλέστερη χρήση, διεύρυνση χώρου και οικονομικότερη εγκατάσταση και λειτουργία. Ο Γερμανός Wener Von Siemens εφηύρε τον πρώτο ηλεκτρικό ανελκυστήρα το 1880. Το 1889 εγκαταστάθηκε ο πρώτος ηλεκτρικός ανελκυστήρας προς ελεύθερη χρήση του κοινού. Το 1887 δημοσιεύτηκε πατέντα με αυτόματο άνοιγμα και κλείσιμο της πόρτας του ανελκυστήρα. Έπειτα η λειτουργία τους αναβαθμίστηκε με την προσθήκη ελέγχου για κάθε όροφο, αυτόματο άνοιγμα των πορτών με χειρισμό από κουμπιά, έλεγχο ταχύτητας και ελέγχους ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων. Στην πορεία προστέθηκαν κουμπιά χειρισμού έκτακτης ανάγκης καθώς και τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης.

Σήμερα, η κατασκευαστική δομή και ο σχεδιασμός των ανελκυστήρων έχει αναπτυχθεί και συνεχίζει να αναπτύσσεται κατά κόρον. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί την κινητήρια δύναμη. Ο σχεδιασμός ακολουθεί αυστηρά πρότυπα που αφορούν την προστασία και την άνεση των μετακινούμενων ατόμων. Η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και της υπολογιστικής ικανότητας διευκολύνει τον σχεδιασμό και αυτοματοποιεί τις διαδικασίες. Έτσι, το μεγαλύτερο μέρος των πολυόροφων κτηρίων σήμερα, περιέχουν ανελκυστήρα.

## 2. Δομή Σύγχρονου Ανελκυστήρα

### 2.1 Τύποι Ανελκυστήρων

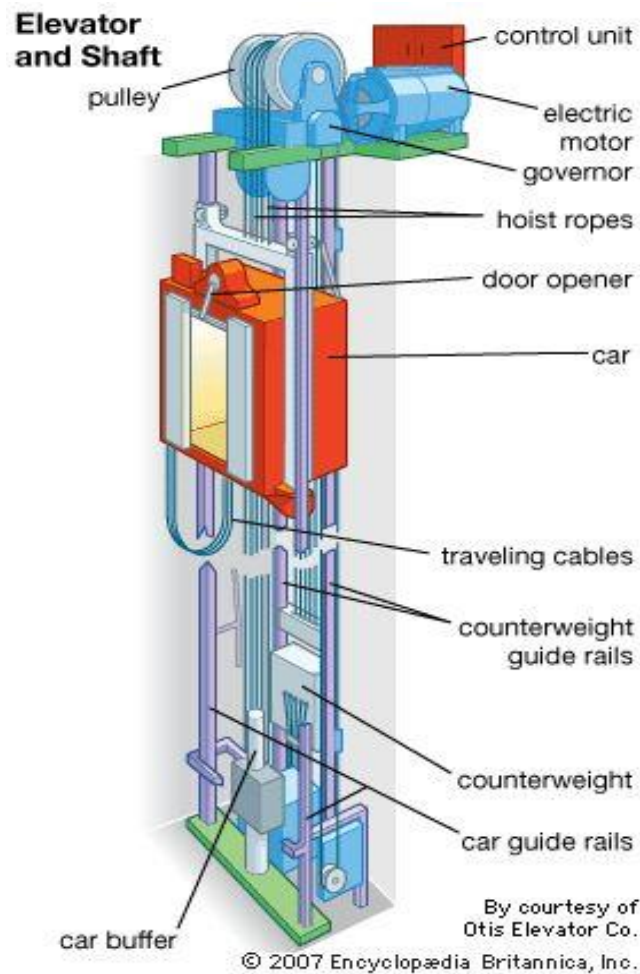
Οι διάφοροι τύποι ανελκυστήρων διακρίνονται σε :

- Μηχανικοί Ανελκυστήρες: Η κίνηση επιτυγχάνεται μέσω κινητήριου συστήματος και τροχαλίας. Στην τροχαλία κινούνται τα συρματόσχοινα. Η μία άκρη αυτών στηρίζεται στο θάλαμο και η άλλη στο αντίβαρο. Ο συγκεκριμένος τύπος ανελκυστήρα χρησιμοποιείται για κτήρια με μέση έως μεγάλη κίνηση, με πολλές στάσεις και μεγάλες ταχύτητες κίνησης.
- Ατόμων: Αποτελούν ανελκυστήρες υψηλής ασφάλειας, αξιοπιστίας και αισθητικής. Η σχεδίαση προσαρμόζεται στις ανάγκες της εφαρμοζόμενης εγκατάστασης.
- Υδραυλικοί Ανελκυστήρες: Το μηχανοστάσιο μπορεί να μην βρίσκεται πάνω από το φρεάτιο ή σε επαφή με αυτό όπως γίνεται στους συμβατικούς ανελκυστήρες. Επίσης, ο συγκεκριμένος τύπος ασανσέρ περιλαμβάνει βαλβίδα απεγκλωβισμού για αυτόματο απεγκλωβισμό σε διακοπή ρεύματος, χωρίς την χρήση πρόσθετου μηχανικού εξοπλισμού. Χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρό χώρο.
- ΑΜΕΑ: Διακρίνονται σε πλατφόρμες αναβατορίου και ανυψωτικά με χρήση καθίσματος. Στην πρώτη περίπτωση ο χρήστης εισέρχεται με το καροτσάκι σε ειδικά διαμορφωμένη πλατφόρμα, ενώ στην δεύτερη περίπτωση ο χώρος του ανελκυστήρα σχεδιάζεται έτσι ώστε να περιλαμβάνει ειδικό κάθισμα.
- Ανελκυστήρας Εμπορευμάτων: Χρησιμοποιείται σε επιχειρήσεις για συχνή μεταφορά μικρών και μεγάλων φορτίων. Η ταχύτητα κίνησης είναι χαμηλότερη από την κανονική.

### 2.2 Δομικά Μέρη Ανελκυστήρα

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 4, τα βασικά μέρη ενός ανελκυστήρα είναι:

1. Το μηχανοστάσιο το οποίο αποτελείται από την κινητήρια δύναμη και τα βοηθητικά μηχανολογικά εξαρτήματα (κινητήρας, τροχός, ελεγκτής κίνησης κ.λ.π.) (Control Unit, Electric Motor, Pulley)
2. Τα συρματόσχοινα ανάρτησης (Traveling Cables)
3. Τα αντίβαρα(Counterweights)
4. Τους προσκρουστήρες(Car Buffer)
5. Τον θάλαμο μεταφοράς (Car)

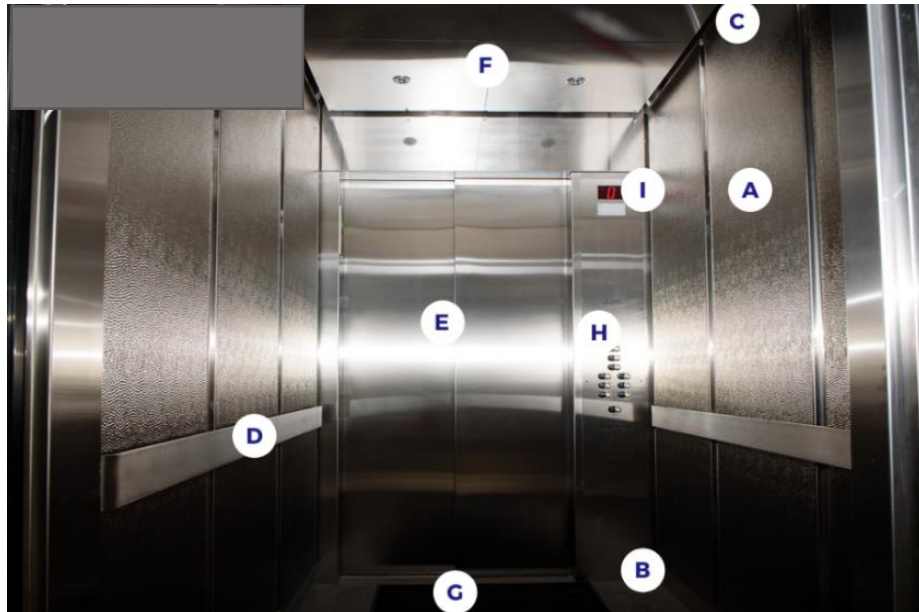


Εικόνα 4-Βασική Συνολική Δομή ενός Ανελκυστήρα

Παρακάτω αναλύονται μόνο τα δομικά μέρη του θαλάμου μεταφοράς καθώς αυτά είναι τα σημεία που χρήζουν σημασίας στη συγκεκριμένη εργασία.

### 2.2.1 Θάλαμος Μεταφοράς Ανελκυστήρα

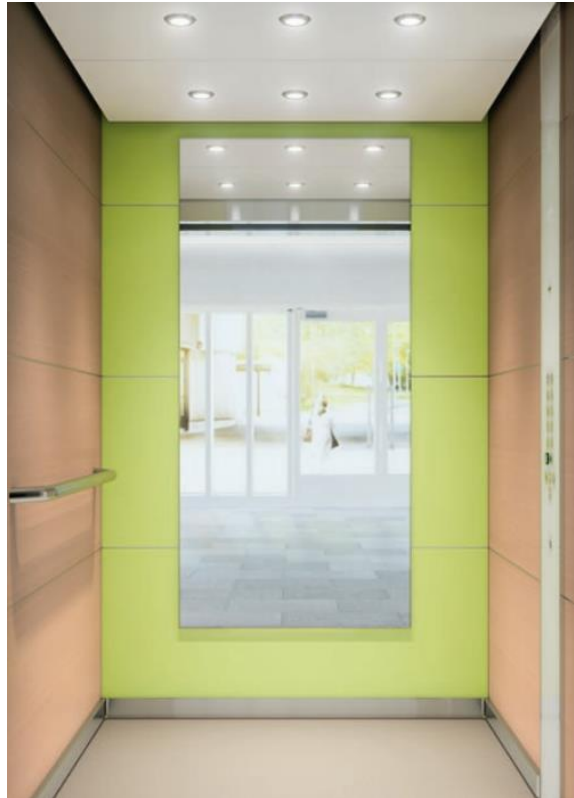
Ο Θάλαμος μεταφοράς σχεδιάζεται βάση αυστηρών προδιαγραφών. Το μέγεθος του θαλάμου καθορίζει τον αριθμό των ατόμων που μπορούν να μεταφερθούν. Παρακάτω βλέπουμε την εικόνα του εσωτερικού ενός ανελκυστήρα:



*Εικόνα 5-Θάλαμος Ανελκυστήρα*

Μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής σημαντικά σημεία:

- A. Πλαϊνά πάνελ-τοιχώματα
- B. Μικρές πλαϊνές επιφάνειες στις γωνίες των ανελκυστήρων
- C. Μεταλλικές επιφάνειες στην κορυφή των πάνελ-τοιχωμάτων
- D. Χειρολαβές
- E. Μεταλλική επένδυση πόρτας
- F. Οροφή και Φωτισμός
- G. Πάτωμα
- H. Πίνακας χειρισμού
- I. Πίνακας ένδειξης



*Εικόνα 6-Μοντέρνος σχεδιασμός εσωτερικού ανελκυστήρα*

#### *2.2.1.1 Πάνελ-Τοιχώματα*

Τα πάνελ του ασανσέρ αποτελούνται από διάφορους τομείς. Επιπλέον ο κάθε τομέας αποτελείται από διαφορετικά υλικά. Κάθε σχεδιασμός στοχεύει στην βελτίωση της αισθητικής, της λειτουργικότητας και της ασφάλειας. Συνήθως για την κατασκευή τους χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας, καθρέφτης ή υλικό 'lamine' (Το υλικό 'lamine' προκύπτει από πεπιεσμένη μοριοσανίδα και οπτικά μοιάζει με το ξύλο).

#### *2.2.1.2 Χειρολαβές*

Προφανώς η βασική χρήση τους είναι για την άνεση και την ασφάλεια των ατόμων που μεταφέρονται. Ωστόσο, χρησιμεύουν και στην προστασία των πάνελ και των τοιχωμάτων από φθορές. Οι φθορές μπορούν να προκύψουν από χτυπήματα πραγμάτων και υλικών, όπως για παράδειγμα οι αποσκευές. Η πιο συνηθής μορφή χειρολαβών είναι η κυκλική και καμπυλωτή έτσι ώστε να μειώνονται οι πιθανότητες να προκύψει κάποιο 'πιάσιμο' στην λαβή ενός υφάσματος και να τεθεί σε κίνδυνο η ακεραιότητα του μεταφερόμενου ατόμου.

#### *2.2.1.3 Πίνακας ένδειξης*

Συνήθως αποτελείται από μία τετράγωνη ένδειξη του ορόφου και της κατεύθυνσης του ασανσέρ. Στα σύγχρονα ασανέρ έχουμε οθόνες που πληροφορούν για τα παραπάνω, ενώ σε διάφορα καταστήματα μπορούμε να συναντήσουμε οθόνες με διαφημίσεις και διάφορες πληροφορίες.

#### *2.2.1.4 Οροφή και Φωτισμός*

Υπάρχουν διαφορετικά χρησιμοποιούμενα πάνελ και για την οροφή ενώ και ο σχεδιασμός για τον φωτισμό μπορεί να διαφέρει. Συνήθως χρησιμοποιείται φωτισμός LED για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

### 2.2.1.5 Πάτωμα

Καθώς η χρήση από τα άτομα είναι συχνή και το πάτωμα αποτελεί βασικό σημείο στο οποίο έρχονται σε επαφή, αυτό πρέπει να αποτελείται από υλικό που προσφέρει σταθερότητα και άνεση.

### 2.2.1.6 Πίνακας Χειρισμού

Αποτελείται από κουμπιά που αναφέρονται στον επιθυμητό όροφο. Επιπλέον υπάρχουν και κουμπιά ασφαλείας και έκτακτης ανάγκης για το σταμάτημα του ασανσέρ, για την ενεργοποίηση σειρήνας ή για το άνοιγμα και κλείσιμο της πόρτας.

## 2.3 Προδιαγραφές Σχεδιασμού Θαλάμου Ανελκυστήρα

Για την διαστασιολόγηση των θαλάμων υπάρχουν ευρωπαϊκά πρότυπα (EN81-1 για ηλεκτρομηχανικούς ανελκυστήρες) που καθορίζουν τις μέγιστες διαστάσεις συναρτήσεως του ωφέλιμου φορτίου. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι μέγιστες διαστάσεις συναρτήσεως του αριθμού ατόμων και του ωφέλιμου φορτίου για ηλεκτρομηχανικό ανελκυστήρα:

Αριθμός ατόμων	Ωφέλιμο φορτίο	Μέγιστο εμβαδόν θαλάμου	Αριθμός ατόμων	Ωφέλιμο φορτίο	Μέγιστο εμβαδόν θαλάμου
1	100 <sup>1</sup>	0,37	13	975	2,35
2	180 <sup>2</sup>	0,58	13	1000	2,40
3	225	0,70	14	1050	2,50
4	300	0,90	15	1125	2,65
5	375	1,10	16	1200 / 1250	2,80 / 2,90
6	450	1,30	17	1275	2,95
7	525	1,45	18	1350	3,10
8	600 / 630	1,60 / 1,66	19	1425	3,25
9	675	1,75	20	1500	3,40
10	750	1,90	21	1600	3,56
11	825	2,05	26	2000	4,20
12	900	2,20	33	2500 <sup>3</sup>	5,00

<sup>1</sup>Είναι το ελάχιστο φορτίο για ανελκυστήρα ενός ατόμου.  
<sup>2</sup>Είναι το ελάχιστο φορτίο για ανελκυστήρα δύο ατόμων.  
<sup>3</sup>Για φορτία πέρα των 2500Kg προστίθενται 0,16 m<sup>2</sup> για κάθε επιπλέον φορτίο 100 Kg.  
Για ενδιάμεσα φορτία η επιφάνεια προσδιορίζεται με γραμμική παρεμβολή.

Εικόνα 7-Προδιαγραφές Θαλάμου Ανελκυστήρα

Για παράδειγμα αν η εγκατάσταση προορίζεται για χρήση από 6 άτομα τότε το ωφέλιμο φορτίο είναι 450 Kg και το μέγιστο εμβαδόν προκύπτει 1.30 m<sup>2</sup>. Παρόμοια για υδραυλικούς ανελκυστήρες, για ΑΜΕΑ και για φορτία καθορίζονται διαφορετικά πρότυπα.



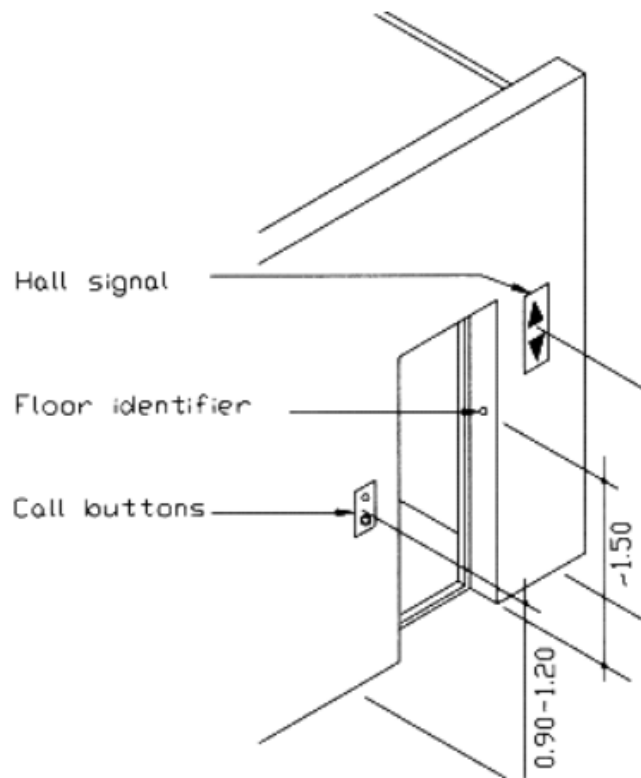
### 2.3.1 Σχεδιασμός Ανελκυστήρα για ΑΜΕΑ

Στη σημερινή κοινωνία, η λειτουργία ενός συστήματος που χρησιμοποιείται καθημερινά πρέπει να πληρεί αυστηρές προδιαγραφές και να ικανοποιεί τις ανάγκες κάθε ατόμου. Έτσι ο σχεδιασμός του ανελκυστήρα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να διευκολύνει άτομα με ειδικές ανάγκες όσον αφορά την πρόσβαση και την χρήση του. Τα βασικά προβλήματα σχεδιασμού των συμβατικών θαλάμων ανελκυστήρα προς επίλυση είναι τα εξής:

- Μειωμένος εσωτερικός χώρος ανελκυστήρα.
- Υψηλή θέση κουμπιών χειρισμού, διακοπών και πίνακα ελέγχου.
- Μικρές διαστάσεις πόρτας εισόδου.
- Σύντομος χρόνος αναμονής για άνοιγμα και κλείσιμο της πόρτας.

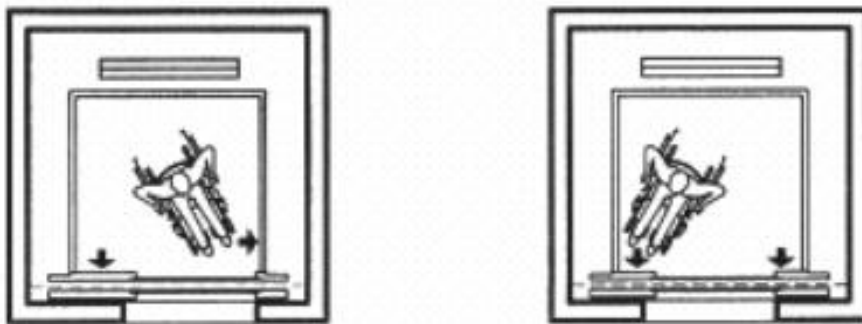
Σε πρώτο στάδιο, ο ανελκυστήρας θα πρέπει να είναι προσβάσιμος με εύκολο τρόπο σε κάθε όροφο και από αρκετές εισόδους. Δηλαδή, η τοποθέτηση του ανελκυστήρα πρέπει να σχεδιάζεται και να συμπεριλαμβάνεται στην αρχική χωροταξική δόμηση του κτηρίου. Η πόρτα εισόδου θα πρέπει να είναι επαρκής για την είσοδο του ατόμου με ειδικές ανάγκες. Έτσι, οι διαστάσεις θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 0,8-1 μέτρο. Στο εσωτερικό του ανελκυστήρα θα πρέπει να υπάρχουν αριστερά και δεξιά χειρολαβές που θα υποβοηθούν τον χρήστη. Όσον αφορά τις διαστάσεις του εσωτερικού χώρου, αυτές θα πρέπει να αρκετά μεγάλες για την εξυπηρέτηση όλων των ατόμων και χρηστών. Για την μετακίνηση ενός ατόμου με βοηθητικό αναπηρικό καροτσάκι και ένα άτομο χωρίς αυτό θα πρέπει οι διαστάσεις του ανελκυστήρα να μην είναι μικρότερες από 3 τετραγωνικά μέτρα.

Ο πίνακας ελέγχου πρέπει να τοποθετηθεί σε ύψος 0,9-1,2 μέτρα από το έδαφος τόσο μέσα όσο και έξω από το ασανσέρ. Στην εικόνα 8 φαίνονται οι διαστάσεις τοποθέτησης των παραπάνω υποσυστημάτων:



Εικόνα 8-Διαστάσεις τοποθέτησης υποσυστημάτων ασανσέρ για πρόσβαση από ΑΜΕΑ

Στην εικόνα 9 φαίνονται πιθανές τοποθετήσεις του πίνακα ελέγχου στο εσωτερικό του ασανσέρ:



Εικόνα 9-Πιθανές τοποθετήσεις πίνακα ελέγχου στο εσωτερικό του ασανσέρ

### 3. Σημεία και Επιφάνειες του Θαλάμου Υψηλού Κινδύνου για Μετάδοση Ιών και Μικροβίων

Για τον σχεδιασμό ενός συστήματος απολύμανσης του εσωτερικού χώρου του ανελκυστήρα είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα σημεία και τις επιφάνειες όπου συσσωρεύονται μικροοργανισμοί και ο κίνδυνος μόλυνσης του ανθρώπινου παράγοντα αυξάνεται. Παρακάτω επισημαίνονται τα κύρια σημεία και οι επιφάνειες, όπου ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να εστιάσει.

#### 3.1 Χειρολαβές

Συνήθως θεωρείται πως η ανταλλαγή μικροβίων γίνεται με άμεσο τρόπο, όπως για παράδειγμα από το βήχα ενός ανθρώπου προς το πρόσωπο ενός άλλου. Ωστόσο, μικρόβια μπορούν να μεταφερθούν από τον βήχα ενός ανθρώπου σε επιφάνειες, στις οποίες να έρθει σε επαφή κάποιος άλλος και να τις μεταφέρει στο πρόσωπό του. Ο βασικός λόγος έγκειται στην διάρκεια ζωής του κάθε μικροοργανισμού πάνω στις επιφάνειες. Έρευνες [1] έχουν δείξει ότι ιοί μπορούν να επιβιώσουν έως και 5 ημέρες πάνω στο μέταλλο.

Όσον αφορά τον Covid-19, έχουν διεξαχθεί πολλαπλές μελέτες για την άντληση δεδομένων που αφορούν την επιβίωση και την μεταδοτικότητα του στις διάφορες επιφάνειες. Οι χειρολαβές μπορεί να είναι κατασκευασμένες από πλαστικό, ατσάλι, γυαλί και συνθετικά υλικά. Σύμφωνα με την εργασία, συνοψίζουμε τα εξής δεδομένα για την επιβίωση του ιού:

- Ο ιός επιβιώνει στο πλαστικό από 5 έως 8 ώρες. Στο πολυπροπυλένιο επιβιώνει από 9 έως 76 ώρες, ανάλογα με την εποχή και τις θερμοκρασιακές συνθήκες. Σε κρύο κλίμα έχουμε μεγάλη επιβίωση του ιού ενώ σε ζεστό κλίμα μικρά χρονικά διαστήματα επιβίωσης.
- Στο ανοξείδωτο ατσάλι ο ιός επιβιώνει από 4 έως 70 ώρες ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι ο χρόνος ημι-ζωής του ιού σε θερμοκρασία 55 βαθμών κελσίου φτάνει τα 11 λεπτά.
- Στο γαλβανισμένο ατσάλι ο ιός επιβιώνει 7 ώρες για εποχή καλοκαιριού, 4.5 ώρες για άνοιξη και φθινόπωρο και 24-68 ώρες για χειμώνα.
- Στο γυαλί ο ιός μπορεί να επιβιώσει από 9 έως 92 ώρες αντίστοιχα για κάθε εποχή του χρόνου όπως και στα προαναφερθέντα υλικά.

#### 3.2 Πίνακες Χειρισμού

Παρόμοια με τις χειρολαβές, μικρόβια μπορούν να επιβιώσουν στα μεταλλικά κουμπιά και να μεταδοθούν όταν ο επόμενος χρήστης επιλέξει την επιθυμητή λειτουργία. Στην έρευνα[3] που έγινε στη σχολή Ιατρικής του Πανεπιστημίου Isfahan πάρθηκαν δείγματα από 35 κουμπιά χειρισμού από 7 διαφορετικά ασανσέρ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της έρευνας έδειξαν ότι όλα τα κουμπιά είχαν μικρόβια ή ίχνη μικροβίων. Στις σχολές ιατρικής, οδοντιατρικής και φαρμακευτικής τα ίχνη ήταν περισσότερα. Στην εικόνα 10 παρακάτω

συνοψίζονται οι επιφάνειες που εμφανίζουν την μεγαλύτερη συγκέντρωση μικροβίων καθώς και το είδος αυτών. Όπως παρατηρούμε από την εικόνα 10 τα κουμπιά χειρισμού των ανελκυστήρων αποτελούν κυρίαρχες επιφάνειες ύπαρξης μικροβίων.

Studied Surfaces	Most Common Detected Contamination
Elevator buttons and toilet surfaces in a teaching hospitals	Coagulase-negative Staphylococci, <i>Streptococcus</i> spp.
Children's toys in a pediatric hospital	<i>Staphylococcus</i> spp., <i>Bacillus</i> spp.
Indoor surfaces of a hospital (armrest beds, dishwasher, medical tables and the hands of medical staff)	Bacteria: <i>Klebsiella</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp. and <i>E. coli</i> spp. Fungi: <i>Cladosporium</i> , <i>Microsporium</i> , <i>Aspergillus</i> and <i>Penicillium</i> species
Health care worker's mobile phones in a teaching hospital	<i>Staphylococcus</i> , <i>Enterobacter</i> and <i>Klebsiella</i> species
Stethoscopes used by doctors and health workers	<i>Staphylococcus</i> , <i>Pseudomonas</i> and <i>Enterobacter</i> species, <i>E. coli</i>
Elevator buttons in medical university schools	<i>Staphylococcus</i> , <i>Enterobacter</i> and <i>Serratia</i> species

Εικόνα 10-Σημεία και επιφάνειες υψηλής περιεκτικότητας σε μικροβιακούς παράγοντες

Παρόμοια στην έρευνα [1] δείχθηκε ότι τα κουμπιά χειρισμού μπορούν να αποτελέσουν αποικίες βακτηρίων, όπως προέκυψε από μελέτη δειγμάτων από 120 κουμπιών χειρισμού από 3 νοσοκομεία. Στην εργασία μελετήθηκαν δείγματα βακτηρίων από όλους τους πίνακες και τα κουμπιά χειρισμού. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν και μελετήθηκαν σε εργαστήριο υπο διαφορετικές θερμοκρασίες. Στην εικόνα 11 αναγράφονται τα εμφανιζόμενα βακτήρια ανά δείγματα στον ανελκυστήρα καθώς και δείγματα από τουαλέτες για την σύγκριση αυτών:

Organism	Sampling site; no. (%) of samples*	
	Elevators n = 120	Toilet surfaces n = 96
<i>Staphylococcus</i> †	67 (56)	35 (36)
<i>Streptococcus</i>	11 (9)	7 (7)
Coliform bacteria	10 (8)	2 (2)
<i>Enterococcus</i>	2 (2)	0 (0)
<i>Pseudomonas</i>	1 (1)	1 (1)
Miscellaneous‡	2 (2)	4 (4)

\* Samples were collected on different dates. The sum of percentages in each column is greater than overall prevalence because multiple organisms were cultured from some sites (polymicrobial colonization).

† Coagulase-negative staphylococci in all cases.

‡ Includes other Gram-negative bacilli and fungi.

Εικόνα 11-Δείγματα βακτηρίων σε ανελκυστήρες και τουαλέτες[1]

### 3.3 Πάνελ-Τοιχώματα

Στο εσωτερικό του ασανσέρ, ο χρήστης πιθανόν να στηριχτεί σε επιφάνειες είτε να εναποθέσει τα πράγματά του. Οι επιφάνειες αυτές κατασκευάζονται με διαφορετικά υλικά, όπως και στις χειρολαβές. Παρακάτω παρατίθενται ένας πίνακας για τον κύκλο ημι-ζωής του ιού Covid-19 στα διάφορα υλικά[4]:

Πίνακας 1

Υλικό	Χρόνος Ημι-Ζωής
Πλαστικό	5-8 ώρες
Πολυπροπυλένιο	9 ώρες (σε εσωτερικό χώρο) 5 ώρες (καλοκαίρι) 29 ώρες (άνοιξη, φθινόπωρο) 76 ώρες(χειμώνα)
Ανοξειδωτο Ατσάλι	4-70 ώρες
Γαλβανισμένο Ατσάλι	7 ώρες (σε εσωτερικό χώρο) 4 ώρες (καλοκαίρι) 24 ώρες (άνοιξη, φθινόπωρο) 67 ώρες (χειμώνα)

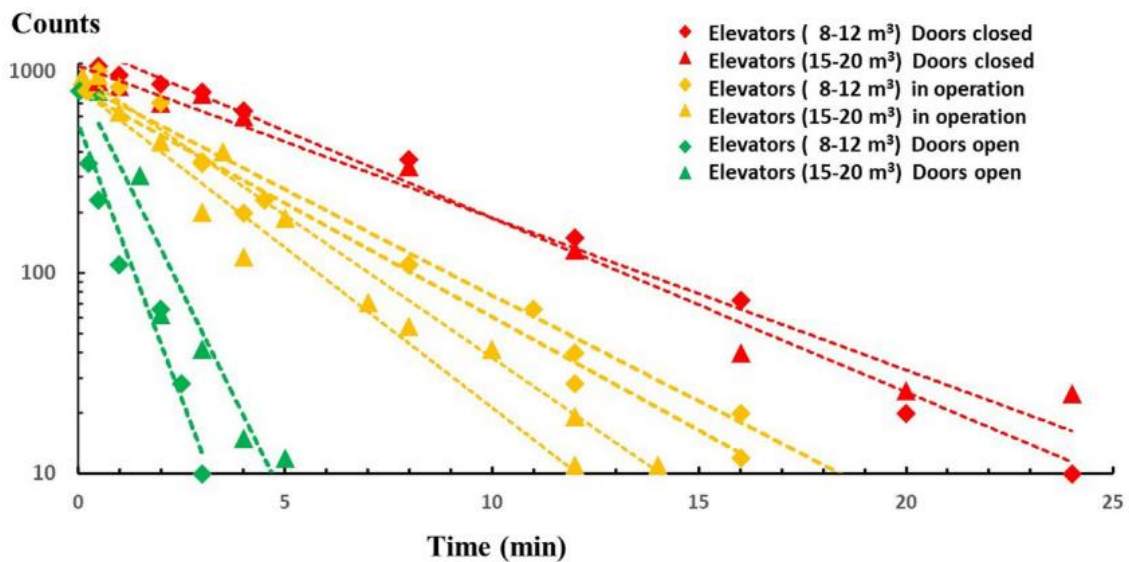
Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό μπορεί να περιοριστεί η μετάδοση ιών και βακτηρίων. Φυσικά, πρέπει να συνδυαστεί και το μηχανολογικό μέρος της όλης κατασκευής.

### 3.4 Περιβάλλον-Αέρας

Ο περιβάλλον χώρος ενός ασανσέρ μπορεί να περιέχει μικρόβια που προέρχονται από βήχα ή άλλες αιτίες. Ειδικά στην περίπτωση που δεν υπάρχει αποδοτικός αερισμός του χώρου το πρόβλημα καθίστανται πιο σοβαρό. Στην έρευνα [5] έγινε μοντελοποίηση του χώρου του ασανσέρ, των σταγονιδίων από τον βήχα ενός ατόμου και μελετήθηκε από προσομοιώσεις για διάφορα σενάρια η μετάδοση μικροβίων. Ανάλογα με την αρχιτεκτονική του ασανσέρ και τα συστήματα εξαερισμού λήφθηκαν διαφορετικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, δείχθηκε ότι η σωστή τοποθέτηση του συστήματος εξαερισμού επηρεάζει την ροή αέρα και συνεπώς την ροή μικροβίων, ότι η θέση του ατόμου και η κατεύθυνση του βήχα επηρεάζει την μετάδοση και ότι η χρήση ενός συστήματος καθαρισμού του αέρα βελτιώνει την ποιότητα του αλλά δεν εξαλείφει τελείως τα μικρόβια. Επιπλέον δείχθηκε ότι το χρονικό διάστημα που χρειάζονται τα μικρόβια για να μεταφερθούν από το στόμα στο πάτωμα είναι μεγαλύτερο από το χρονικό διάστημα που χρειάζεται η ακτινοβολία UV για να τα εξουδετερώσει. Επισημαίνεται δηλαδή η αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας UV.

Επιπλέον, στην έρευνα [6] επιλέχθηκε αρχικά μια κοινή γεωμετρία ασανσέρ διαστάσεων  $1,5 * 1,5 * 2m^3$ . Σημειώνεται ότι το εμβαδόν ενός τυπικού ανελκυστήρα 5 ατόμων σε μια πολυκατοικία είναι περίπου 3 τετραγωνικά μέτρα. Επιλέχθηκε σύστημα εξαερισμού που περιέχει έναν ανεμιστήρα στο πάνω μέρος και ανοίγματα στα κάτω-πλάγια σημεία. Επιλέχθηκαν τρεις χρήστες στον χώρο. Η αριθμητική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανάλυση της ροής του αέρα στηρίζεται στο μοντέλο Euler-Lagrange. Έγιναν πολλαπλές προσομοιώσεις για διάφορα σενάρια. Πιο συγκεκριμένα έγιναν προσομοιώσεις για

διαφορετικές ταχύτητες του ανεμιστήρα εξαερισμού, για διαφορετικό αριθμό ατόμων-χρηστών, για διαφορετικές κατευθύνσεις του βήχα, για διαφορετικές θερμοκρασίες και διαφορετικές τιμές υγρασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με χρήση του ανεμιστήρα τα σταγονίδια βήχα κατευθύνονται προς τα κάτω στις σχισμές εξαερισμού ενώ όταν ο ανεμιστήρας είναι κλειστός τα σταγονίδια μπορεί να ξεκινούν κυκλικές πορείες μέσα στο χώρο. Συνεπώς είναι απαραίτητη η χρήση ανεμιστήρα για την κατεύθυνση των σταγονιδίων. Επίσης, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι προτιμότερο να υπάρχει ανεμιστήρας στο κεντρικό μέρος της οροφής παρά κατανεμημένος στον χώρο. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση της υγρασίας έδειξε αύξηση της εξάτμισης-εξαφάνισης των σταγονιδίων στον αέρα. Λόγω της έξαρσης του ιού Covid-19 πολλαπλές έρευνες έγιναν και γίνονται για την μετάδοση, την ανθεκτικότητα και τον περιορισμό του ιού σε διάφορους χώρους και επιφάνειες. Στην έρευνα [7] έγιναν μετρήσεις σταγονιδίων αερολύματος Covid-19 σε ασανσέρ υπό τις πόρτες ανοιχτές ή κλειστές για διαφορετικές διαστάσεις. Στο παρακάτω διάγραμμα συνοψίζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, όπου αναγράφονται οι μετρήσεις των σταγονιδίων αερολύματος συναρτήσει του χρόνου:

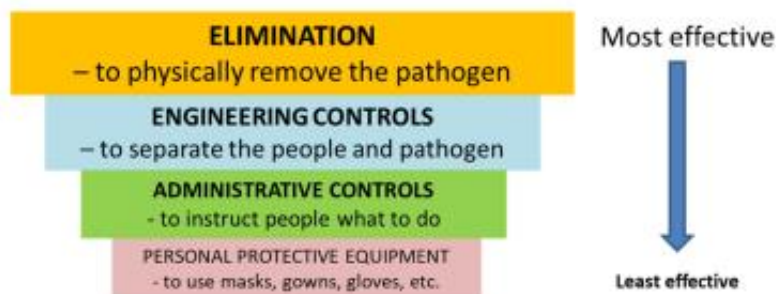


Εικόνα 12-Μετρήσεις σταγονιδίων αερολύματος συναρτήσει του χρόνου και των διαστάσεων του ανελεκυστήρα

Την καλύτερη περίπτωση αποτελεί το ασανσέρ μεγαλύτερων διαστάσεων (8-12m<sup>3</sup>) με τις πόρτες ανοιχτές, όπου βλέπουμε μείωση των σταγονιδίων σε 3 λεπτά. Την χειρότερη περίπτωση αποτελεί το ασανσέρ των 15-20m<sup>3</sup> με τις πόρτες κλειστές, όπου παρατηρείται μείωση των σταγονιδίων από πλήθος 1000 έως 20 σε 23 λεπτά. Προφανές και σημαντικό συμπέρασμα της παραπάνω έρευνας είναι ότι οι πόρτες θα πρέπει να μένουν ανοιχτές για όσο το δυνατόν περισσότερη ώρα.

## 4. Απαιτήσεις και Προκλήσεις Απολύμανσης και Αντισηψίας του Θαλάμου

Στο κεφάλαιο 3 αναλύθηκαν τα κυριότερα σημεία συγκέντρωσης μικροβίων σε έναν θάλαμο ανελκυστήρα. Όπως είδαμε, πολλαπλά σημεία ενός θαλάμου μπορούν να περιέχουν μικρές ή μεγάλες ποσότητες μικροοργανισμών, ενώ ο χρήστης μπορεί να έρθει σε επαφή με αυτά υπό διάφορους τρόπους. Τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Ασθενειών των Ηνωμένων Πολιτειών[8] έχουν θεσπίσει την παρακάτω πυραμίδα για τον έλεγχο μολύνσεων:



Εικόνα 13-Ιεραρχία ελέγχου μολύνσεων

Σύμφωνα με την παραπάνω ιεραρχία, ο πιο δραστικός τρόπος για την ελαχιστοποίηση της μόλυνσης είναι η εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών με φυσικές διαδικασίες. Επόμενη λύση είναι ο διαχωρισμός των παθογόνων μικροοργανισμών και των ανθρώπων έτσι ώστε να μην έρχονται σε επαφή. Οι οδηγίες προς τους ανθρώπους για την αποφυγή μολύνσεων αποτελούν το πρότελευταίο στάδιο, ενώ η ατομική ευθύνη και προστασία του καθενός αποτελεί το τελευταίο και λιγότερο αποτελεσματικό στάδιο.

Συνεπώς για την ελαχιστοποίηση των επαφών και μολύνσεων ο σχεδιασμός ενός ανελκυστήρα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν τις παρακάτω παραμέτρους:

### 4.1 Εξαερισμός Χώρου

Σε κάθε κλειστό χώρο και ιδιαίτερα σε χώρους όπου μετακινούνται άτομα ο σωστός εξαερισμός αποτελεί αναγκαιότητα αλλά και πρόκληση. Ο αέρας στον χώρο πρέπει να ανανεώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο εξωτερικός αέρας που ανανεώνει τον εσωτερικό πρέπει να φιλτράρεται σωστά έτσι ώστε να μην περιέχει επιβλαβείς ουσίες (π.χ. καυσαέρια). Επιπλέον, η κατανομή του αέρα στον εσωτερικό χώρο οφείλει να είναι ομοιόμορφη έτσι ώστε να μην συσσωρεύονται μικροοργανισμοί σε συγκεκριμένα σημεία ή επιφάνειες. Συνεπώς αποτελεί πρόκληση και η σωστή τοποθέτηση των συστημάτων εξαερισμού στον χώρο.

Η επανακυκλοφορία του αέρα αποτελεί ένα μέτρο για την εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο το μέτρο αυτό πρέπει να αντισταθμίζεται από την απαίτηση για καθαρό αέρα. Για την σωστή ανανέωση μέσω της επανακυκλοφορίας του αέρα χρησιμοποιούνται φίλτρα που χρειάζεται να είναι αποδοτικά. Συνεπώς, απαιτείται ειδικός σχεδιασμός και συντήρηση αυτών. Η τεχνική αναφορά 'ASHRAE 2017' [9] αναφέρει και εξετάζει την αποδοτικότητα φίλτρων συναρτήσει των μικροβίων. Φυσικά, πιθανοί σχεδιασμοί μπορούν να συνδυάζουν επανακυκλοφορία του αέρα και άμεσο εξαερισμό από το περιβάλλον.

Τα συστήματα ανανέωσης του αέρα δεν θα πρέπει να εμποδίζονται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως χειρισμούς ατόμων (π.χ. κλείσιμο παραθύρων), κλείσιμο αεραγωγών (π.χ. φύλλα, ακαθαρσίες) και καταστροφή μηχανισμών (π.χ. σπάσιμο φύλλων αεραγωγού). Η δομή του συστήματος θα πρέπει να είναι αξιόπιστη και συμπαγής, ανεπηρέαστη από εξωτερικούς παράγοντες.

Πρόκληση αποτελεί και η σχεδίαση του συστήματος έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται πλήρως την φυσική ροή και ανανέωση του αέρα με χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων μηχανικών και κλιματιστικών συστημάτων.

## 4.2 Μέτρηση Συνθηκών Χώρου

Για την σωστή λειτουργία του συστήματος ελέγχου της θερμοκρασίας, υγρασίας και απολύμανσης-καθαρισμού απαιτείται σωστή και γρήγορη μέτρηση των συνθηκών του εσωτερικού χώρου. Για την μέτρηση αυτών χρησιμοποιούνται αισθητήρες οι οποίοι παίρνουν μετρήσεις και επικοινωνούν με το σύστημα ελέγχου ώστε αυτό να επεξεργαστεί τις μετρήσεις και στη συνέχεια να τροποποιήσει την θερμοκρασία με βάση τις επιθυμητές προδιαγραφές.

Θα ήταν ιδιαίτερα σημαντικό και βολικό να υπάρχουν συσκευές που συγκεντρώνουν μετρήσεις από διάφορα μεγέθη. Έτσι, μια μόνο χρησιμοποιούμενη συσκευή θα έχει την δυνατότητα να λαμβάνει μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, ποιότητας αέρα και άλλες χωρίς να χρησιμοποιούνται πολλαπλά υποσυστήματα.

Στην σημερινή εποχή του Internet Of Things (IoT), συσκευές IoT και προηγμένοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Προσφέρονται νέες προοπτικές για την επικοινωνία και την απόδοση του συνολικού συστήματος με άμεση συνέπεια την αύξηση της αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας.

Συνοψίζοντας τις απαιτήσεις, οι αισθητήρες πρέπει να λαμβάνουν ακριβείς μετρήσεις, να αντιλαμβάνονται τις μεταβολές γρήγορα, να επικοινωνούν γρήγορα με το συνολικό σύστημα και να συνδυάζονται εύκολα.



### 4.3 Συσκευές και Συστήματα Απολύμανσης

Σε κλειστούς και μικρούς χώρους ο εξαερισμός δεν μπορεί να αποτελέσει από μόνος του τον τρόπο για αποδοτική απολύμανση του περιβάλλοντος. Έτσι επιπλέον συστήματα και συσκευές καθαρισμού του χώρου πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

Βασικές προκλήσεις αυτών των συστημάτων είναι η αποδοτική απολύμανση του χώρου, η τοποθέτηση του σε μικρούς χώρους, η εγκατάστασή τους σε κινητά συστήματα όπως ανελκυστήρες και ο συνδυασμός τους με συστήματα εξαερισμού. Επιπλέον, τα συστήματα απολύμανσης και καθαρισμού του χώρου πρέπει να απολυμαίνουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο χωρίς να επηρεάζουν την υγεία του ανθρώπινου παράγοντα.

Στα παρακάτω κεφάλαια θα αναλυθούν διεξοδικά οι συσκευές και τα συστήματα που προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα προς αυτή την κατεύθυνση.

## 5. Μέθοδοι Αντισηψίας και Απολύμανσης του Θαλάμου του Ανελκυστήρα

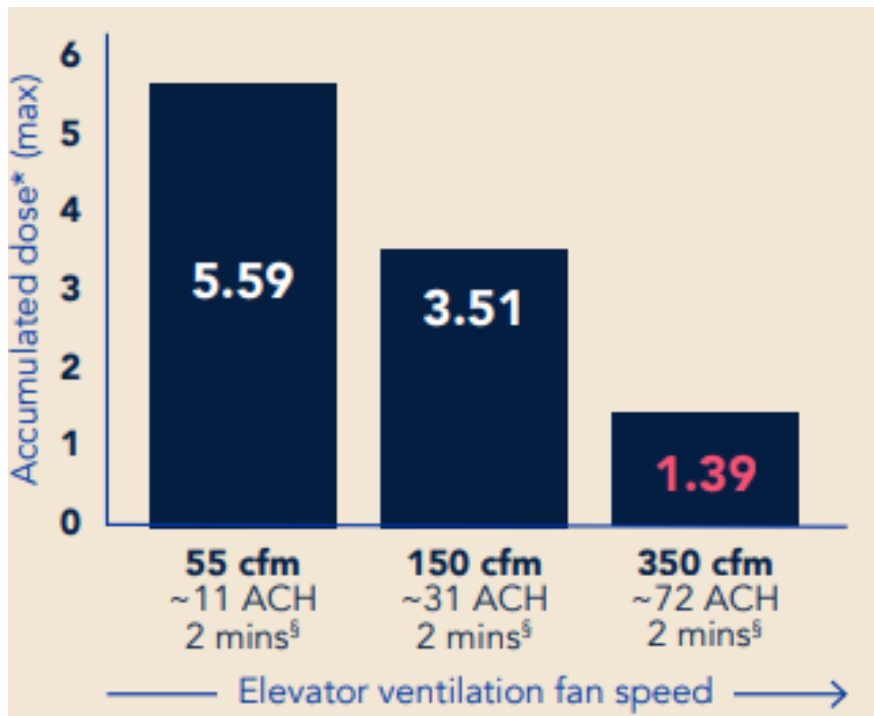
Σε κάθε εγκατάσταση το ασανσέρ χρησιμοποιείται συνεχώς από ανθρώπους και για αρκετές φορές μέσα στην κάθε ημέρα. Το κάθε άτομο χρησιμοποιεί κουμπιά χειρισμού και χειρολαβές. Στηρίζεται πάνω στο πάτωμα αλλά και στα τοιχώματα-πάνελ του ασανσέρ. Συνεπώς είναι λογικό να μεταφέρονται μικρόβια και ιοί και να εμμένουν στις παραπάνω επιφάνειες. Μάλιστα, σύμφωνα με προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε ότι τα κουμπιά χειρισμού και οι χειρολαβές των ασανσέρ αποτελούν μερικές από τις πιο συχνά μολυσμένες επιφάνειες κοινής χρήσης. Με βάση τις προδιαγραφές και τα στάνταρ οι ανελκυστήρες οφείλουν να έχουν εγκοπές και ανοίγματα για τον αερισμό του θαλάμου. Όσο καλύτερος είναι ο εξαερισμός τόσο καλύτερο είναι και το επίπεδο υγιεινής του θαλάμου. Ωστόσο, ο σωστός εξαερισμός αποτελεί μια πρόκληση, ενώ στις περισσότερες εφαρμογές δεν είναι ο απαραίτητος για την διασφάλιση της υγιεινής. Απαιτείται λοιπόν, αποτελεσματικός καθαρισμός του χώρου για την εξασφάλιση της υγιεινής. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό και την απολύμανση ενός ανελκυστήρα.

### 5.1 Ανεμιστήρας κατεύθυνσης αέρα

Σε κάθε ανελκυστήρα χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες, οι οποίοι τοποθετούνται στην οροφή. Στόχος είναι να κατευθύνουν την ροή του αέρα στις εγκοπές εξαερισμού που περιέχει ο θάλαμος. Οι εγκοπές αυτές μπορεί να βρίσκονται είτε στα άκρα του πατώματος είτε στις γωνίες του θαλάμου. Οι βασικές προδιαγραφές που πρέπει να καλύπτει ένας ανεμιστήρας ανελκυστήρα είναι οι εξής:

- Χαμηλή Ενεργειακή Κατανάλωση
- Χαμηλός Θόρυβος
- Υψηλές ταχύτητες
- Μικρό μέγεθος
- Σωστή τοποθέτηση

Σύμφωνα με την έρευνα [10], η ταχύτητα του ανεμιστήρα επηρεάζει την συσσώρευση μικροβίων και την έκθεση του χρήστη σε αυτά. Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα όσο η ταχύτητα του ανεμιστήρα (Elevator ventilation fan speed) αυξάνεται, τόσο μειώνεται η δόση συσσωρευμένων μικροοργανισμών όπου ο χρήστης έρχεται σε επαφή (accumulated dose):

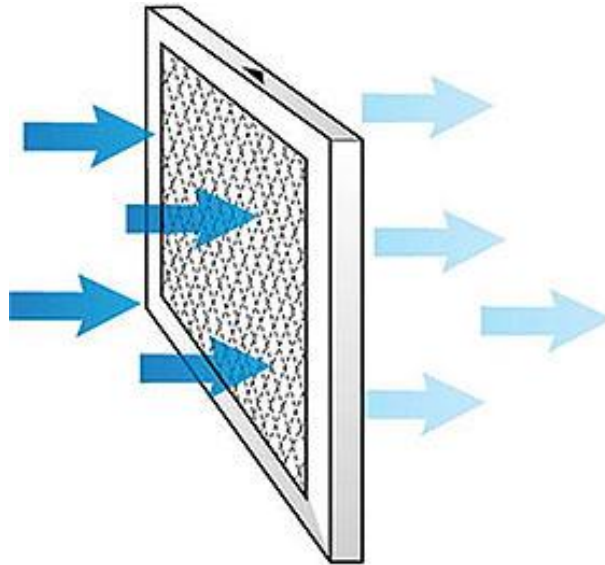


Εικόνα 14-Συσσωρευμένη Ποσότητα Μικροοργανισμών-Ταχύτητα Ανεμιστήρα

Σημειώνεται ότι η παραπάνω έρευνα έγινε για χρήση του ανελκυστήρα 2 ατόμων για 2 λεπτά, χωρίς επιπλέον μέτρα ατομικής προστασίας. Ο δείκτης 'cfm' (Cubic Feet per Minute) αναφέρεται στην πυκνότητα του αέρα, ενώ ο δείκτης 'ACH' (Air Changes per Hour) αναφέρεται στην ανταλλαγή αέρα μέσα στον χώρο μέσα σε μια ώρα, διαιρεμένη με την πυκνότητα του χώρου.

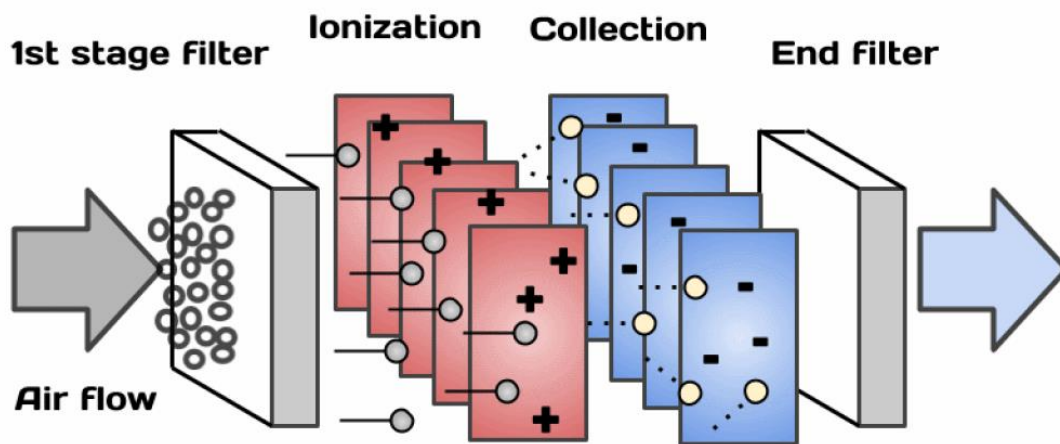
## 5.2 Φίλτρα αέρα

Για το φιλτράρισμα του αέρα χρησιμοποιούνται πορώδεις δομές που αποτελούνται από ίνες ή ειδικές μεμβράνες από τις οποίες περνά ο αέρας. Οι δομές αυτές έχουν την ικανότητα να αφαιρούν και να συγκρατούν τα επιβλαβή στοιχεία του αέρα. Τα φίλτρα μπορούν να αφαιρούν τα επιβλαβή στοιχεία είτε με μηχανικό είτε με ηλεκτρονικό τρόπο. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται πλάκες φίλτρων από ειδικό υλικό που συγκρατεί τα επιβλαβή στοιχεία, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



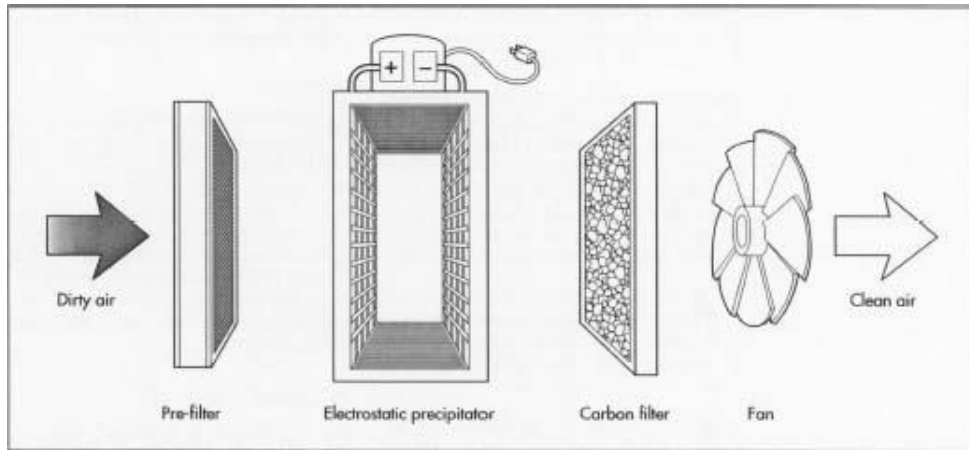
Εικόνα 15-Φίλτρο Αέρα

Στην δεύτερη περίπτωση των ηλεκτροστατικών φίλτρων χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές πλάκες φίλτρων όπου φορτίζονται με διαφορετική πολικότητα. Έτσι όταν ο αέρας περνά ενδιάμεσα, η διαφορετική πόλωση των πλακών αναγκάζει τα σωματίδια να 'χωριστούν'.



Εικόνα 16-Λειτουργία Ηλεκτροστατικών Φίλτρων

Φυσικά, τα μηχανικά φίλτρα και τα ηλεκτροστατικά μπορούν να συνδυαστούν για καλύτερη αποδοτικότητα.

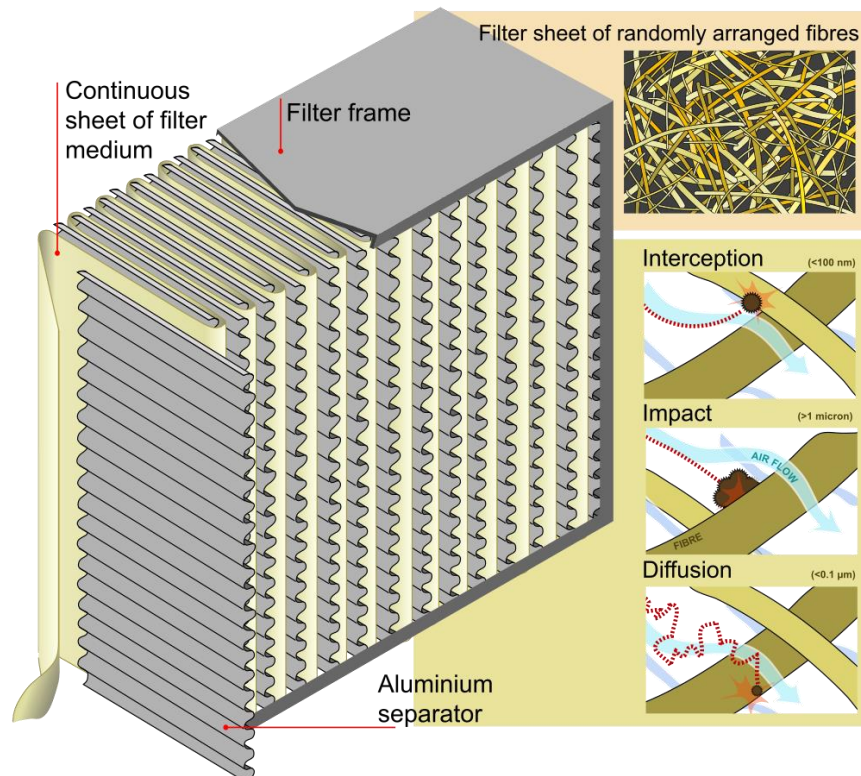


Εικόνα 17-Συνδυασμένος σχεδιασμός φίλτρων και ανεμιστήρα

Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις απαιτείται συχνή αντικατάσταση ή καθαρισμός των φίλτρων.

### 5.3 Φίλτρα HEPA (High Efficiency Particulate Air)

Τα φίλτρα HEPA αποτελούν φίλτρα αέρα που πληρούν τις προδιαγραφές που ορίζονται από τα στάνταρ 'HEPA'. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν έναν εσωτερικό ανεμιστήρα για να κατευθύνουν τον αέρα στο φίλτρο. Παρακάτω φαίνεται η δομή ενός τυπικού φίλτρου HEPA καθώς και οι μηχανισμοί εξουδετέρωσης των μικροβίων:



Εικόνα 18-Δομή φίλτρου HEPA

Το φίλτρο αποτελείται από το εξωτερικό περίβλημα, τους διαχωριστές αλουμινίου και τα φύλλα φίλτρου. Τα φύλλα του φίλτρου είναι υπεύθυνα για τον καθαρισμό του αέρα από μικρόβια. Αποτελούνται από ίνες προπυλενίου ή υαλοβάμβακα. Η διάμετρος τους είναι από 0,2mm έως 0,5mm. Όταν τα σωματίδια του αέρα πέφτουν στο φίλτρο τότε η διέλευση τους εμποδίζεται καθώς αυτά συγκρούονται με τις ίνες του φίλτρου. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του φίλτρου είναι η ταχύτητα του αέρα, το πάχος και η διάμετρος της κάθε ίνας του φίλτρου. Τα φίλτρα HEPA διαφέρουν ως προς άλλα φίλτρα υπό το γεγονός ότι σχεδιάζονται για να περιορίζουν συγκεκριμένα μεγέθη σωματιδίων του αέρα.

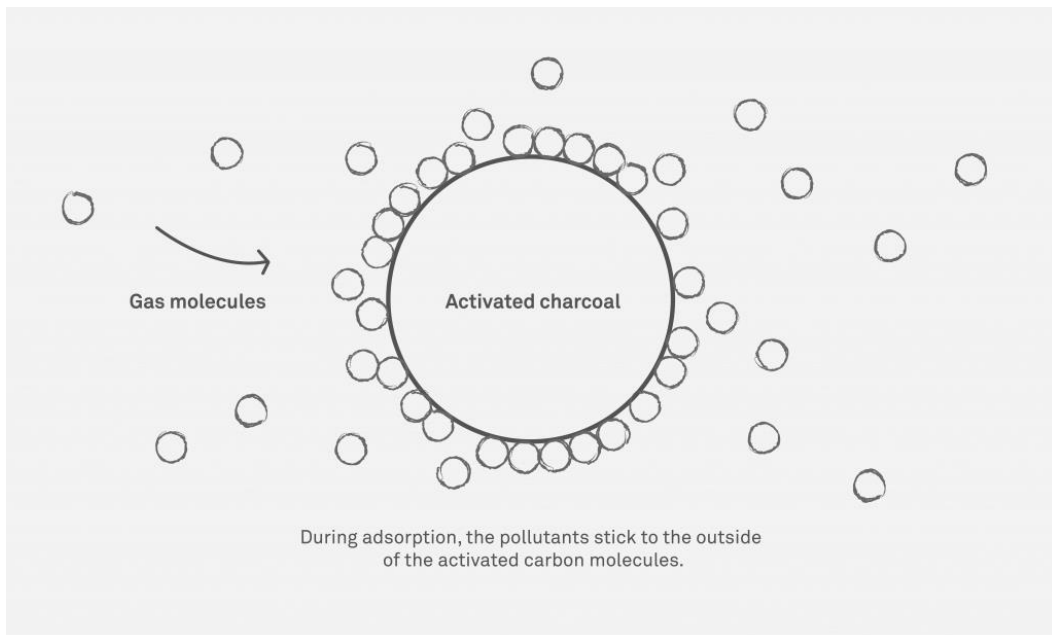
Η απομάκρυνση των σωματιδίων γίνεται μέσω των μηχανισμών διάχυσης, διακοπής και πρόσκρουσης.

1. Διάχυση: Όπως φαίνεται και στο σχήμα 14 τα σωματίδια προσπαθούν να περάσουν τις ίνες του αέρα. Όμως, λόγω των εμποδίων που συναντούν, αναπηδούν και ανακατευθύνονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται κίνηση 'Brown' και συμβαίνει στις χαμηλότερες ταχύτητες αέρα.
2. Διακοπή-Υποκλοπή: Στον μηχανισμό αυτό, υποκλέπτονται σωματίδια κατά την κανονική ροή του αέρα. Δηλαδή, καθώς ο αέρας ακολουθά μια συγκεκριμένη διαδρομή, οι ίνες 'αρπάζουν' σωματίδια, τα οποία προσκολλώνται πάνω τους.
3. Πρόσκρουση: Κατά την διαδικασία αυτή, τα σωματίδια προσκρούονται κατευθείαν και ενσωματώνονται πάνω στις ίνες. Αυτό εμφανίζεται περισσότερο στις υψηλότερες ταχύτητες αέρα.

#### 5.4 Φίλτρα Ενεργού Άνθρακα

Παρόμοια με τα φίλτρα HEPA, χρησιμοποιείται ανεμιστήρας για την κατεύθυνση του αέρα μέσα στο φίλτρο. Τα συγκεκριμένα φίλτρα διαφέρουν ως προς τα HEPA διότι περιορίζουν διαφορετικούς τύπους ρύπων, όπως αερίων από καπνό, ατμών, οσμών και τοξικών ενώσεων. Οι ενώσεις που καταπολεμά εμπíπτουν στην ομάδα πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC). Χρησιμοποιούν ενεργό άνθρακα, λόγω των μικρών και αποδοτικών πόρων που περιέχει.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η αρχή λειτουργίας των φίλτρων ενεργού άνθρακα. Ο μηχανισμός στον οποίο στηρίζεται είναι η απορρόφηση (absorption). Τα συγκεκριμένα σωματίδια που επιδρά ο ενεργός άνθρακας προσκολλούνται στα σωματίδια του φίλτρου.

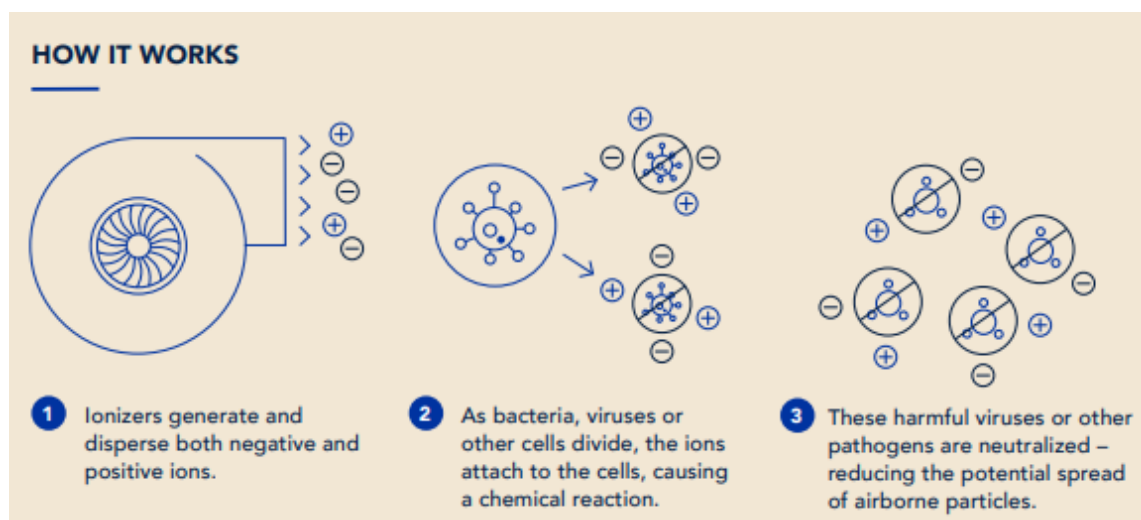


Εικόνα 19-Μηχανισμός λειτουργίας φίλτρων ενεργού άνθρακα

Όπως και στα φίλτρα HEPA καθοριστικό ρόλο παίζει η κατεύθυνση και η ένταση του αέρα, καθώς και οι δομικές διαστάσεις του φίλτρου.

## 5.5 Ιονιστής Αέρα

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός δεν χρησιμοποιεί φίλτρα. Αποτελεί μηχανισμό που εκπέμπει αρνητικά φορτισμένα ιόντα, τα οποία αλληλεπιδρούν με τα σωματίδια και τους ρύπους. Στην παρακάτω εικόνα[OTIS] φαίνεται η διαδικασία του μηχανισμού ιονιστή αέρα:



Εικόνα 20-Αρχή λειτουργίας ιονιστών αέρα

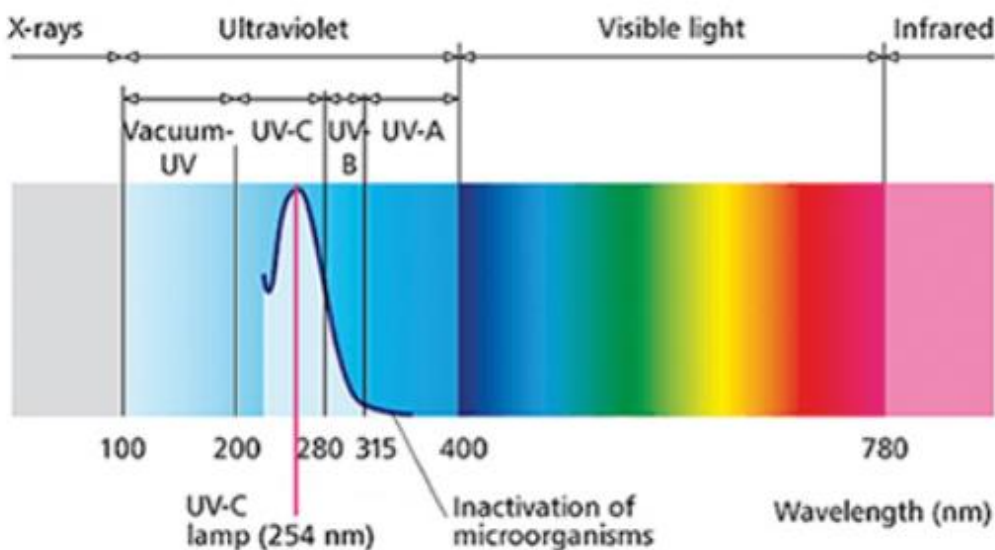
Σε πρώτη φάση ο Ιονιστής εκπέμπει φορτισμένα σωματίδια στον αέρα. Τα σωματίδια αυτά προσκολλώνται στα βακτήρια και στους ιούς. Η προσκόλληση αυτή έχει ως αποτέλεσμα είτε

την αποδυνάμωση και καταστροφή των σωματιδίων αυτών, είτε την κατεύθυνση τους προς τα κάτω στο έδαφος, καθώς χάνουν την ιδιότητα παραμονής τους στον αέρα. Στην τελευταία περίπτωση απαιτείται συχνός καθαρισμός του πατώματος του χώρου.

Η παραγωγή των φορτισμένων σωματιδίων γίνεται με διάφορους τρόπους και επηρεάζει την ποιότητα των ιόντων. Με την σειρά τους επηρεάζουν τον περιβάλλοντα χώρο και μετά επιδρά στους χρήστες. Οι διάφοροι μηχανισμοί μπορεί να στηρίζονται σε εκκενώσεις Corona, Διηλεκτρικά Υλικά, Διπολικούς Ιονιστές και Ηλεκτροστατικά φίλτρα[OTIS].

## 5.6 Φίλτρα Υπεριώδους Ακτινοβολίας

Τα φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας επηρεάζουν τα μικρόβια σε μοριακό επίπεδο. Όταν υπεριώδης ακτινοβολία μικρού μήκους πέσει πάνω σε αυτά, επηρεάζει και υποβαθμίζει την δυνατότητά τους για αναπαραγωγή, καθιστώντας τα ανενεργά. Το μήκος κύματος λειτουργίας αφορά την ζώνη 100-280nm του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το συγκεκριμένο μήκος κύματος δεν επηρεάζει τον ανθρώπινο οργανισμό σε μικρή χρονική έκθεση, ωστόσο πρέπει να γίνει σωστή και ειδική σχεδίαση του όλου συστήματος:



Εικόνα 21-Φάσμα Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας

Η τεχνολογία που αξιοποιεί το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από 200nm έως 300nm ονομάζεται 'Υπεριώδης Μικροβιοκτόνος Ακτινοβολία' (Ultraviolet Germicidal Irradiation-UVGI). Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται:



- Λαμπτήρες υδραργύρου με εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας σε 253.7nm.
- Λαμπτήρες διόδου εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-C LED) σε μήκος κύματος μεταξύ 255 και 280nm.
- Παλμικοί λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας σε όλο το φάσμα ακτινοβολίας και μέγιστη τιμή τα 230nm.

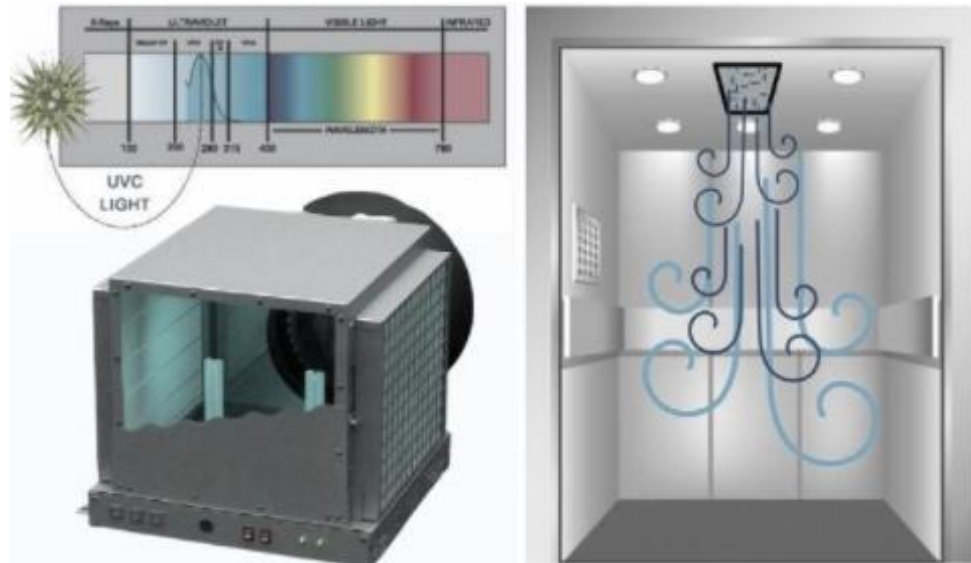
Παρακάτω φαίνεται μια τυπική εφαρμογή λαμπτήρων υπεριώδους ακτινοβολίας σε ασανσέρ:



*Εικόνα 22-Τοποθέτηση λαμπών UVGI*

Η παραπάνω μέθοδος απαιτεί ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση για την λειτουργία του συστήματος και την συντήρηση του, ενώ μπορεί να ελέγχεται και από απόσταση.

Παρακάτω βλέπουμε μια εφαρμογή του συστήματος όπου χρησιμοποιείται θάλαμος αερίων (γκρι θάλαμος). Ο αέρας φιλτράρεται μέσω υπεριώδους ακτινοβολίας και στη συνέχεια εισάγεται στον ανεκυστήρα. Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει την ικανότητα να καταστρέφει την δομή των βακτηρίων και να εμποδίζει την εξάπλωσή τους.



Εικόνα 23-Θάλαμος Καθαρισμού αέρα

## 5.7 Αντιμικροβιακές και Αυτό-Καθαριζόμενες επιφάνειες

Τα υλικά των επιφανειών ενός ασανσέρ μπορεί να έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες ή να έχουν την δυνατότητα να καθαρίζουν την επιφάνειά τους από επιβλαβείς για τον χρήστη ουσίες. Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι υδρόφοβα, φωτο-καταλυτικά ή νάνο-υλικά που περιέχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες.

Τα αντιμικροβιακά υλικά περιέχουν ενώσεις, οι οποίες αλληλεπιδρούν και εξουδετερώνουν τους ιούς, ενώ οι αυτό-καθαριζόμενες επιφάνειες απλά 'διώχνουν' τους μικροοργανισμούς από πάνω τους.

Τα υλικά αυτά χωρίζονται σε 3 κύριες κατηγορίες:

1. Υπερυδρόφοβες: Κατασκευάζονται από πλάσμα, κρυστάλλους ειδικών υλικών και με νανολιθογραφία. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην πλήρη απομάκρυνση του νερού από την επιφάνεια του υλικού.
2. Υπερυδρόφιλο: Επιτελεί την αντίθετη λειτουργία από τις υδρόφοβες επιφάνειες. Στις συγκεκριμένες επιφάνειες το νερό μπορεί και ολισθαίνει πάνω στην επιφάνεια παρασύροντας μικροοργανισμούς, σκόνη κ.λ.π.
3. Φωτοκαταλυτικά: Κατασκευάζονται κυρίως από οξείδιο του τιτανίου. Το συγκεκριμένο υλικό όταν βρεθεί ύπο υπεριώδες φως παράγει ελεύθερα ηλεκτρόνια που αλληλεπιδρούν με το οξυγόνο και την υγρασία στο χώρο. Από αυτή την αλληλεπίδραση δημιουργούνται ελεύθερες ρίζες ('free radicals') οι οποίες αλληλεπιδρούν και εξασθενούν μικροοργανισμούς που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια.

Η παραπάνω λύση προσφέρει το πλεονέκτημα της ελαχιστοποίησης της απαίτησης για συχνή συντήρηση και καθαρισμό του χώρου.

## 6. Καινοτόμες Μέθοδοι Αντισηψίας και Απολύμανσης του Θαλάμου του Ανελκυστήρα

Σήμερα, υπάρχουν διάφορες τεχνικές και μέθοδοι που επιτρέπουν την αυτοματοποίηση της αντισηψίας και της απολύμανσης του ασανσέρ χωρίς την επέμβαση εξωτερικού ανθρώπινου παράγοντα. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο καινοτόμες τεχνολογίες με προοπτικές εξέλιξης και εφαρμογής:

### 6.1 Ασύρματες εφαρμογές χειρισμού

Για την αποφυγή ή ελαχιστοποίηση των επαφών με κουμπιά χειρισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές κινητού, οι οποίες επιτρέπουν τον χειρισμό του ασανσέρ μέσω 'Bluetooth' ή 'Wifi'. Έτσι ο χρήστης, χρησιμοποιώντας το κινητό του συνδέεται και χειρίζεται το ασανσέρ. Για την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου απαιτείται γρήγορο και εύχρηστο λογισμικό καθώς και ταχύτατη σύνδεση προς αποφυγή καθυστερήσεων.



Εικόνα 24-Ασύρματη εφαρμογή χειρισμού

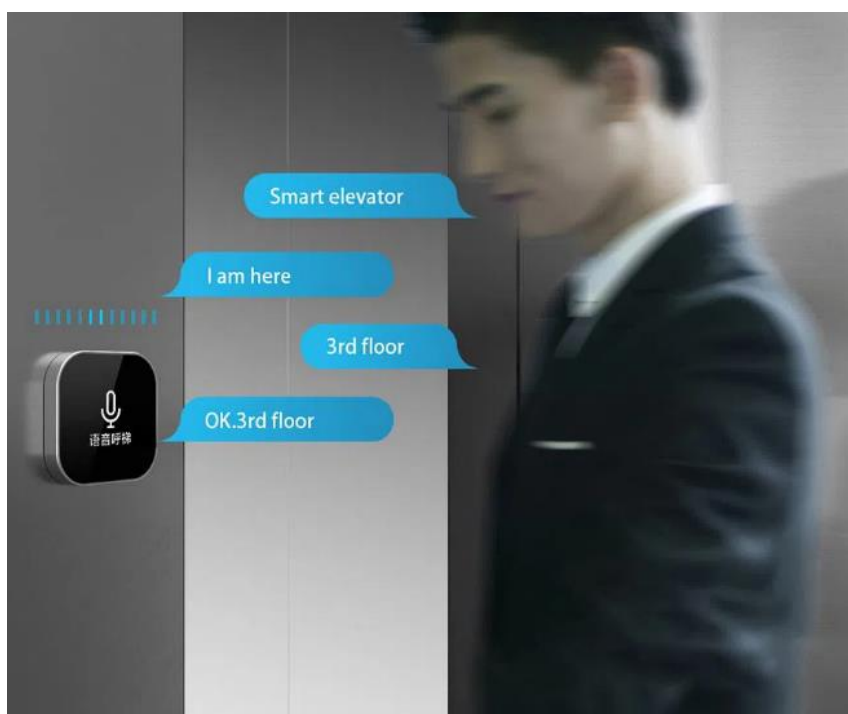
Για να υλοποιηθεί ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να ληφθούν υπόψη καινοτόμες τεχνολογίες όπως :

- 5G
- Internet Of Things (IoT)
- Artificial Intelligence(AI)
- Network Protocols
- Smart Sensors
- Cloud Networking
- Embedded Technologies

Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν ευκολότερα σε εταιρείες όπου οι εργαζόμενοι θα έχουν εγκατεστημένη την εφαρμογή και θα μπορούν εύκολα να την χειριστούν και να μετακινηθούν στις εγκαταστάσεις. Φυσικά, πρέπει να ληφθούν και μέτρα προστασίας και ασφάλειας καθώς οι παραπάνω χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες απαιτούν μετακίνηση δεδομένων.

## 6.2 Συστήματα ασύρματου χειρισμού μέσω εντολών φωνής και αναγνώρισης

Παρόμοια με τις ασύρματες εφαρμογές κινητού, μπορούν να σχεδιαστούν έξυπνα συστήματα αναγνώρισης φωνής. Ο χρήστης του ασανσέρ θα έχει την δυνατότητα να διαλέξει τον επιθυμητό όροφο, απλά λέγοντάς το στον πίνακα ελέγχου του ασανσέρ. Παρακάτω φαίνεται μια τυπική εφαρμογή όπου ο χρήστης επικοινωνεί με τον πίνακα ελέγχου:



Εικόνα 25-Σύστημα χειρισμού με εντολές φωνής

### 6.3 Κονσόλα χειρισμού ολογραμμάτων

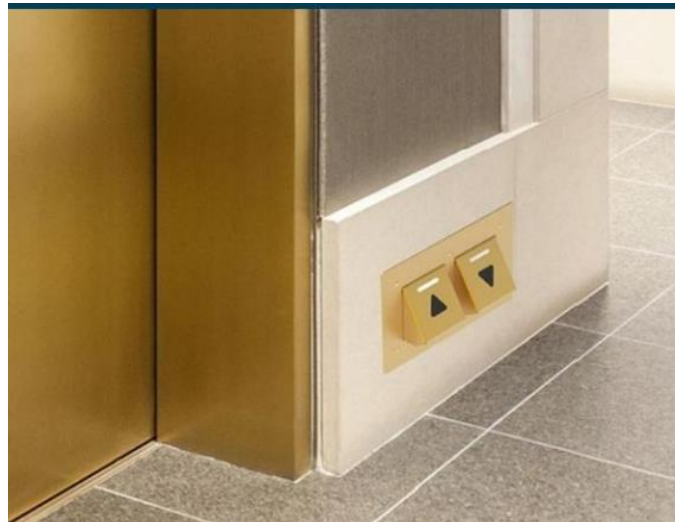
Παρόμοια με την προηγούμενη μέθοδο, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την επιθυμητή λειτουργία μέσω ολογράμματος και να αποφευχθεί η επαφή με κουμπιά και επιφάνειες. Συγκριτικά με την προηγούμενη περίπτωση, αποτελεί πιο εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδο ως προς την συνδεσιμότητα και την διαδραστικότητα. Ωστόσο αποτελεί ιδιαίτερη τεχνολογία και με υψηλότερο κόστος.



Εικόνα 26-Κονσόλα χειρισμού ολογραμμάτων

#### 6.4 Χρήση κουμπιών χειρισμού μέσω πατήματος με τα πόδια

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, ο χρήστης μπορεί να καλέσει το ασανσέρ μέσω πατήματος με τα πόδια και να αποφευχθεί η επαφή με τα χέρια.



Εικόνα 27α-Χρήση κουμπιών με πάτημα ποδιών

Ωστόσο, για να μην υπάρχουν περιορισμοί ως προς την επιλογή ορόφου και ως προς την εγκατάσταση, υπάρχουν κουμπιά στο πάτωμα στο εσωτερικό του ανελκυστήρα, που καλύπτουν όλες τις ανάγκες λειτουργίας.



Εικόνα 27β-Κουμπιά στο πάτωμα στο εσωτερικό του ανελκυστήρα

#### 6.5 Cleaning-Robot νέας γενιάς

Ο καθαρισμός του ασανσέρ στηρίζεται στην χρήση ενός αυτόνομα καθοδηγούμενου ρομπότ, το οποίο εισέρχεται στο ασανσέρ και απολυμαίνει τον χώρο, όπως φαίνεται στην εικόνα 28.

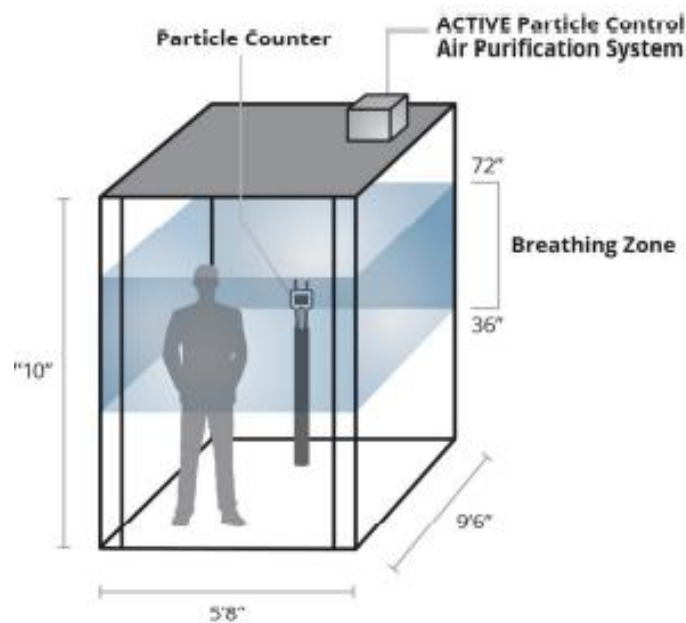


Εικόνα 28-Αυτόνομο ρομπότ καθαρισμού

Στο ρομπότ προσαρμόζονται αισθητήρες ανίχνευσης, τεχνολογίες IoT και τεχνολογίες AI. Προγραμματίζεται έτσι ώστε να λαμβάνει δεδομένα από τους αισθητήρες για την παρουσία ή όχι ανθρώπων στο ασανσέρ και στο γύρω χώρο. Στη συνέχεια, λαμβάνει δεδομένα για την ποιότητα του αέρα στο περιβάλλον του. Με βάση την ποιότητα ενεργοποιεί σπρέι καθαρισμού και απολυμαίνει τον χώρο. Στη συνέχεια, επιστρέφει στην αρχική του θέση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απολύμανση. Επιπλέον, μέσω συσκευών επικοινωνίας IoT δίνεται η δυνατότητα να επικοινωνεί το ρομπότ με το ασανσέρ. Έτσι όταν αυτό βρίσκεται ανενεργό σε κάποιον όροφο, το ρομπότ μπορεί να παίρνει απόφαση να ανοίγει το ασανσέρ και να εισέρχεται ώστε να καθαρίσει το χώρο. Φυσικά αποτελεί πρόκληση η ταχύτητα απόκρισης του ρομπότ και ο προγραμματισμός του. Η χρήση του μπορεί να διευρυνθεί χρησιμοποιώντας το και για κοινούς χώρους όπως σαλόνια, 'hall', η αποθήκες.

## 6.6 Τεχνολογία 'Active Particle Control' (APC)

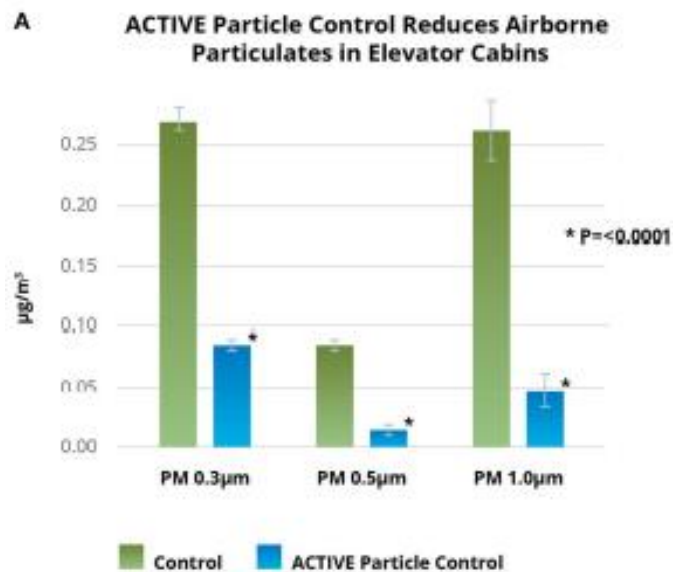
Η συγκεκριμένη τεχνολογία εμπίπτει στην κατηγορία των καθαριστών αέρα μέσω ιονισμού και πόλωσης του αέρα. Χειρίζεται κατάλληλα το παραγόμενο ηλεκτρικό πεδίο έτσι ώστε να εξουδετερώνει τα μικροσωματίδια μέσω των μηχανισμών πόλωσης και ιονισμού. Χρησιμοποιεί αρνητικά αλλά και θετικά ιόντα τα οποία αλληλοεπιδρούν με τους παθογενείς μικροοργανισμούς. Οι παραπάνω δύο μηχανισμοί προκαλούν αλληπάλληλες συγκρούσεις σε μοριακό επίπεδο με αποτέλεσμα τα επιβλαβή σωματίδια να αδρανοποιούνται και να πέφτουν προς τα κάτω. Έτσι, μέσω ροής του αέρα τα επιβλαβή σωματίδια μπορούν να συγκεντρωθούν και να απομακρυνθούν από έναν συλλέκτη σωματιδίων. Παρακάτω φαίνεται η εφαρμογή της τεχνολογίας:



Εικόνα 29-Τεχνολογία Active Particle Control

Η καινοτομία της συγκεκριμένης μεθόδου βρίσκεται στο σύστημα ελέγχου του καθαρισμού. Όπως φαίνεται και στο σχήμα, τοποθετείται σε κατάλληλο σημείο συσκευή που ανιχνεύει τις συνθήκες του χώρου του ανελκυστήρα. Στη συνέχεια οι μετρήσεις επεξεργάζονται καταλλήλα από τον μικροελεγκτή του συστήματος, ο οποίος δρα ανάλογα ενεργοποιώντας το σύστημα APC.

Στην αναφορά [11] γίνεται έρευνα της αποδοτικότητας του συστήματος μέσω μετρήσεων για συγκεκριμένες θερμοκρασίες και πολλαπλές χρήσεις του ασανσέρ. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει την δραστική μείωση των επιβλαβών παθογόνων οργανισμών:



Εικόνα 30-Απόδοση τεχνολογίας Active Particle Control



## 6.7 Πρακτικές Δυσκολίες Εφαρμογής

Όσον αφορά τις εφαρμογές καθαρισμού αέρα υπάρχουν αντικειμενικές δυσκολίες ως προς την υλοποίηση. Για την χρήση φίλτρων απαιτείται σχεδιασμός του ανελκυστήρα έτσι ώστε ο αέρας που θα εισάγεται να περνά κατάλληλα από τα συγκεκριμένα φίλτρα. Επιπλέον, θα πρέπει να αντικαθίστανται ή να καθαρίζονται συχνά έτσι ώστε να αποφεύγεται η ανακύκλωση μολυσμένου αέρα. Όσον αφορά τις εφαρμογές υπεριώδους ακτινοβολίας, πρέπει να ληφθεί υπόψιν η επικινδυνότητα της έκθεσης του ανθρώπου σε αυτήν. Ωστόσο, με κατάλληλο και πρωτοποριακό σχεδιασμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακτινοβολία ή φωτισμός στο εσωτερικό του θαλάμου που να μην επηρεάζει τον άνθρωπο. Σημειώνεται ότι υπάρχει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον για την εφεύρεση μεθόδων χρήσης UV ακτινοβολίας σε εφαρμογές ώστε να μην επηρεάζεται ο άνθρωπος. Οι τεχνολογίες που εμπλέκουν ασύρματες εφαρμογές, αυτόνομα ρομπότ και ολογράμματα πρέπει να συμπεριλάβουν και να συνδυάσουν πολλαπλές τεχνολογίες IoT, AI και πρωτόκολλα αποδοτικής συνδεσιμότητας και επικοινωνίας. Σήμερα, όπου η βιομηχανία περνά από μια 4<sup>η</sup> επανάσταση ('Industry 4.0'), οι παραπάνω τεχνολογίες αρχίζουν να αναπτύσσονται με γοργούς ρυθμούς. Συνεπώς, οι εφαρμογές αυτές δεν αποτελούν δύσκολο στόχο για το προσεχές μέλλον. Όσον αφορά την τεχνολογία APC απαιτείται καλύτερη διασύνδεση του συστήματος μέτρησης και ελέγχου με την τεχνολογία ιόντων, καθώς ανάλυση της επίδρασης του ανελκυστήρα στο χρήστη.

## 7. Σχεδιασμός Αυτοματοποιημένου Συστήματος Απολύμανσης και Αντισηψίας του Ανελκυστήρα

Σύμφωνα με την ανάλυση των παραπάνω κεφαλαίων και τις έρευνες πολλαπλών βιομηχανικών κατασκευαστών ανελκυστήρων [4-10], η τεχνολογία 'Υπεριώδης Μικροβιοκτόνος Ακτινοβολία' (Ultraviolet Germicidal Irradiation-UVGI) αποτελεί μια από τις καλύτερες λύσεις για την απολύμανση του ανελκυστήρα. Τα βασικά πλεονεκτήματα της έγκειται στην δυνατότητα να εξουδετερώνει απευθείας τα μικρόβια και τους παθογόνους μικροοργανισμούς, στην ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου εξοπλισμού για την εγκατάσταση (ανεμιστήρες, αεραγωγοί, κλπ.), στην απλότητα εγκατάστασης (π.χ. ως λάμπες) και στην ελάχιστη έως μηδαμινή απαίτηση για συντήρηση.

Ωστόσο, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος, καθώς παρατεταμένη έκθεση σε υπεριώδης ακτινοβολία επιδρά αρνητικά στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

### 7.1. Τοποθέτηση Υποσυστημάτων

Το σύστημα που θα σχεδιαστεί αποτελείται από τα παρακάτω κύρια μέρη :

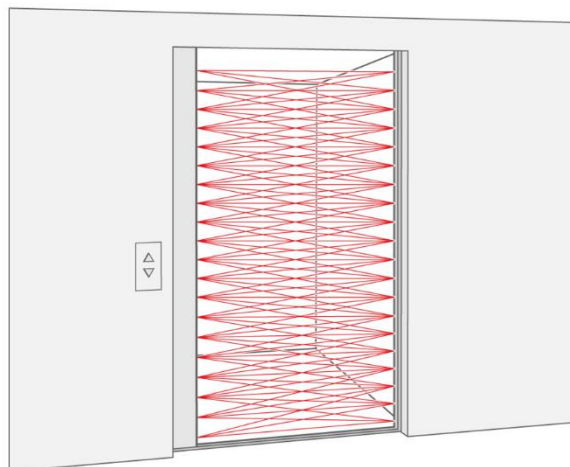
1. Λάμπες εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-C)
2. Αισθητήρες Κίνησης, Παρουσίας, Απόστασης.
3. Αισθητήρες UV-C για την ανίχνευση υπεριώδους ακτινοβολίας.
4. Μικροεπεξεργαστής-Μικροελεγκτής (Microcontroller)
5. Ενεργοποιητές (Actuators)
6. Αισθητήρες Υπερηχητικών Σημάτων (Ultrasonic Sensors)
7. WiFi Module

Οι λάμπες εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας μπορούν να εγκατασταθούν στο άνω μέρος του ανελκυστήρα έτσι ώστε να εκπέμπουν σε όλο τον εσωτερικό χώρο. Ενδεικτικά, φαίνεται μια πιθανή τοποθέτησή τους στο παρακάτω σχήμα:



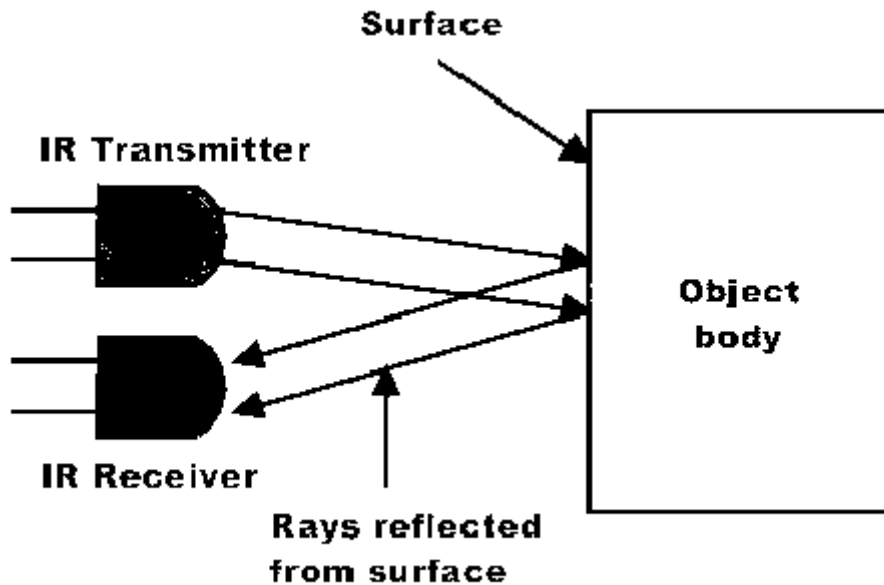
*Εικόνα 31-Τοποθέτηση λαμπών UV*

Οι αισθητήρες κίνησης και παρουσίας πρέπει να τοποθετηθούν σε τέτοιο σημείο έτσι ώστε να ανιχνεύουν πιθανή παρουσία του χρήστη. Επιπλέον, αισθητήρες πρέπει να τοποθετηθούν και στην πόρτα της εισόδου του ασανσέρ. Ενδεικτικά, φαίνονται παρακάτω η τοποθέτηση, η λειτουργία και τα σήματα των αισθητήρων πόρτας:



*Εικόνα 32-Τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης-θέσης*

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες προσέγγισης IR που αποτελούν φθηνούς αισθητήρες και μπορούν να τοποθετηθούν σε πολλαπλά σημεία του χώρου. Η αρχή λειτουργίας των συγκεκριμένων αισθητήρων φαίνονται παρακάτω:



*Εικόνα 33-Αρχή λειτουργίας αισθητήρων IR*

Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν εκπομπό φωτός και έναν αποδέκτη φωτός. Όταν τοποθετηθεί αντικείμενο μπροστά από την δέσμη φωτός θα ανιχνευθεί από τον αποδέκτη και θα δοθεί σήμα από τον αισθητήρα ότι υπάρχει αντικείμενο σε ορισμένη απόσταση.

Οι ενεργοποιητές (actuators) θα χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία για την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Στην παρούσα υλοποίηση μπορεί να μην χρησιμοποιηθεί ενεργοποιητής. Ο μικροελεγκτής μπορεί να ελέγχει την τροφοδότηση της λάμπας. Έτσι λειτουργεί ο ίδιος σαν ενεργοποιητής.

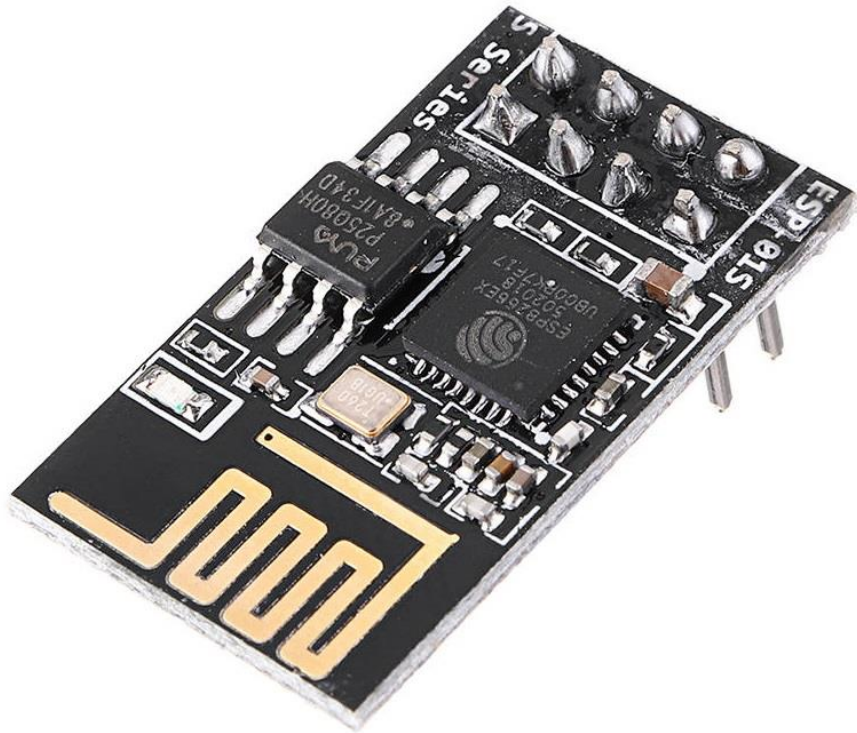
Ο μικροελεγκτής είναι απαραίτητος για την υλοποίηση του αλγορίθμου λειτουργίας του όλου συστήματος καθώς και για τα σήματα αναφοράς προς τους ενεργοποιητές. Ανάλογα με το πλήθος των αισθητήρων που θα τοποθετηθούν και την απαιτούμενη απόκριση ταχύτητας του συνολικού συστήματος επιλέγεται ο κατάλληλος μικροελεγκτής. Ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω ο μικροελεγκτής STM32F429I-DISCOVERY της εταιρείας ST Microelectronics:



Εικόνα 34-Μικροελεγκτής STM32F429I-discovery

Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής δίνει την δυνατότητα ανάκτησης των σημάτων από τους διάφορους αισθητήρες, τον προγραμματισμό της πλακέτας για την υλοποίηση της λειτουργίας και την απεικόνιση μεγεθών μέσω της ενσωματωμένης οθόνης LCD. Όπως προαναφέρθηκε, η λειτουργία του συστήματος πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η έκθεση του χρήστη σε υπεριώδη ακτινοβολία. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να συνδυάζονται σήματα από διαφορετικούς αισθητήρες, να επεξεργάζονται στον μικροελεγκτή και να εξάγονται πληροφορίες σχετικά με την παρουσία ή όχι ανθρώπου, έτσι ώστε σε επόμενο βήμα να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί η λειτουργία του συστήματος υπεριώδους ακτινοβολίας.

Για την επιτήρηση του συστήματος και την αξιολόγηση της συνολικής λειτουργίας του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα Wifi Module. Αυτό συνδέεται από τη μια άκρη του δικτύου με τον μικροελεγκτή έτσι ώστε να αντλεί πληροφορίες σχετικά με τα σήματα των αισθητήρων και την κατάσταση του συστήματος και από την άλλη άκρη με έναν server ή ένα router έτσι ώστε να αποθηκεύονται τα δεδομένα προς μεταγενέστερη αξιολόγηση. Η εικόνα 35 δείχνει το προτεινόμενο Wifi Module που είναι συμβατό με τον μικροελεγκτή:



Εικόνα 35-ESP8266 Wifi Module

Για να βελτιωθεί περαιτέρω το συνολικό σύστημα και η ασφάλεια του ανελκυστήρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες υπερηχητικών σημάτων (Ultrasonic sensors). Ο χρήστης μπορεί να τοποθετεί τον δείκτη του μπροστά από τον συγκεκριμένο αισθητήρα και να το κρατά για ελάχιστα δευτερόλεπτα μέχρι να ανάψει ένα λαμπάκι ένδειξης ότι έχει επιλεχθεί η επιθυμητή λειτουργία. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χρησιμοποιούν σήματα υπερηχητικών κυμάτων και ανιχνεύουν αντικείμενα από μακρινή απόσταση. Έτσι, ο χρήστης δεν χρειάζεται να πατήσει και να έρθει σε άμεση επαφή με τα κουμπιά, αποφεύγοντας πιθανή έκθεση σε παθογόνους μικροοργανισμούς.

Επιπλέον, προτείνεται για την σχεδίαση του εσωτερικού χώρου του ανελκυστήρα να χρησιμοποιηθούν αυτό-καθαριζόμενες και αντιμικροβιακές επιφάνειες όπως αυτές αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.7 της παρούσας εργασίας. Παρόμοια, για την μείωση του κόστους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ειδικές αυτοκόλλητες αντιμικροβιακές επιφάνειες που καλύπτουν τα συμβατικά υλικά του εσωτερικού χώρου. Τα συγκεκριμένα υλικά πρέπει να αντικαθίστανται ανα τακτικά χρονικά διαστήματα. Ενδεικτικά, παραθέτουμε παρακάτω μια μεβράνη χαλκού που χρησιμοποιείται για το κάλυμμα επιφανειών καθώς και κουμπιών χειρισμού:



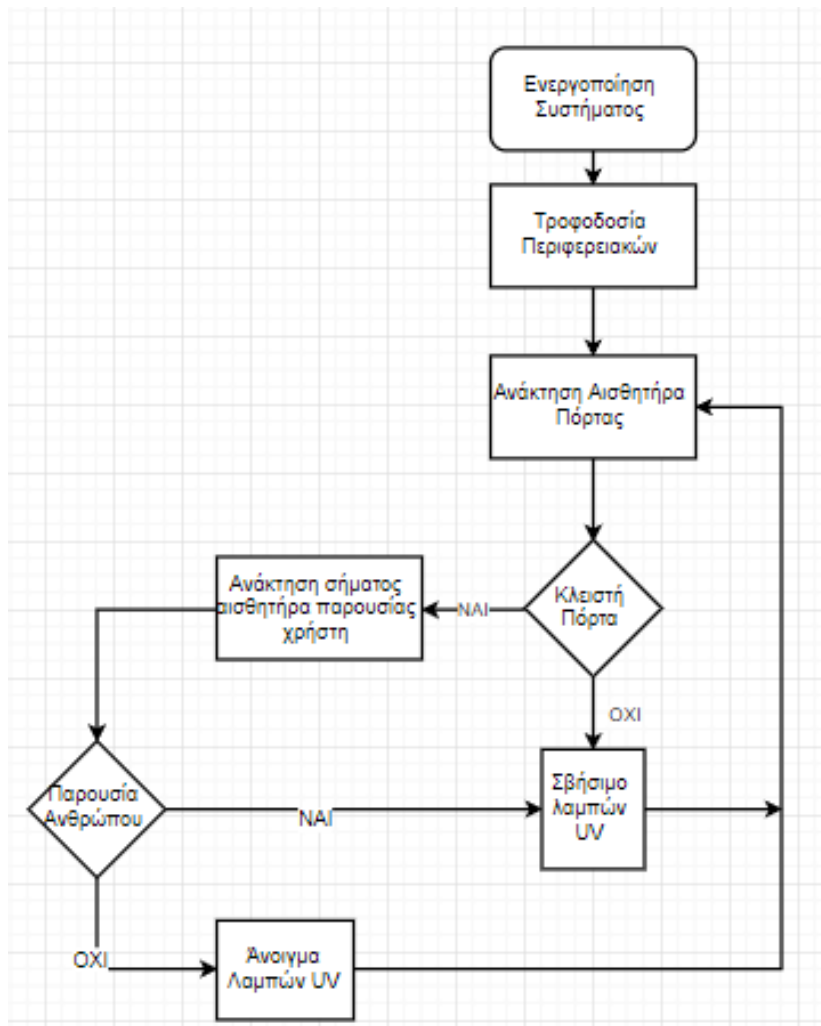
Εικόνα 36-Αντιμικροβιακή Μεμβράνη

## 7.2 Αλγόριθμος Λειτουργίας

Τα βήματα και η λογική λειτουργίας του συστήματος είναι τα εξής:

1. Ενεργοποίηση και αρχικοποίηση παραμέτρων συστήματος. Τροφοδοτούνται οι αισθητήρες, ο μικροελεγκτής, οι λάμπες εκπομπής UV και τα υπόλοιπα υποσυστήματα.
2. Ανάκτηση σημάτων αισθητήρων. Ανά τακτά μικρά χρονικά διαστήματα ανακτώνται τα σήματα των αισθητήρων, έτσι ώστε να υπάρχει συνεχής γνώση για την ύπαρξη ή όχι ατόμου στον χώρο και για την κατάσταση της πόρτας του ανελκυστήρα (ανοιχτή ή κλειστή).
3. Ανάλυση αισθητήριων σημάτων από τον μικροελεγκτή και εξαγωγή απόφασης λειτουργίας. Αν η πόρτα είναι ανοιχτή, σβήνουν οι λάμπες UV. Αν η πόρτα είναι κλειστή, τότε ελέγχεται η παρουσία ή όχι ανθρώπου. Αν δεν υπάρχει άνθρωπος, τότε ανάβουν οι λάμπες UV. Αν υπάρχει άνθρωπος κλείνουν.

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του συστήματος και ο αλγόριθμος του:

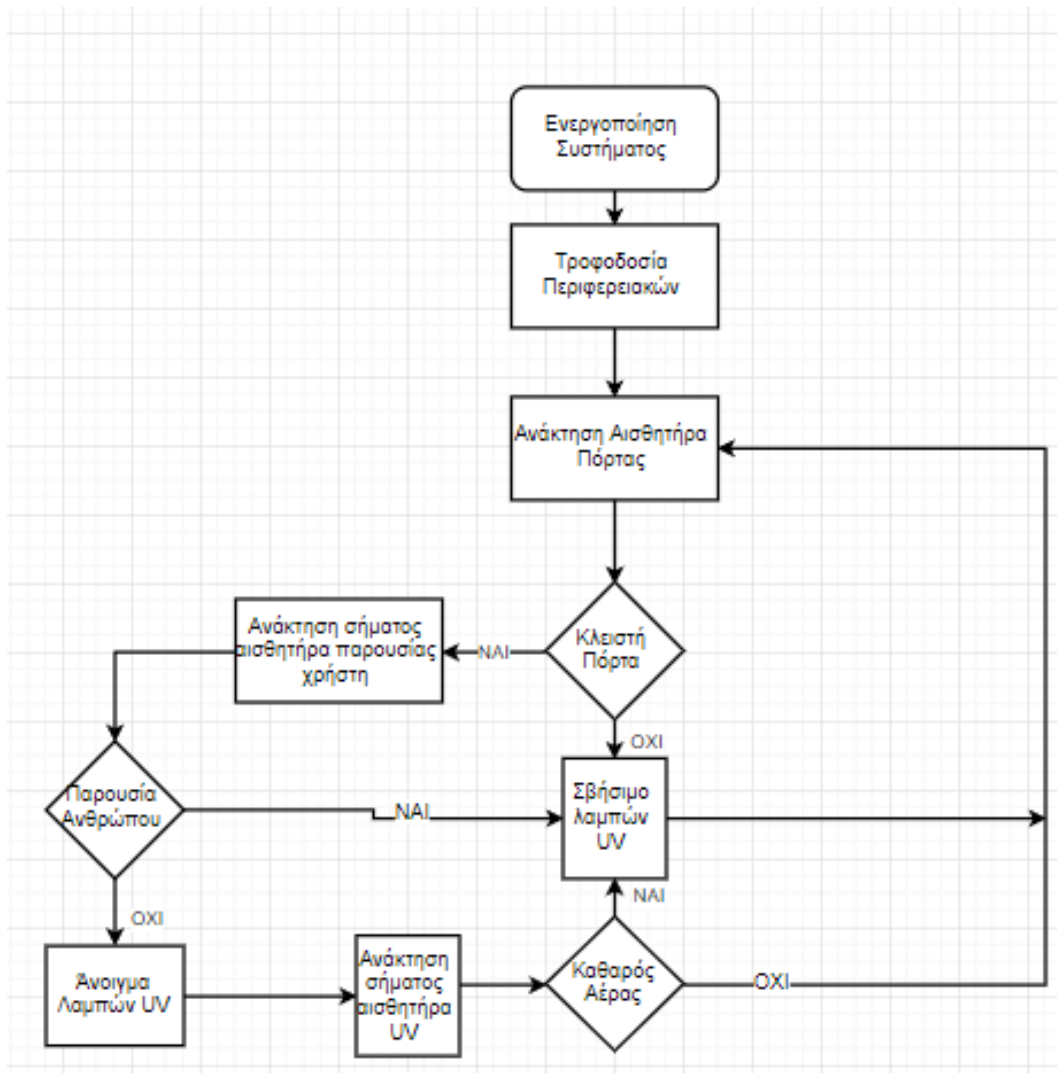


Εικόνα 37-Αλγόριθμος Ελέγχου

Σε επόμενο βήμα για την περαιτέρω αυτοματοποίηση του συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αισθητήρας της ποιότητας του αέρα. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθεί αισθητήρας που μετρά επιβλαβή στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου. Σε περίπτωση που το ποσοστό του καθαρού αέρα είναι στο επιθυμητό επίπεδο, τότε οι λάμπες σβήνουν για να ελαχιστοποιηθεί η εκπομπή υπερύδους ακτινοβολίας.

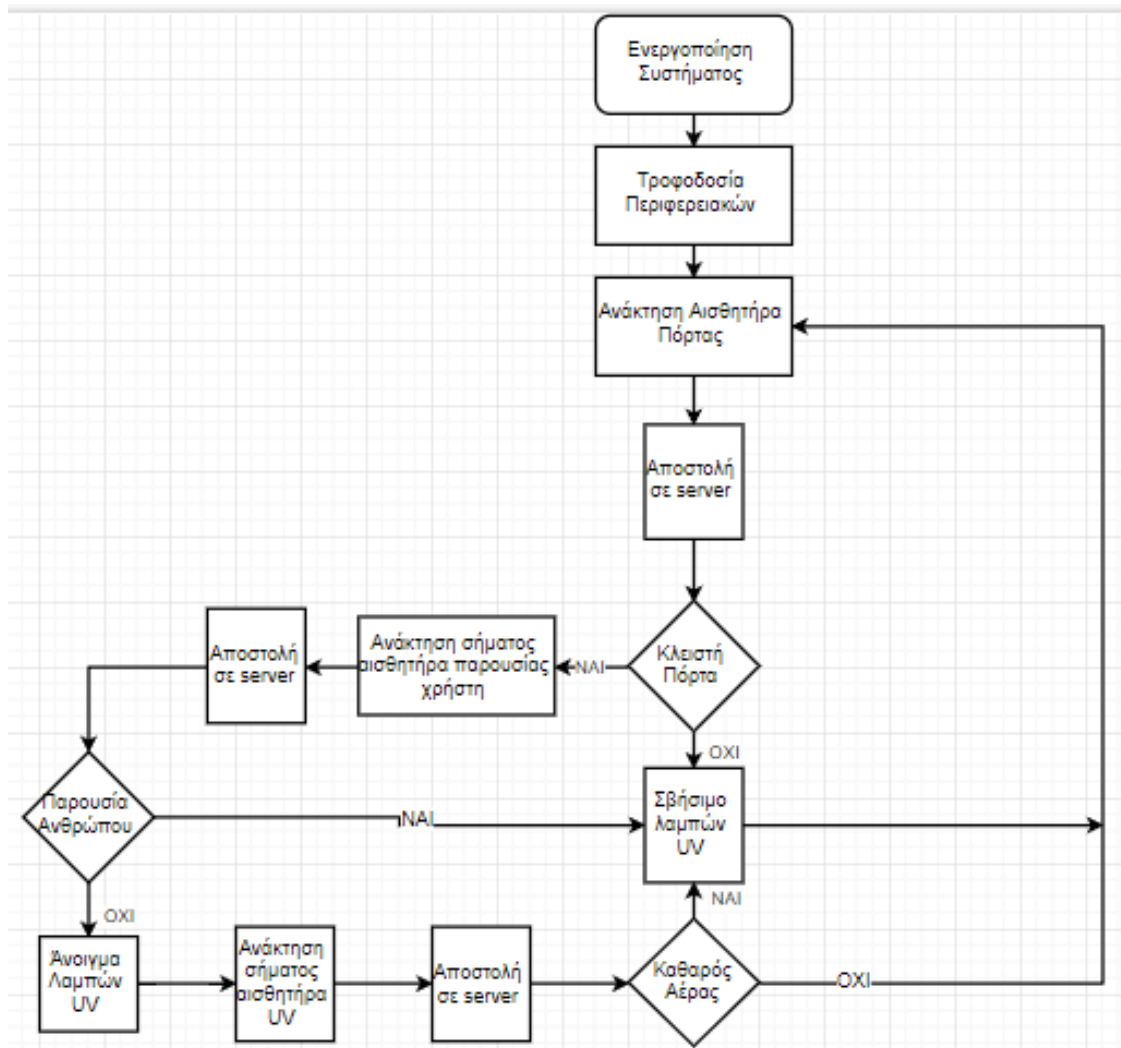
Παρακάτω φαίνεται το τροποποιημένο διάγραμμα λειτουργίας:





Εικόνα 38-Αλγόριθμος Ελέγχου

Για την επιτήρηση του συνολικού συστήματος και την ανάκτηση δεδομένων προς αξιολόγηση του συστήματος απολύμανσης και καθαρισμού, μπορεί να συνδεθεί ένα module WiFi, το οποίο θα στέλνει δεδομένα σε έναν τοπικό υπολογιστή που θα λειτουργεί σαν server αποθήκευσης δεδομένων. Σε επόμενο στάδιο, ο επιτηρητής του συστήματος μπορεί να αξιολογήσει τα δεδομένα και να τροποποιήσει τον αλγόριθμο λειτουργίας του μικροελεγκτή ή την λειτουργία των υποσυστημάτων. Παρακάτω παρατίθενται ο αλγόριθμος λειτουργίας του μικροελεγκτή, όπου έχει συμπεριληφθεί η αποστολή δεδομένων. Στην εικόνα 39 φαίνεται ο αλγόριθμος ελέγχου:



Εικόνα 39-Τροποποιημένος αλγόριθμος λειτουργίας

Με την συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες πόρτας, παρουσίας και UV ανακτώνται σημαντικά δεδομένα που αφορούν την χρήση του ασανσέρ, την ποιότητα του αέρα και την έκθεση του χρήστη σε επιβλαβή στοιχεία και την έκθεση του χρήστη σε ακτινοβολία UV.

### 7.3 Σχεδιασμός λαμπών UV

Η κατάλληλη επιλογή λαμπών UV έγκειται στο μήκος κύματος και στην πυκνότητα ενέργειας του φωτός που εκπέμπουν. Για την αδρανοποίηση και εξάλειψη των μικροβίων πρέπει να επιλεγούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με την αναφορά [15], το μήκος κύματος που επιδρά περισσότερο στη λειτουργία των μικροβίων βρίσκεται στο εύρος 200-280nm. Συνεπώς, μπορεί να επιλεχθεί μήκος κύματος στα 250 nm.

Όσον αφορά την ενεργειακή πυκνότητα των λαμπών UV, αυτή υπολογίζεται με βάση την τοποθέτηση του συστήματος, την απόσταση αυτού από τον στόχο της επιφάνειας προς απολύμανση και την κατεύθυνση της ακτινοβολίας. Για τον υπολογισμό της έντασης της

ακτινοβολίας, τοποθετείται το σύστημα σε μια αρχική θέση. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας ανιχνευτές ακτινοβολίας UV εξάγονται μετρήσεις για την ένταση της ακτινοβολίας σε  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Η δόση της ακτινοβολίας στο καθορισμένο σημείο δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Δόση UV} = \text{Ένταση UV} \left( \frac{\mu\text{W}}{\text{cm}^2} \right) * \text{Χρόνος έκθεσης στην ακτινοβολία (seconds)} [1]$$

Συνεπώς η δόση UV μετράται σε  $\frac{\mu\text{W} * \text{sec}}{\text{cm}^2}$ . Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται η δόση ακτινοβολίας UV που απαιτείται για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών:

### ULTRAVIOLET DOSAGE

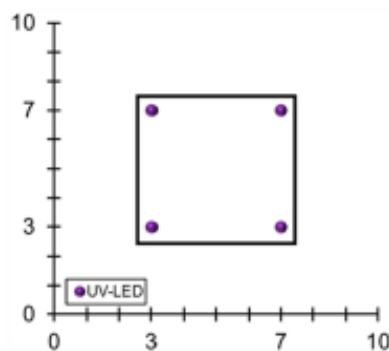
Germicidal lamps provide effective protection against microorganisms. A small cross-section is shown below.

ORGANISM	ALTERNATE NAME	TYPE	DISEASE	DOSE*
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	<i>C. diphtheriae</i>	Bacteria	Diphtheria	6,500
<i>Legionella pneumophila</i>	<i>L. pneumophila</i>	Bacteria	Legionnaire's Disease	12,300
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	<i>M. tuberculosis</i>	Bacteria	Tuberculosis (TB)	10,000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Bacteria		3,900
<i>Serratia Marcescens</i>	<i>S. marcescens</i>	Bacteria		6,160
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>S. aureus</i>	Bacteria		6,600
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	Bacteria		5,800
Adeno Virus Type III		Virus		4,500
Coxsackie A2		Virus		6,300
Influenza		Virus	Flu	6,600

\* Nominal Ultraviolet dosage ( $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ ) necessary to inactivate better than 99% of specific microorganism. Consult factory for more complete listing.

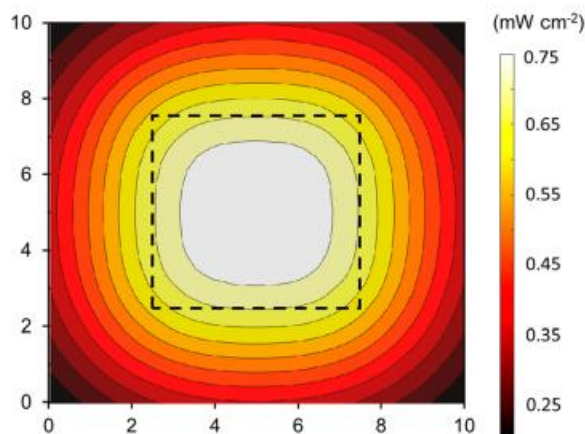
Εικόνα 40-Δόση ακτινοβολίας UV για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών

Όσον αφορά την χωροταξική τοποθέτηση των λαμπών ακτινοβολίας UV, αυτές πρέπει να τοποθετηθούν έτσι ώστε να συγκεντρώνεται η ακτινοβολία σε συγκεκριμένο επιθυμητό σημείο. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα νοητό τετράγωνο με λάμπες UV σε κάθε γωνία αυτού. Στην εικόνα 41 φαίνεται η αναφερόμενη τοποθέτηση αυτών:



Εικόνα 41-Χωροταξική Τοποθέτηση Λαμπών UV

Η απόσταση των λαμπών μεταξύ τους είναι 5cm ενώ το συνολικό εμβαδόν του νοητού τετραγώνου είναι ίσο με  $25\text{cm}^2$ . Από την ανάλυση [16] προκύπτει η εξής κατανομή ακτινοβολίας της εικόνας 42 για την δεδομένη διάταξη:



Εικόνα 42-Ένταση ακτινοβολίας συναρτήσει της απόστασης  
για την δεδομένη τετραγωνική διάταξη λαμπών UV

Η ένταση ακτινοβολίας στο εσωτερικό του τετραγώνου έχει μέγιστη τιμή  $0.75 mW cm^{-2}$ , ενώ η ελάχιστη τιμή της ακτινοβολίας στον χώρο έξω από το νοητό τετράγωνο είναι ίση με  $0.25 mW cm^{-2}$ .

Για να μελετήσουμε την επίδραση της ακτινοβολίας στην αδρανοποίηση των μικροβίων, επιλέγουμε μια τιμή μεταξύ της ελάχιστης και μέγιστης ακτινοβολίας. Έστω ότι επιλέγουμε ακτινοβολία ίση με  $0.6 mW cm^{-2}$ . Μετά από 40 δευτερόλεπτα έκθεσης ενός μικροοργανισμού στην συγκεκριμένη ακτινοβολία, έχει δεχτεί δόση ακτινοβολίας ίση με  $0.6 mW cm^{-2} * 40 sec = 24 mW sec cm^{-2} = 24000 \mu W sec cm^{-2}$ , όπως ορίζεται από την εξίσωση [1]. Όπως φαίνεται από την εικόνα 40, η υπολογισμένη ακτινοβολία μπορεί να αδρανοποιήσει τον σύνολο των βακτηρίων που αναφέρονται. Ωστόσο, είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι η παραπάνω ανάλυση για την ένταση της ακτινοβολίας γίνεται για απόσταση 5cm της λάμπας UV από τον στόχο προς αδρανοποίηση. Συνεπώς η απόσταση και η τοποθέτηση των λαμπών UV αποτελεί πρόκληση για την αποτελεσματικότητά τους.

#### 7.4 Θέματα Ασφαλείας λαμπών UV

Όσον αφορά την εγκατάσταση και την ασφάλεια λειτουργίας των λαμπών UV υπάρχουν κατευθυντήριες οδηγίες από την Αμερικανική Εταιρεία Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE). Στην αναφορά [17] περιγράφονται τα διαφορετικά κατασκευαστικά είδη λαμπών UV. Αναλύεται η βασική αρχή λειτουργίας τους και τα χαρακτηριστικά τους. Αναφέρονται οι σημαντικότερες παράμετροι για την εγκατάσταση και την συντήρησή τους.

Όσον αφορά την ασφάλεια λειτουργίας τους περιγράφονται αρχικά οι σημαντικότερες επιπτώσεις της έκθεσης του ατόμου σε UV ακτινοβολία. Έκθεση του ανθρώπου για αρκετό χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει ασθένειες των οφθαλμών, του δέρματος και των οργάνων. Το σημαντικότερο μέτρο για τον υπολογισμό της έκθεσης του ατόμου σε UV ακτινοβολία έχει θεσπιστεί από το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Ασθενειών των ΗΠΑ καθώς και από το Εθνικό Αμερικανικό Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγιεινής. Το μέτρο αυτό ορίζεται ως "Προτεινόμενο Όριο Έκθεσης" (Recommended Exposure Limit-REL). Στην

εικόνα 43 αναγράφονται τα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης για δεδομένη ακτινοβολία UV σε μήκος κύματος 253,7nm:

Permissible Exposure Time*	Effective Irradiance, $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
24 h	0.07
18 h	0.09
12 h	0.14
10 h	0.17
8 h	0.2
4 h	0.4
2 h	0.8
1 h	1.7
30 min	3.3
15 min	6.7
10 min	10
5 min	20
1 min	100
30 s	200
15 s	400
5 s	1200
1 s	6000

Εικόνα 43-Όρια Έκθεσης σε ακτινοβολία UV-253,7nm

Σε συνθήκες περιβάλλοντος που ξεπερνούν τα παραπάνω όρια πρέπει να υπάρχει προστατευτικός εξοπλισμός.

Το μέγιστο όριο έκθεσης (PET) υπολογίζεται από το πηλίκο της προτεινόμενης έκθεσης(REL) ως προς την μετρούμενη ακτινοβολία (Measured Irradiance Level) :

$$PET = \frac{REL}{\text{Measured irradiance level}}$$

Η μετρούμενη ακτινοβολία πρέπει να υπολογιστεί κατά την εγκατάσταση των λαμπών UV. Στη συνέχεια με βάση την παραπάνω σχέση και την εικόνα 43 να γίνει υπολογισμός των ορίων έκθεσης για ασφαλή λειτουργία. Σε περίπτωση που γίνουν αλλαγές στην εγκατάσταση των λαμπών οι παραπάνω μετρήσεις πρέπει να επαναληφθούν.

Με βάση τους παραπάνω περιορισμούς και την αναφορά [17] προτείνονται τα εξής για την αξιόπιστη λειτουργία των λαμπών UV και την αποφυγή ατυχημάτων στο εσωτερικό του ανελκυστήρα:

- Εγκατάσταση παραπάνω του ενός αισθητήρα UV ακτινοβολίας για την μέτρηση αυτής. Σε περίπτωση αστοχίας του ενός, πρέπει να αναλάβει λειτουργία ο επόμενος αισθητήρας για την συνεχή μέτρηση της ακτινοβολίας.
- Προσθήκη περιβλήματος λάμπας UV για την αποφυγή επικίνδυνης διαρροής σε περίπτωση που αστοχήσει και σπάσει η λάμπα ακτινοβολίας.
- Επιλογή του συστήματος λαμπών UV ως βοηθητικό σύστημα απολύμανσης. Έτσι μπορεί να επιλεγεί η μικρότερη δυνατή συνθήκη λειτουργίας των λαμπών ως προς την ακτινοβολία και την απολύμανση του χώρου. Συνεπώς, έτσι θα μειωθεί και η επίδραση στον ανθρώπινο παράγοντα σε περίπτωση ατυχήματος. Εφόσον υπάρχει και κεντρικό σύστημα εξαερισμού και φιλτραρίσματος του αέρα η απολύμανση θα είναι αποτελεσματική.

## 7.5 Ενδεικτικό Κόστος Προτεινόμενου Συστήματος

Για την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος συγκεντρώθηκαν τα υλικά και έγινε τιμολόγηση αυτών με βάση την σημερινή αγορά για τον υπολογισμό ενός ενδεικτικού συνολικού κόστους. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρουμε το κόστος κάθε επιμέρους υποσυστήματος καθώς και το συνολικό τελικό κόστος:

Υποσύστημα (Πλήθος)	Κόστος (€)
Μικροελεγκτής(1)	30
Αισθητήρας Κίνησης (10)	$10 * 3,7 = 37$
Αισθητήρας Ακτινοβολίας(3)	$3 * 9,88 = 29,64$
Λάμπες UV(2)	$2 * 50 = 100$
Wifi Module(1)	7,60
	<b>Συνολικό Κόστος = €204,24</b>



## 8. Συμπεράσματα Διπλωματικής Εργασίας-Προτάσεις για Μελλοντικές Εργασίες

Μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε η δομή του ανελκυστήρα, προσδιορίστηκαν οι σημαντικότερες επιφάνειες μετάδοσης μικροβίων, οι τρόποι περιορισμού αυτών και η επίδρασή τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Μελετήθηκαν τα συστήματα απολύμανσης του εσωτερικού χώρου του ανελκυστήρα που χρησιμοποιούνται στην σημερινή βιομηχανία. Επιπλέον, καινοτόμες ιδέες με την αιχμή της τεχνολογίας παρουσιάστηκαν εκτενώς. Με βάση τα παραπάνω, σχεδιάστηκε ένα πλήρες σύστημα αυτοματοποιημένης απολύμανσης και αντισηψίας του χώρου. Προσδιορίστηκαν τα δομικά στοιχεία του συστήματος. Υλοποιήθηκε ο αλγόριθμος ελέγχου της λειτουργίας και καθορίστηκαν οι λειτουργικές παράμετροι των υποσυστημάτων του αυτοματοποιημένου συστήματος.

Τα κυριότερα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας συνοψίζονται ως εξής:

- Οι ανελκυστήρες αποτελούν αναγκαιότητα στην σημερινή καθημερινότητα. Η δομή τους έχει εξελιχθεί κατά κόρον και συνεχίζει να αναπτύσσεται.
- Στη σημερινή εποχή, με την έξαρση του ιού Covid 19, η ανάπτυξη και εγκαθίδρυση νέων μεθόδων και τεχνολογιών απολύμανσης και αντισηψίας αποτελεί αναγκαιότητα.
- Οι χειρολαβές, τα κουμπιά χειρισμού και οι διάφορες επιφάνειες του εσωτερικού ενός ανελκυστήρα μπορούν να γίνουν εστίες πολλαπλών μικροοργανισμών και βακτηρίων που επιβιώνουν και μεταδίδονται από μερικά λεπτά έως πολλές ώρες, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος.
- Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας IoT, της δια-συνδεσιμότητας και της υπολογιστικής ισχύος μπορούν να περιοριστούν οι επαφές του χρήστη με κουμπιά χειρισμού και επιφάνειες.
- Παρόμοια, μπορούν να σχεδιαστούν συστήματα που ελέγχουν με απομακρυσμένο τρόπο την απολύμανση και την αντισηψία του εσωτερικού χώρου.

Για μελλοντική επέκταση της εργασίας προτείνονται τα εξής βήματα:

- Υλοποίηση Κώδικα μικροελεγκτή βασισμένου στον αλγόριθμο λειτουργίας της παρούσας διπλωματικής εργασίας.
- Τοποθέτηση και βοηθητική λειτουργία του προτεινόμενου συστήματος σε εγκατάσταση ανελκυστήρα με ανεμιστήρες εξαερισμού και φίλτρων αέρα.
- Δημιουργία απομακρυσμένου συστήματος ελέγχου και εποπτείας του αυτοματοποιημένου συστήματος μικροελεγκτή-λαμπών UV.
- Πειραματική επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας της προτεινόμενης μεθόδου απολύμανσης και αντισηψίας του ανελκυστήρα.

## 9. Βιβλιογραφία

- [1] Kandel, C. E., Simor, A. E., & Redelmeier, D. A. (2014). Elevator buttons as unrecognized sources of bacterial colonization in hospitals. *Open medicine : a peer-reviewed, independent, open-access journal*, 8(3), e81–e86.
- [2] Federica Carraturo, Carmela Del Giudice, Michela Morelli, Valeria Cerullo, Giovanni Libralato, Emilia Galdiero, Marco Guida, Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces, *Environmental Pollution*, Volume 265, Part B, 2020, 115010, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115010>.
- [3] Mohammadi, Amir & Ebrahimi, Afshin & Nemati, Sepideh. (2016). Bacterial and Fungal Contamination of Elevator Buttons in University Schools of Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran. *Health Scope*. 5. 10.17795/jhealthscope-34428.
- [4] National Collaborating Centre for Methods and Tools. (2021, March 5). Rapid Review Update 1: What is known about how long the virus can survive with potential for infection on surfaces found in community settings? <https://www.nccmt.ca/knowledge-repositories/covid-19-rapidevidence-service>.
- [5] Talib Dbouk and Dimitris Drikakis , "On airborne virus transmission in elevators and confined spaces", *Physics of Fluids* 33, 011905 (2021) <https://doi.org/10.1063/5.0038180>
- [6] Nirvik Sen , "Transmission and evaporation of cough droplets in an elevator: Numerical simulations of some possible scenarios", *Physics of Fluids* 33, 033311 (2021) <https://doi.org/10.1063/5.0039559>
- [7] Van Rijn, C., Somsen, G. A., Hofstra, L., Dahhan, G., Bem, R. A., Kooij, S., & Bonn, D. (2020). Reducing aerosol transmission of SARS-CoV-2 in hospital elevators. *Indoor air*, 30(6), 1065–1066. <https://doi.org/10.1111/ina.12744>
- [8] Morawska, L., Tang, J. W., Bahnfleth, W., Bluysen, P. M., Boerstra, A., Buonanno, G., Cao, J., Dancer, S., Floto, A., Franchimon, F., Haworth, C., Hogeling, J., Isaxon, C., Jimenez, J. L., Kurnitski, J., Li, Y., Loomans, M., Marks, G., Marr, L. C., Mazzeo, L., ... Yao, M. (2020). How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?. *Environment international*, 142, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
- [9] <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/standards-addenda/ansi-ashrae-ashpe-standard-170-2017-ventilation-of-health-care-facilities>
- [10] [Otis Elevator Airflow Study](#)
- [11] Ereth Mark, Wagoner Tracy, Blevins Mark, Hess Donald, Elevator Cabin Decontamination With ACTIVE Particle Control™ Technology, *Frontiers in Public Health*, 2021, DOI=10.3389/fpubh.2021.729204, ISSN=2296-2565
- [12] [OTIS Air Purification in Elevators Tech Brief 2020](#).
- [13] A. Akshat, V. Nanda, A. Singhal and S. K. Jindal, "AT89S52-Microcontroller Based Elevator with UV-C disinfection to prevent the transmission of COVID-19," 2020 International Conference on Interdisciplinary Cyber Physical Systems (ICPS), 2020, pp. 25-30, doi: 10.1109/ICPS51508.2020.00011.
- [14] Hu, Jia & O'Brien, Jacob & Joshi, Amey & Navabi, Zahra & Alegria, Andrew & Kodandaramaiah, Suhasa. (2021). Automated Device for Public Elevator Control Panel UVC Sanitization. 10.1115/DMD2021-1041.



- [15] Raeiszadeh, Milad & Adeli, Babak. (2020). A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. ACS Photonics. 7. 10.1021/acsp Photonics.0c01245.
- [16] Raeiszadeh, M., & Adeli, B. (2020). A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. ACS *Photonics*, acsp Photonics.0c01245.  
<https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.0c01245>
- [17] [https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/si\\_s16\\_ch17.pdf](https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/si_s16_ch17.pdf)

