



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδιασμός ενός πλήρους αυτόματου συστήματος
απολύμανσης και αντισηψίας (ΑΣΑΑ) αυτόματης
(ΑΣΑΑ) ταμειακής μηχανής (ΑΤΜ)**

**Design a complete cleaning system for automated teller
machine (ATM)**

ΑΝΤΡΕΑΣ ΚΑΒΕΛΗΣ

A.M.:51204535

Επιβλέπων καθηγητής:

Δρ. ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ. ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ:

Δρ. ΡΑΠΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ:

κ. ΣΑΓΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ:

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΚΑΒΕΛΗΣ ΑΝΤΡΕΑΣ του ΓΕΩΡΓΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 51204535 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/Η Δηλών/ούσα

ΑΝΤΡΕΑΣ ΚΑΒΕΛΗΣ



Περίληψη:

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μελέτη και τον σχεδιασμό ενός αυτοματοποιημένου συστήματος απολύμανσης και αντισηψίας αυτόματων ταμειακών μηχανών (ATM). Αρχικά, στο εισαγωγικό κεφάλαιο, γίνεται μια ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη της δομής και κατασκευής των ATM, την τοποθέτηση και χρήση τους ανά τον διεθνή και Ελλαδικό χώρο και γίνεται εκτενής περιγραφή των κατασκευαστικών και λειτουργικών του υποσυστημάτων. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση των πιθανών βακτηρίων, μικροβίων και ιών που μπορούν να εμφανιστούν πάνω σε επιφάνειες των ATM με βάση επιστημονικές εργασίες που μελετούν την ανθεκτικότητα και την επιβίωση αυτών σε επιφάνειες και χώρους. Για την απολύμανση και την αντισηψία χώρων και επιφανειών έχουν θεσπιστεί και χρησιμοποιούνται χημικές απολυμαντικές ουσίες, υπεριώδης ακτινοβολία και αντιμικροβιακές επιφάνειες. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται ανάλυση των παραπάνω τόσο για την αρχή λειτουργίας τους όσο και για την εφαρμογή τους. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 4, αναλύονται οι αυτοματοποιημένες τεχνολογίες απολύμανσης και αντισηψίας που περιλαμβάνουν συσκευές υπεριώδους ακτινοβολίας, συσκευές ατμού H₂O₂ και συσκευές υπεροξειδίου του υδρογόνου. Στο κεφάλαιο 5, αρχικά αναλύονται οι προδιαγραφές του συστήματος αυτοματοποιημένης απολύμανσης προς σχεδίαση. Στη συνέχεια, με βάση τις προδιαγραφές, επιλέγονται τα κατάλληλα υλικά για την κατασκευή του συστήματος. Υλοποιείται 'έξυπνος' αλγόριθμος ελέγχου που εναρμονίζει την λειτουργία των διαφόρων συστημάτων και περιλαμβάνει λειτουργίες συνδεσιμότητας από απόσταση και διάγνωσης σφαλμάτων. Τέλος, γίνεται κοστολόγηση του συνολικού συστήματος και επισημαίνονται σημαντικές παρατηρήσεις σχετικά με το σύστημα.

Λέξεις Κλειδιά: UV λαμπτήρες, μικρόβια και ιούς, απολύμανσης και αντισηψία σε (ATM)

ABSTRACT:

This particular bachelor's thesis deals with the study and design of an automated automatic teller machine (ATM) disinfection and disinfection system. Initially, in the introduction chapter, there is a historical review of the evolution of the structure and construction of ATMs, their placement and use throughout the international and Greek space, and an extensive description of its construction and operational subsystems is given. Then, an analysis is made of the possible bacteria, microbes and viruses that can appear on ATM surfaces based on scientific works that study their durability and survival on surfaces and spaces. For the disinfection and disinfection of spaces and surfaces, chemical disinfectants substances, ultraviolet radiation and antimicrobial surfaces have been established and they are being used. In chapter 3, the above is analyzed both for their principle of operation and for their application. Then, in chapter 4, automated disinfection and sterilization technologies including UV devices, H₂O₂ steam devices, and hydrogen peroxide devices are analyzed. In chapter 5, the specifications of the automated disinfection system to be designed are initially analyzed. Then, based on the specifications, the appropriate materials are selected for the construction of the system. An 'intelligent' control algorithm is implemented that harmonizes the operation of the various systems and includes remote connectivity and fault diagnosis functions. Finally, the overall system is costed and important observations about the system are highlighted.

Keywords: UV light bulbs, germs and viruses, decontamination in (ATM)

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	6
1.1	Ορισμός της Αυτόματης Ταμειακής Μηχανής (ATM)	6
1.2	Ιστορία των Αυτόματων Ταμειακών Μηχανών (ATM).....	7
1.3	Χρήση των ATM στον Διεθνή και Ελλαδικό χώρο	9
1.4	Δομή των Αυτόματων Ταμειακών Μηχανών (ATM)	14
2.	Βακτήρια και Ιοί στις επιφάνειες των Αυτόματων Ταμειακών Μηχανών (ATM)	21
3.	Τεχνολογίες Απολύμανσης.....	26
3.1	Υπεριώδης Ακτινοβολία	26
3.2	Αυτό-Καθαριζόμενες και Αντιμικροβιακές Επιφάνειες	31
3.3	Χημικές Απολυμαντικές Ουσίες	33
4.	Τεχνολογίες Αυτόματης Απολύμανσης Χώρων (Automated Room Disinfection-ARD) 35	
4.1	Υπεροξείδιο του υδρογόνου σε αεροζόλ (Aerosolized Hydrogen Peroxide-aHP) 35	
4.2	Σύστημα ατμού H_2O_2	36
4.3	Σύστημα εκπομπής UV ακτινοβολίας	37
5.	Σχεδιασμός Αυτοματοποιημένου Συστήματος Απολύμανσης ATM.....	39
5.1.	Προδιαγραφές Συστήματος	39
5.2.	Επιλογή τεχνολογίας απολύμανσης.....	40
5.3.	Δομή του συστήματος-Τοποθέτηση Συστήματος	41
5.4.	Σχεδιασμός αλγορίθμου ελέγχου του συστήματος	48
5.5.	Ασφάλεια και Αξιοπιστία του Συστήματος	50
5.6.	Κοστολόγηση Συστήματος.....	53
5.7.	Παρατηρήσεις	54
	Βιβλιογραφία	55

1. Εισαγωγή

Οι Αυτόματες Ταμειακές Μηχανές (ATM) αποτελούν βασικό στοιχείο των σημερινών οικονομικών συναλλαγών. Η κάθε τράπεζα έχει εγκατεστημένα πολλαπλά μηχανήματα ATM τόσο σε καταστήματα τους όσο και σε άλλους χώρους, όπως σε δημοσιές υπηρεσίες, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, κ.α. Τα ATM αποτελούν βασική υπηρεσία που χρησιμοποιείται από πληθώρα ατόμων για χρηματικές συναλλαγές, όπως μεταφορά, ανάληψη και κατάθεση χρημάτων. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο στοιχείων και κινήσεων λογαριασμών καθώς και την εξόφληση λογαριασμών υπηρεσιών. Ο αριθμός των ATM ανά τράπεζα και περιοχή έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια λόγω της αυξημένης ζήτησης. Τα σημερινά ATM εισάγουν ολοένα και περισσότερες ψηφιακές τεχνολογίες έτσι ώστε να βελτιωθεί η λειτουργικότητα, η ασφάλεια και οι παρεχόμενες υπηρεσίες τους. Παράλληλα, με την αύξηση των λογαριασμών και των χρηστών το σύστημα γίνεται πιο πολύπλοκο και οι απαιτήσεις ως προς την λειτουργία, την ασφάλεια και την γρήγορη εξυπηρέτηση πληθαίνουν. Στο παρόν εισαγωγικό κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των ATM από την εφεύρεση μέχρι σήμερα. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα δημογραφικά στοιχεία που αφορούν την χρήση των ATM στον διεθνή και Ελλαδικό χώρο έτσι ώστε να τονιστεί η εκτεταμένη χρήση τους και η ανάγκη για ανάπτυξη της τεχνολογίας που ενσωματώνουν. Στην συνέχεια επεξηγείται η λειτουργική και κατασκευαστική δομή των ATM και αναλύονται τα κυριότερα μέρη του.

1.1 Ορισμός της Αυτόματης Ταμειακής Μηχανής (ATM)

Σύμφωνα με την Κεντρική Ευρωπαϊκή Τράπεζα [1], το ATM ορίζεται ως μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που επιτρέπει σε εξουσιοδοτημένους χρήστες, που χρησιμοποιούν φυσικές κάρτες, μηχανικά αναγνωρίσιμες, να κάνουν ανάληψη μετρητών από τους δικούς τους λογαριασμούς ή να έχουν πρόσβαση σε διάφορες υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες μπορεί να περιλαμβάνουν τον έλεγχο υπολοίπου ενός λογαριασμού, την μεταφορά και κατάθεση χρημάτων. Συγχρόνως, είναι εφικτή η πληρωμή οφειλών διαφόρων λογαριασμών, διευκολύνοντας έτσι τις συναλλαγές καθώς προσφέρει αξιοπιστία και οδηγεί στην εξοικονόμηση χρόνου. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες μπορούν να γίνουν οποιαδήποτε στιγμή μέσα στην ημέρα καθώς τα ATM εξυπηρετούν τους πελάτες όλο το 24ωρο και παράλληλα, τα ATM μπορούν να λειτουργούν διαδικτυακά με αιτήματα πραγματικού χρόνου η εκτός σύνδεσης. Η αποτελεσματική δράση των ATM, η ασφαλής προστασία τους και ο συνεχής καθαρισμός τους προσελκύει περισσότερους πελάτες και έτσι έχουν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές που τους διευκολύνουν. Συγκεκριμένα, υπάρχουν ειδικά λογισμικά που εντοπίζουν τα πλησιέστερα ATM με βάση την τοποθεσία ενός ατόμου αλλά και τον ενημερώνουν για την αύξηση φόρτου που μπορεί να έχουν. Σημαντικό, τέλος, είναι το γεγονός ότι δεν περιορίζονται σε κάρτες συναλλαγής που έχουν εκδοθεί αποκλειστικά σε ελληνικές τράπεζες αλλά και ξένες, με αποτέλεσμα αυτό να έχει πολλαπλά οφέλη τόσο σε ατομικό όσο και στο ευρύτερο σύνολο.

1.2 Ιστορία των Αυτόματων Ταμειακών Μηχανών (ATM)

Οι αυτόματες ταμειακές μηχανές εμφανίστηκαν σαν ιδέα από την ανάγκη των τραπεζών και των πελατών τους σε συναλλαγές εκτός των ωραρίων λειτουργίας. Το 1960 ο Luther George Smjjan εφηύρε μια μηχανή που μπορούσε να δεχτεί νομίσματα και χαρτονομίσματα. Το 1962 ο Adrian Ashfield κατοχύρωσε μια πατέντα που στηριζόταν στην αναγνώριση του χρήστη και την προσφορά υπηρεσιών μέσω συστήματος καρτών. Το 1967 εγκαταστάθηκε το πρώτο ATM από την τράπεζα Barclays και οφείλει την κατασκευή του στον μηχανικό John Shepherd-Barron. Το συγκεκριμένο ATM είχε την δυνατότητα να δέχεται ειδικό χαρτί από το ραδιενεργό υλικό carbon-14 και να εξάγει συγκεκριμένη ποσότητα χρημάτων αφού ταυτοποιήσει το χαρτί με τα αποθηκευμένα στοιχεία χρηστών. Το 1965 γεννήθηκε η ιδέα για την ταυτοποίηση του κάθε χρήστη μέσω ενός προσωπικού αριθμού (PIN) από τον James Goodfellow. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το πρώτο ATM εγκαταστάθηκε από την Chemical Bank το 1969 και ήταν κατασκευή του Donald Wetzel.



Εικόνα 1-Το ATM του Shepherd-Barron

Η νέα γενιά των ATM ξεκίνησε το 1971 από την Ιαπωνική εταιρεία Busicom. Η εν λόγω εταιρεία συνέβαλε στην κατασκευή του πρώτου μικροεπεξεργαστή της Intel, τον Intel 4004. Χρησιμοποιώντας τον μικροεπεξεργαστή Intel 4004 κατασκεύαζε και προμήθευε ATM στις μεγαλύτερες τράπεζες της εποχής. Τα θέματα ασφαλείας και προστασίας των προσωπικών δεδομένων άρχισαν να καταπολεμούνται με την εφεύρεση του υλικού HSM (Hardware Security Module) από τον Αιγύπτιο-Αμερικάνο Mohamed Atalla. Το συγκεκριμένο σύστημα είχε την δυνατότητα να κρυπτογραφεί τους κωδικούς PIN των χρηστών έτσι ώστε να καταπολεμά πιθανές εισβολές λόγω μηχανών δοκιμής πολλαπλών PIN. Μάλιστα, ίδρυσε την εταιρεία ATALLA που κατασκεύαζε και προωθούσε το προϊόν Atalla Box. Το συγκεκριμένο προϊόν

αποτελούσε μια συσκευή αναγνώρισης ταυτότητα χρήστη με κύρια μέρη μια οθόνη διεπαφής με τον χρήστη, δύο πληκτρολόγια για εισαγωγή PIN, την ηλεκτρονική πλακέτα και τον ηλεκτρονικό ελεγκτή. Η συσκευή ATALLA έδωσε το έναυσμα για την εισαγωγή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στα ATM. Η συγκεκριμένη τεχνολογία υλικού είναι υπεύθυνη για την προστασία των προσωπικών δεδομένων εκατομμύρια χρηστών.

Το 1972 η τράπεζα Lloyds εγκατέστησε ένα από τα σύγχρονα ATM μαζί με την εταιρεία IBM, το ATM IBM 2984. Το ATM IBM 3624 αποτελεί την επόμενη γενιά ATM και κυκλοφόρησε το 1978. Το συγκεκριμένο μοντέλο φαίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2-IBM-3624

Εκτός από την IBM, οι εταιρείες NCR και Diebold συνέβαλαν στην ανάπτυξη των ATM στην σημερινή τους μορφή. Οι δύο εταιρείες εισήγαν στην τεχνολογία των ATM νέες οθόνες διεπαφής μηνυμάτων, προγραμματιζόμενα πληκτρολόγια, ομαλή και χωρίς λάθη παράδοση των χρημάτων από τη θυρίδα και νέες δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ λογαριασμών και συναλλαγών.

Το 1979 εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά ATM που έδινε την δυνατότητα για παροχή υπηρεσιών από διαφορετικές τράπεζες. Το 1984 ο αριθμός των εγκατεστημένων ATM ανά τον κόσμο έφτανε σε ποσότητα 100,000.

Το 2012 η Royal Bank έθεσε σε λειτουργία σύστημα που επέτρεπε στον χρήστη να κάνει ανάληψη χρημάτων με την χρήση κωδικού που στέλνóταν στο κινητό του. Το 2018 υπήρχαν 3 εκατομμύρια ATM σε λειτουργία ανά τον κόσμο. Με την εξέλιξη των ψηφιακών υπηρεσιών τα ATM αλλάζουν συνεχώς την δομή τους και επεκτείνονται σε ποσότητα.



Εικόνα 3-Σύγχρονη Μορφή ATM

1.3Χρήση των ATM στον Διεθνή και Ελλαδικό χώρο

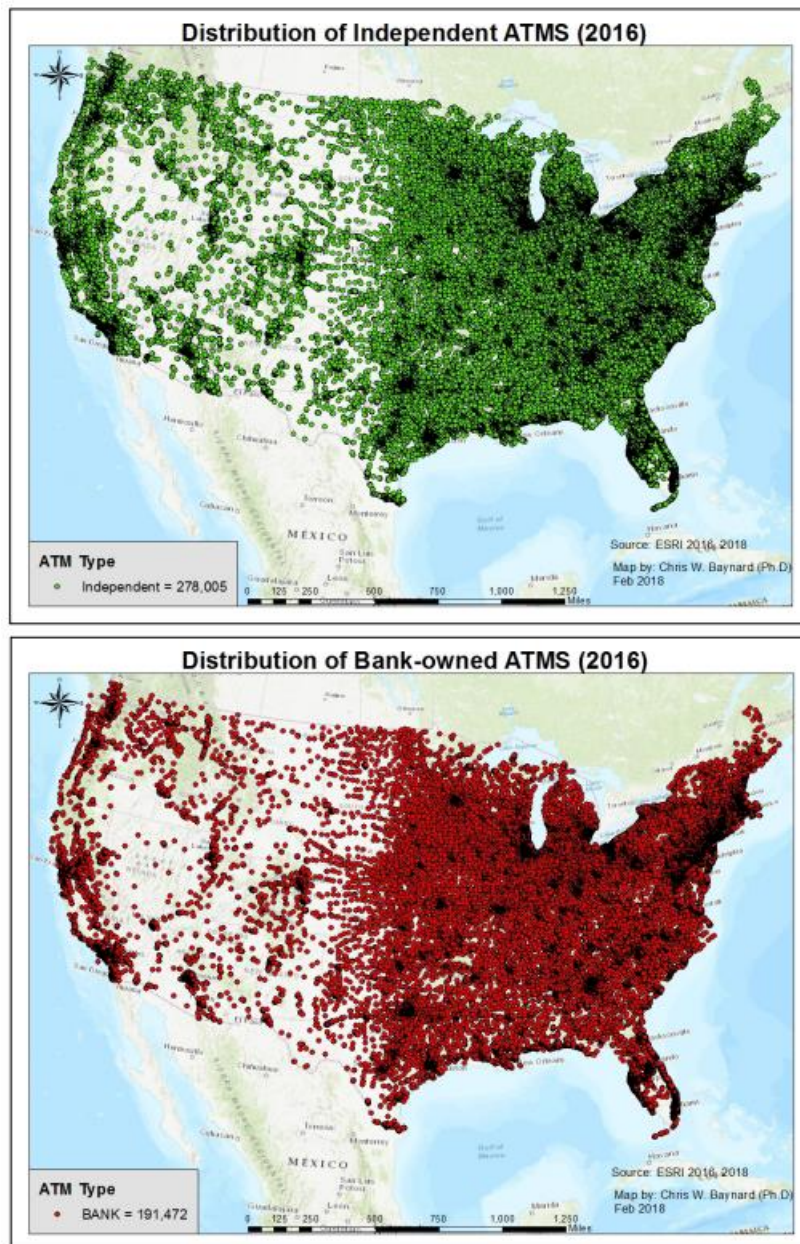
Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η μελέτη της χρήσης των ATM στον διεθνή και ελλαδικό χώρο μέσα από έρευνες και στατιστικά στοιχεία. Η εκτεταμένη χρήση των ATM αναδεικνύει την ανάγκη για την συνεχή ανάπτυξη των ATM υπό διαφορετικές πτυχές.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής η έρευνα [3] μελέτησε τα δημογραφικά στοιχεία σχετικά με την χρήση των ATM. Την έρευνα διεξήγαγε συμβουλευτική εταιρεία(Mercator Advisory Group), με την χρήση διαδικτυακών ερωτηματολογίων σε 3600 ενήλικους πολίτες των ΗΠΑ. Τα σημαντικότερα στοιχεία που προκύπτουν από την χρήση των ATM είναι τα εξής:

- Ο μέσος πολίτης στις ΗΠΑ χρησιμοποιεί το ATM 3,8 φορές το μήνα για να λάβει χρήματα, 2.5 φορές το μήνα για να καταθέσει χρήματα και 2.2 φορές το μήνα για να καταθέσει επιταγές.
- Οι άνδρες χρησιμοποιούν πιο συχνά τα ATM συγκριτικά με τις γυναίκες.

- Η χρήση των ATM μειώνεται με την αύξηση τις ηλικίας.
- Οι νέοι μεταξύ 18-34 ετών χρησιμοποιούν τα ATM με μέσο όρο 5.8 φορές το μήνα.
- Οι πολίτες άνω των 55 ετών χρησιμοποιούν τα ATM με μέσο όρο 2,1 φορές το μήνα.
- Το 28% των πολιτών χρησιμοποιεί τα ATM για να παρακολουθήσει κινήσεις των λογαριασμών τους και το 27% για να πληρώσει λογαριασμούς.

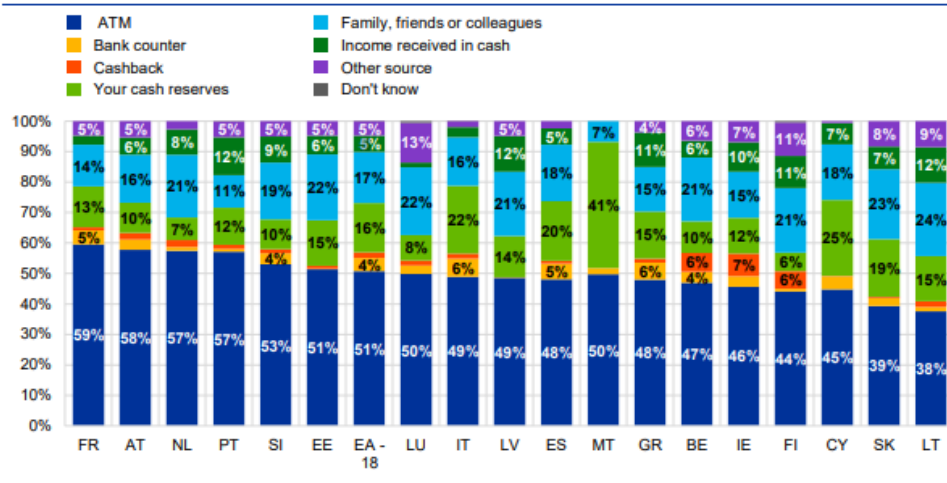
Όσον αφορά το πλήθος των εγκατεστημένων ATM στις ΗΠΑ, από την [3] χρησιμοποιήθηκε το γράφημα που δείχνει την κατανομή των ανεξάρτητων από τράπεζες ATM και των ATM τραπεζών. Το πλήθος των ανεξάρτητων ATM είναι ίσο με 278.005 και το πλήθος των ATM τραπεζών είναι ίσο με 191.472.



Εικόνα 4-Κατανομή των ATM στις ΗΠΑ

Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση η μελέτη[4] της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας εξάγει σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με την χρήση των ATM στις Ευρωπαϊκές χώρες. Το γράφημα 5 δείχνει την πηγή χρημάτων στο πορτοφόλι ενός ευρωπαίου ανάλογα με την χώρα.

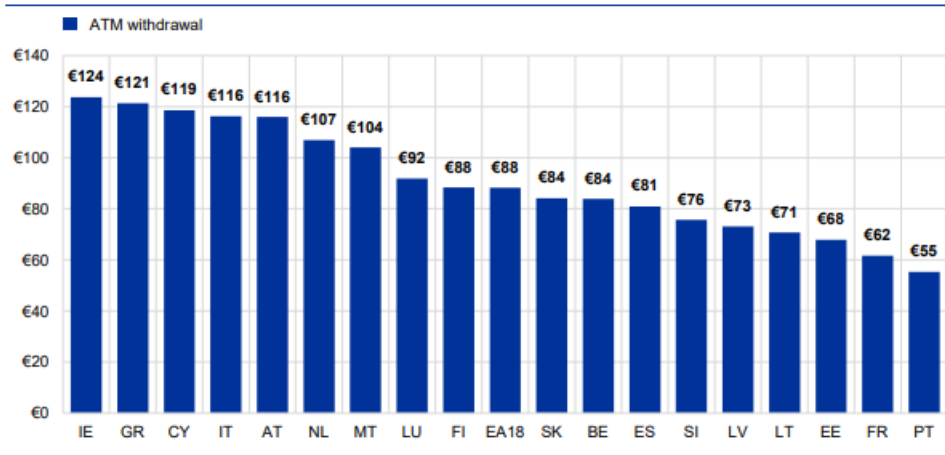
Sources of cash additions to wallets, by frequency of use and by country



Εικόνα 5-Πηγή ανάληψης χρημάτων ευρωπαίων πολιτών

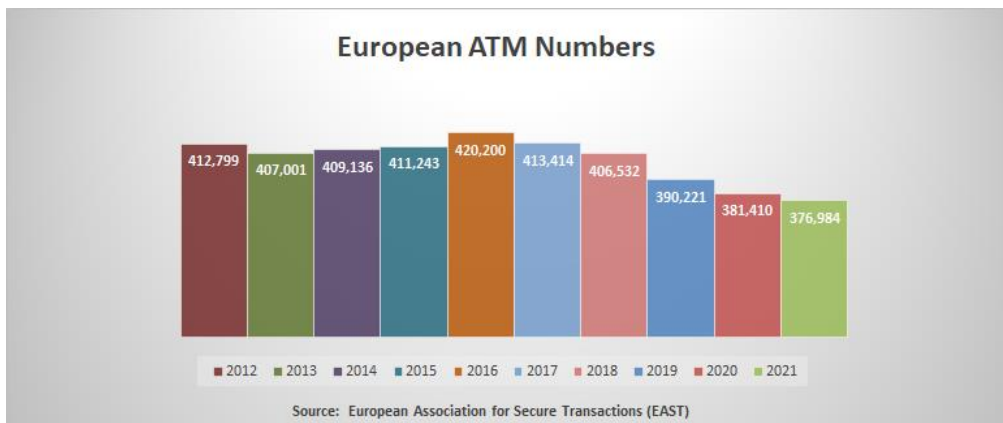
Όπως φαίνεται το ποσοστό χρήσης των ATM για την ανάληψη χρημάτων είναι υψηλή καθώς στις 9 από τις 19 εξεταζόμενες χώρες το ποσοστό είναι άνω του 50% ενώ το χαμηλότερο ποσοστό είναι ίσο με 38%. Επίσης, στο γράφημα 6 φαίνεται το μέσο ποσό ανάληψης ενός πολίτη από ένα ATM ανά χώρα.

Average value of an ATM withdrawal



Εικόνα 6-Μέσο ποσό ανάληψης από ATM στην Ευρώπη

Όσον αφορά τον αριθμό των εγκατεστημένων ATM στην Ευρώπη, αυτά φαίνονται στο γράφημα 7. Ο αριθμός των ATM στην Ευρώπη το 2021 είναι ίσος με 376.984.

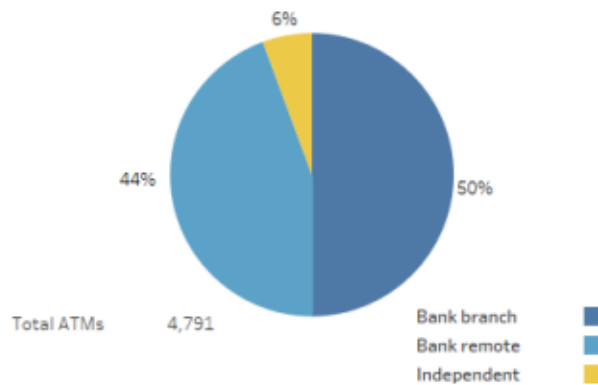


Εικόνα 7-Εγκατεστημένα ATM στην Ευρώπη

Η Εθνική Κεντρική Τράπεζα δημοσιεύει ποσοστά ερευνών που αφορούν την χρήση των ATM την ανάληψη, την κατάθεση και τις συναλλαγές χρημάτων μέσω αυτών. Τα σημαντικότερα ποσοστά που εξήχθησαν για την Ελλάδα από τις [3] [4] της Εθνικής Κεντρικής Τράπεζας είναι τα εξής:

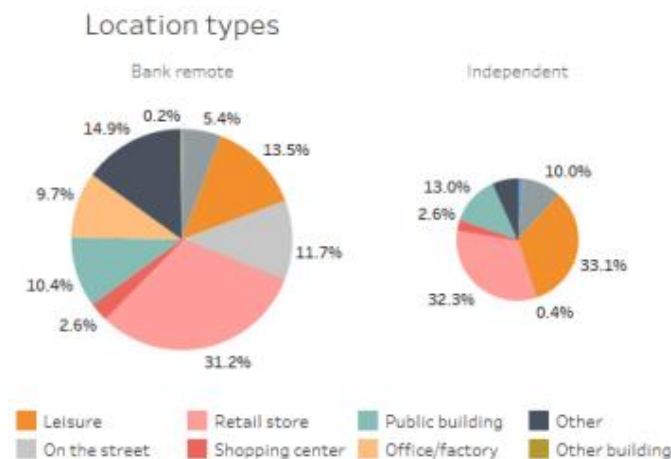
- Για την ανάληψη μετρητών στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά ATM.
- Το 2019 αναλήφθηκαν από ATM 41,5 δισεκατομμύρια ευρώ ενώ το 2020 αναλήφθηκαν 33,8 δισεκατομμύρια ευρώ.
- Η μέση αξία κατάθεσης σε ATM ήταν ίση με 375 ευρώ το 2017, 451 ευρώ το 2020, 477 ευρώ το 2021 και 491 το πρώτο εξάμηνο του 2022.
- Η μέση αξία ανάληψης από ATM ήταν ίση με 170 ευρώ το 2017, 206 ευρώ το 2020, 230 ευρώ το 2021 και 225 ευρώ το πρώτο εξάμηνο του 2022.

Τα ATM στον ελλαδικό χώρο ανήκουν κατά πλειοψηφία στις τράπεζες. Ελάχιστο ποσοστό είναι ανεξάρτητα των τραπεζών. Τα ATM μπορεί να είναι εγκατεστημένα στα καταστήματα των τραπεζών ή σε άλλους χώρους. Στο γράφημα 8 από την πηγή [4] φαίνεται η κατανομή του συνολικού αριθμού των ATM στη χώρα. Από τα 4791 ATM, το 50% είναι εγκατεστημένο στις τράπεζες ενώ το υπόλοιπο σε άλλους χώρους, όπως εμπορικά κέντρα, σουπερμάρκετ, πλατείες κ.α. Το 6% αφορά ATM ανεξάρτητων εταιρειών.



Εικόνα 8-Κατανομή των ATM ανά εγκατάσταση

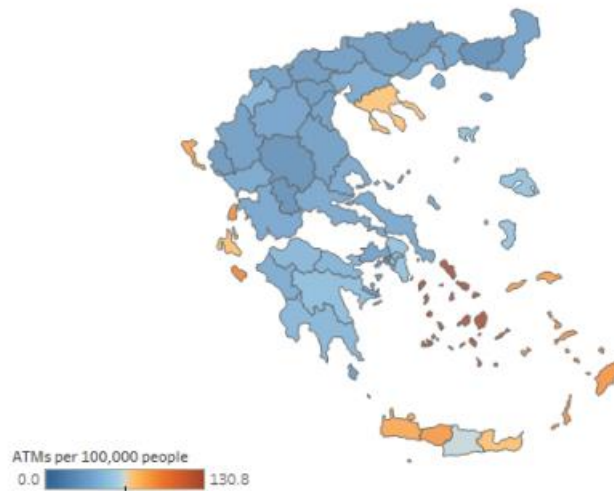
Στο γράφημα 9 φαίνεται η τοποθεσία των εγκατεστημένων ATM στην χώρα, όσον αφορά αυτά που είναι εγκατεστημένα εκτός των τραπεζών και τα ανεξάρτητα.



Εικόνα 9-Κατανομή ATM ανά τοποθεσία εγκατάστασης

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των εγκατεστημένων ATM εκτός τραπεζών βρίσκεται σε καταστήματα λιανικής πώλησης και σε καταστήματα ψυχαγωγίας ενώ ακολουθούν τα δημόσια κτήρια, τα γραφεία, τα εμπορικά κέντρα και οι δρόμοι. Όσον αφορά τα ανεξάρτητα ATM αυτά είναι εγκατεστημένα περισσότερο σε χώρους ψυχαγωγίας και λιανικής πώλησης και λιγότερο σε δημόσια κτήρια και γραφεία.

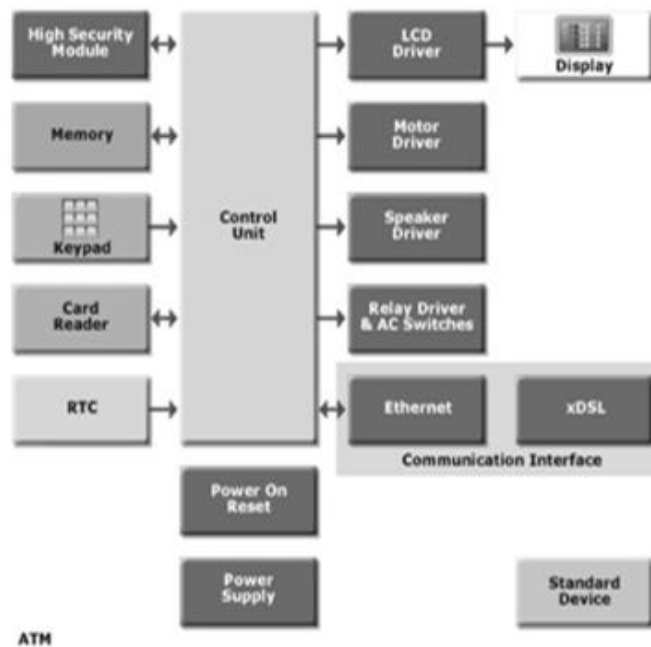
Επιπλέον, στον χάρτη της εικόνας 10 φαίνεται με πυκνότητα χρώματος η τοποθεσία και το πλήθος των ATM ανά 100.000 άτομα.



Εικόνα 10-Τοποθεσία ATM ανά 100.000 άτομα

1.4 Δομή των Αυτόματων Ταμειακών Μηχανών (ATM)

Τα δομικά μέρη ενός σύγχρονου ATM στα οποία στηρίζεται η λειτουργία του φαίνονται στην εικόνα 11.



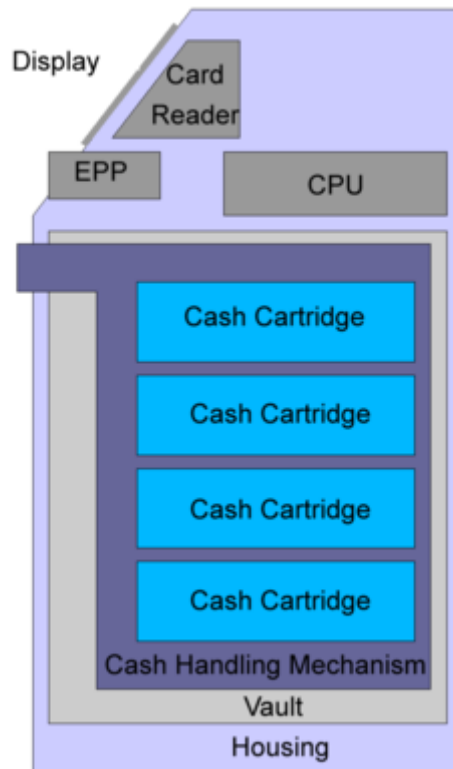
Εικόνα 11-Δομή των ATM

Η βασική μονάδα των ATM είναι η μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου επικοινωνεί και ανταλλάσσει πληροφορίες με τα υπόλοιπα περιφερειακά υποσυστήματα του

ATM. Με βάση τα σήματα που δέχεται υλοποιεί τον αλγόριθμο ελέγχου και στέλνει τα κατάλληλα σήματα που ενεργοποιούν την εκάστοτε μονάδα. Η μονάδα ασφαλείας (High Security Module) είναι υπεύθυνη για την υλοποίηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας δεδομένων. Επικοινωνεί με την μονάδα ελέγχου στέλνοντας και λαμβάνοντας δεδομένα. Η μονάδα μνήμης (Memory) είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση δεδομένων. Δέχεται δεδομένα από την μονάδα ελέγχου και τα επιστρέφει όταν ζητηθούν. Η μονάδα RTC αποτελεί το ρολόι του συστήματος από το οποίο συγχρονίζεται η μονάδα ελέγχου. Για την επικοινωνία του ATM με την τράπεζα και το σύστημα αυτής χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα επικοινωνίας που περιλαμβάνουν το Ethernet και το xDSL. Το Ethernet χρησιμοποιείται ως πρωτόκολλο επικοινωνίας για τοπικά δίκτυα καθώς και απομακρυσμένα δίκτυα. Η τεχνολογία xDSL αποτελεί την οδό μέσω της οποίας υλοποιείται η επικοινωνία του ATM. Οι συσκευές εισόδου του ATM είναι το πληκτρολόγιο(keypad) και η μονάδα ανάγνωσης κάρτας(card reader).

Κατά την ενεργοποίηση του ATM από τον χρήστη, ζητείται η προσωποποιημένη κάρτα προς ανάγνωση από την μονάδα card reader. Στόχος της συγκεκριμένης μονάδας είναι η εξαγωγή πληροφοριών λογαριασμού από την κάρτα και η αποστολή αυτών στην μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου μέσω της διεπαφής επικοινωνίας στέλνει τα δεδομένα στον κεντρικό server για επικύρωση των στοιχείων. Μετά την εξαγωγή και την επικύρωση των πληροφοριών της κάρτας, ζητείται η εισαγωγή του κωδικού PIN από το πληκτρολόγιο εισόδου. Ο κωδικός PIN στέλνεται στη συνέχεια στην μονάδα ελέγχου και αποστέλλεται στο κεντρικό server για έλεγχο και επικύρωση. Οι συσκευές εξόδου του ATM είναι η μονάδα ήχου (speaker) , η οθόνη (display screen), ο εκτυπωτής αποδείξεων (receipt printer) και η μονάδα εξαγωγής χρημάτων(cash dispenser). Η μονάδα ήχου και η οθόνη χρησιμεύουν για την ενημέρωση του χρήστη σχετικά με την λειτουργία του συστήματος ενώ ο εκτυπωτής αποδείξεων και η μονάδα εξαγωγή χρημάτων για την εξαγωγή απόδειξης και επιθυμητού ποσού.

Τα χρήματα είναι αποθηκευμένα σε ένα ειδικά σχεδιασμένο χρηματοκιβώτιο στο εσωτερικό του ATM.(εικόνα 12).Το χρηματοκιβώτιο περιλαμβάνει βαθμίδες-δεσμίδες χρημάτων, τον μηχανισμό διαχείρισης των χρημάτων και το περίβλημα. Πάνω από το χρηματοκιβώτιο βρίσκονται τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος όπως ο μικροεπεξεργαστής κ.λπ..



Εικόνα 12-Δομή εσωτερικού ασανσέρ-Χρηματοκιβώτιο και λοιποί βοηθητικοί μηχανισμοί

Η συνολική λειτουργία και τα επιμέρους συστήματα που περιεγράφηκαν παραπάνω φαίνονται και στην εικόνα 13.

How do cash machines work?

Find out how ATMs access your money, while keeping your details safe

Keypad

The keypad is where users enter their four-digit PIN. This is then sent to the cardholder's bank in an encrypted form in case someone intercepts it.

Cash dispenser

Once the transaction is complete, the requested amount of cash will travel up from the vault through the roller mechanism to the dispenser, where it can be collected.

Receipt slot

Your transaction details are printed on thermal paper, which uses heat rather than ink to turn the paper black and form the necessary text.

"The magnetic strip on the back of your card is actually composed of millions of tiny magnets"

Rollers

The rollers check the thickness of each note to make sure that two notes aren't stuck together, so the cardholder receives the correct amount of money.

Suction cups

The suction cups pick up notes individually, before the rollers process them.

Screen
The screen, commonly an LCD on modern machines, will prompt the cardholder through the transaction in a step-by-step format. It will either be touch screen or have buttons on either side.

Card slot
Once a card has been entered, its black magnetic stripe is read to authenticate the card and its owner.

Reject box
If the machine pulls the wrong number of notes or detects that one is damaged, they will be dropped into a reject box and the process will be repeated.

Deposit box
Once cheques or deposits are made they are stored in the deposit box, where the bank will collect them at a later stage.

Cash chambers
Each chamber, or currency box, may hold thousands of notes. Most ATMs will stock each denomination depending on the currency used in its location.

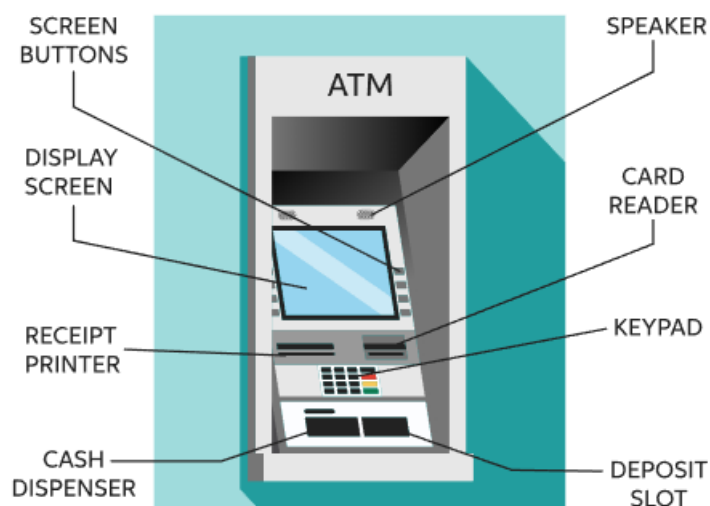
HOW IT WORKS

Illustration by Nicholas Pender

Εικόνα 13-Δομή και Λειτουργία ATM

Όπως φαίνεται στην εικόνα 14, εξωτερικά, το ATM αποτελείται από τα εξής επιμέρους κομμάτια:

- Την θυρίδα ανάγνωσης κάρτας, όπου εισάγεται η κάρτα του χρήστη για ανάγνωση στοιχείων.
- Το πληκτρολόγιο, στο οποίο εισάγονται οι απαιτούμενοι κωδικοί για την ταυτοποίηση του χρήστη.
- Τα ηχεία που χρησιμεύουν για την διεπαφή του ATM με τον χρήστη και την ενημέρωση του για τις διάφορες λειτουργίες.
- Την οθόνη, που συνήθως είναι LED ή CRT, και χρησιμεύει για την ένδειξη των επιλογών, την ενημέρωση για τα στοιχεία του χρήστη κ.λ.π.
- Την θυρίδα εκτύπωσης αποδείξεων.
- Την θυρίδα διανομής χρημάτων.



Εικόνα 14- Εξωτερική Δομή ATM

Όσον αφορά την τοποθέτησή τους, τα ATM μπορεί να βρίσκονται είτε σε εσωτερικό είτε σε εξωτερικό χώρο. Τα ATM εσωτερικού χώρου βρίσκονται είτε σε σημεία εντός καταστημάτων και τραπεζών είτε σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο που περικλείει το ATM. Στην εικόνα φαίνεται ένα ATM εσωτερικού χώρου, όπου το ATM βρίσκεται σε ειδικά σχεδιασμένο δωμάτιο, με πόρτα και τζάμια ασφαλείας. Συνήθως για την είσοδο στον χώρο υπάρχει ειδική διαδικασία όπου ο χρήστης πατά ειδικό πάνελ με κουμπιά για να εισέλθει στο χώρο του ATM.



Εικόνα 15-ATM εσωτερικού χώρου

Τα ATM που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένες θέσεις σε συγκεκριμένο σημείο. Στην εικόνα φαίνεται μια τυπική τοποθέτηση πολλαπλών ATM σε εμπορικό κατάστημα.



Εικόνα 16-ATM εξωτερικού χώρου

Επισημαίνεται ότι η δομή και η λειτουργία των ATM είναι διαφορετική σε κάθε χώρο και εφαρμογή. Η δομή τους μπορεί να αλλάζει ανάλογα με την εγκατάσταση και την χρήση τους. Αυτό κρίνεται σημαντικό για την σχεδίαση του αυτοματοποιημένου συστήματος απολύμανσης καθώς τα παραπάνω ορίζουν τις βασικές προδιαγραφές χώρου που πρέπει να πληροί ένα αποτελεσματικό τέτοιο σύστημα.

Συγχρόνως, η ενσωμάτωση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος απολύμανσης πρέπει να προσαρμοστεί και συνεργαστεί με τις μονάδες επεξεργασίας που λειτουργούν μέσα στο ATM. Η γνώση της λειτουργίας και ιεραρχίας τους κρίνεται σημαντική για την ομαλή λειτουργία του συνολικού συστήματος.

2. Βακτήρια και Ιοί στις επιφάνειες των Αυτόματων Ταμειακών Μηχανών (ATM)

Οι αυτόματες ταμειακές μηχανές χρησιμοποιούνται καθημερινά από μεγάλο αριθμό πολιτών. Η αλληλεπίδραση του ατόμου με το ATM γίνεται με την χρήση του πληκτρολογίου, της οθόνης και των θυρίδων χρημάτων και αποδείξεων.

Η βασική κοινόχρηστη επιφάνεια είναι το πληκτρολόγιο. Η έρευνα[5] μελέτησε την συσσώρευση βακτηρίων σε πληκτρολόγια κοινόχρηστων συσκευών και σύγκρινε τα αποτελέσματα με ατομικές και προσωπικές συσκευές. Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται ο δείκτης CFU (Colony-Forming-Units) που αντιπροσωπεύει το πλήθος των αναπτυσσόμενων αποικιών βακτηρίων. Το βακτήριο σταφυλόκοκκος βρέθηκε σε όλες τις εξεταζόμενες επιφάνειες. Το βακτήριο εντερόκοκκος βρέθηκε σε 7 πλήκτρα από τα οποία τα 6 ήταν κοινόχρηστα. Το βακτήριο του σφαιρικού σταφυλόκοκκου βρισκόταν σε μεγαλύτερη ποσότητα στα κοινόχρηστα πληκτρολόγια παρά στα προσωπικά. Γενικά, ο σταφυλόκοκκος και άλλα είδη βακτηρίων ήταν εμφανή στα πλήκτρα. Το βακτήριο εντερόκοκκος ήταν το μόνο που εμφάνισε υψηλότερο δείκτη CFU σε σχέση με τα άλλα στις κοινόχρηστες επιφάνειες. Σε σύγκριση με άλλες έρευνες, η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι οι κοινόχρηστες επιφάνειες περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά σταφυλόκοκκου συγκριτικά με τις προσωπικές. Τα παραπάνω προκύπτουν μέσω της μη σωστής υγιεινής των χεριών και σταγονιδίων που προκύπτουν κατά την ομιλία, το βήχα και το φτέρνισμα.

Παρόμοια, η έρευνα [6] μελέτησε την συσσώρευση μικροβίων σε επιφάνειες που χρησιμοποιούνται καθημερινά, όπως τα κινητά τηλέφωνα και το πληκτρολόγιο του υπολογιστή. Το 92% των εξεταζόμενων τηλεφώνων περιείχαν το βακτήριο του σταφυλόκοκκου. Το βακτήριο βάκιλος και ο μικρόκοκκος εμφανίστηκαν σε ποσοστό 62% του συνολικού δείγματος. Εντερικά βακτήρια και άλλα είδη σταφυλόκοκκου εμφανίστηκαν, επίσης, σε χαμηλότερα ποσοστά (12% και 20% αντίστοιχα).

Την ύπαρξη μικροβίων και βακτηρίων σε καθημερινά χρησιμοποιούμενες επιφάνειες, όπως τα κινητά τηλέφωνα, επιβεβαιώνει η έρευνά [7]. Το 94,5% των εξεταζόμενων κινητών τηλεφώνων περιείχε μορφές βακτηρίων. Για τον διαχωρισμό και την εξέταση των μικροβίων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Gram. Τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια μπορεί να αποτελούν παθογενείς παράγοντες. Η συγκεκριμένη έρευνα εντόπισε στο 39,5% του δείγματος βακτήρια αρνητικά κατά Gram. Ο χρυσίζων σταφυλόκοκκος, (*S.aureus*) βρέθηκε σε ποσοστό 52% του συνολικού δείγματος.

Όσον αφορά αποκλειστικά τα ATM, η εργασία [8] ερεύνησε την ύπαρξη βακτηρίων σε Αυτόματες Ταμειακές Μηχανές τοποθετημένες σε διάφορα σημεία της πόλης Μαλάτεια της Τουρκίας. Εξετάστηκαν 100 ATM σε μια πόλη των 500.000 κατοίκων. Τα δείγματα εξήχθησαν τόσο από το πληκτρολόγιο των ATM όσο και από την οθόνη τους. Όλα τα δείγματα ήταν θετικά σε ύπαρξη βακίλου. Ο σταφυλόκοκκος εμφανίστηκε σε 9 δείγματα ενώ ο χρυσίζων σταφυλόκοκκος εμφανίστηκε σε 2 δείγματα. Όλα τα εξεταζόμενα δείγματα ήταν θετικά στην ύπαρξη κάποιου βακτηριακού στελέχους.

Στην εργασία[9] εξετάστηκε η ύπαρξη βακτηρίων σε ATM στο Δυτικό Ιράν. Εξετάστηκαν 95 ATM. Τα βακτήρια που εμφανίστηκαν σε μεγαλύτερα ποσοστά ήταν ο επιδερμικός σταφυλόκοκκος σε ποσοστό 18.5%, το βακτήριο ψευδομονάς σε ποσοστό 18.5%, ο βάκιλος σε ποσοστό 16.9%, το εσερίχια κόλι σε ποσοστό 9.2%, το βακτήριο κλεμπσιέλλα σε ποσοστό 12.3% και ο χρυσίζων σταφυλόκοκκος σε ποσοστό 4.6%. Γενικά, όλα τα πληκτρολόγια των ATM που εξετάστηκαν ήταν μολυσμένα με τουλάχιστον ένα είδος βακτηρίων.

Παρόμοια έρευνα [10] διεξήχθη στην πόλη Μακούρντι της κεντρικής Νιγηρίας. Εξετάστηκαν τα πληκτρολόγια από 50 ATM από διαφορετικές περιοχές της πόλης. Το βακτήριο του χρυσίζων σταφυλόκοκκου υπήρχε σε ποσοστό ίσο με 41,6%, το βακτήριο εσερίχια κόλι σε ποσοστό 34,4% και το βακτήριο κλεμπσιέλλα σε ποσοστό 24%.

Στην Πολωνία η εργασία[11] μελέτησε 28 ATM για την ύπαρξη ιών, βακτηρίων και μυκήτων. Όσον αφορά τους ιούς εξετάστηκε και η ύπαρξη κορονοϊών. Τα ATM βρίσκονταν σε κλειστό χώρο 15-40 τετραγωνικών μέτρων. Δείγματα ανακτήθηκαν τόσο από τις εξωτερικές επιφάνειες του ATM(οθόνη, πληκτρολόγιο, κ.λπ..) όσο και από τις εσωτερικές θυρίδες. Ο δείκτης CFU (Colony-Forming-Units) που αντιπροσωπεύει το πλήθος των αναπτυσσόμενων αποικιών των μικροοργανισμών χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση των δειγμάτων. Στις εσωτερικές επιφάνειες βακτήρια εμφανίστηκαν με μέση τιμή 134 CFU/cm², μύκητες με μέση τιμή 37 CFU/cm², ο ιός Sars-Cov-2 με πιθανά μολυσματικούς παράγοντες με μέση τιμή 6.8gc/cm² και πιθανά μολυσματικοί αδενοϊοί με μέση τιμή 2.3gc/cm². Στις εξωτερικές επιφάνειες βακτήρια εμφανίστηκαν με μέση τιμή 203 CFU/cm², μύκητες με μέση τιμή 142 CFU/cm², και πιθανά μολυσματικοί αδενοϊοί με μέση τιμή 0.4gc/cm². Οι τιμές των παραπάνω μικροοργανισμών ήταν μεγαλύτερες στις εξωτερικές επιφάνειες συγκριτικά με τις εσωτερικές και αιτιολογείται στην συχνή επαφή των χρηστών με το πληκτρολόγιο και τις οθόνες.

Γενικά, οι παθογενείς μικροοργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν πάνω στις επιφάνειες ανάλογα με το υλικό των επιφανειών, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ανθεκτικότητά τους. Η [12] αποτελεί μια συστηματική έρευνα για την ανάλυση της αντοχής και επιβίωσης των παθογενών μικροοργανισμών πάνω σε επιφάνειες. Η εργασία αφορά τους παθογενείς οργανισμούς που είναι γνωστοί για την δημιουργία λοιμώξεων.

Βακτήρια, όπως ο εντερόκοκκος, ο χρυσίζων σταφυλόκοκκος και ο στρεπτόκοκκος επιβιώνουν σε στεγνές επιφάνειες για μήνες. Επίσης, το ακινετοβακτήριο, το εσερίχια κόλι, η κλεμπσιέλλα, και ο ψευδομονάς μπορούν να επιβιώσουν για μήνες. Το βακτήριο μποντετέλλα, ο αιμόφιλος της γρίπης, ο πρωτέας ο κοινός και το δονάκιο της χολέρας μπορούν να επιβιώσουν για μερικές ημέρες. Μυοβακτήρια μπορούν να επιβιώσουν έως και μερικούς μήνες πάνω σε επιφάνειες. Ο μύκητας *Candida albicans* μπορεί να επιβιώσει έως 4 μήνες πάνω σε επιφάνειες και αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παθογενείς μύκητες. Όσον αφορά τους ιούς που προέρχονται από αναπνευστικές οδούς αυτοί μπορούν να επιβιώσουν έως μερικές ημέρες. Οι συγκεκριμένοι ιοί μπορεί να είναι κορονοϊοί, γρίπη, κοξάκι και ρινοϊός. Ιοί που προέρχονται από την γαστρεντερική οδό, όπως ο αστροϊός, ο HAV και ο ιός ρότα μπορούν να επιβιώσουν έως 2 μήνες. Οι ιοί του έρπη, που περιλαμβάνουν τον

CMV και τον HSV τύπου 1 και 2 επιβιώνουν από λίγες ώρες έως μια βδομάδα. Στις εικόνες 17 και 18 φαίνεται η διάρκεια ζωής των βακτηρίων και των ιών σε ξηρές επιφάνειες αντίστοιχα, όπως αντλήθηκαν από την εργασία[12].

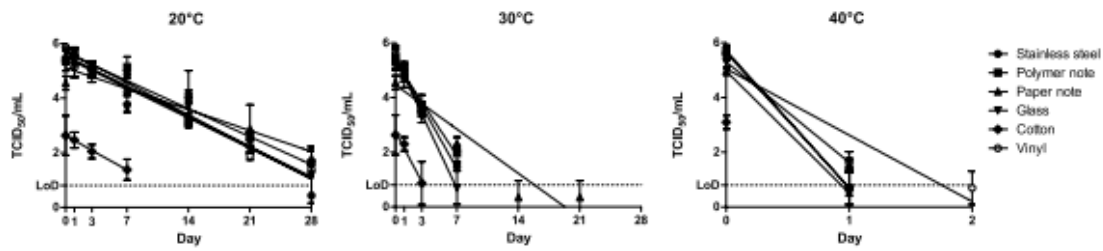
Type of bacterium	Duration of persistence (range)
<i>Acinetobacter</i> spp.	3 days to 5 months
<i>Bordetella pertussis</i>	3 – 5 days
<i>Campylobacter jejuni</i>	up to 6 days
<i>Clostridium difficile</i> (spores)	5 months
<i>Chlamydia pneumoniae</i> , <i>C. trachomatis</i>	≤ 30 hours
<i>Chlamydia psittaci</i>	15 days
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	7 days – 6 months
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i>	1–8 days
<i>Escherichia coli</i>	1.5 hours – 16 months
<i>Enterococcus</i> spp. including VRE and VSE	5 days – 4 months
<i>Haemophilus influenzae</i>	12 days
<i>Helicobacter pylori</i>	≤ 90 minutes
<i>Klebsiella</i> spp.	2 hours to > 30 months
<i>Listeria</i> spp.	1 day – months
<i>Mycobacterium bovis</i>	> 2 months
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1 day – 4 months
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	1 – 3 days
<i>Proteus vulgaris</i>	1 – 2 days
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6 hours – 16 months; on dry floor: 5 weeks
<i>Salmonella typhi</i>	6 hours – 4 weeks
<i>Salmonella typhimurium</i>	10 days – 4.2 years
<i>Salmonella</i> spp.	1 day
<i>Serratia marcescens</i>	3 days – 2 months; on dry floor: 5 weeks
<i>Shigella</i> spp.	2 days – 5 months
<i>Staphylococcus aureus</i> , including MRSA	7 days – 7 months
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	1 – 20 days
<i>Streptococcus pyogenes</i>	3 days – 6.5 months
<i>Vibrio cholerae</i>	1 – 7 days

Εικόνα 17-Διάρκεια ζωής βακτηρίων σε ξηρές επιφάνειες

Type of virus	Duration of persistence (range)
Adenovirus	7 days – 3 months
Astrovirus	7 – 90 days
Coronavirus	3 hours
SARS associated virus	72 – 96 hours
Coxsackie virus	> 2 weeks
Cytomegalovirus	8 hours
Echovirus	7 days
HAV	2 hours – 60 days
HBV	> 1 week
HIV	> 7 days
Herpes simplex virus, type 1 and 2	4.5 hours – 8 weeks
Influenza virus	1 – 2 days
Norovirus and feline calici virus (FCV)	8 hours – 7 days
Papillomavirus 16	> 7 days
Papovavirus	8 days
Parvovirus	> 1 year
Poliovirus type 1	4 hours – < 8 days
Poliovirus type 2	1 day – 8 weeks
Pseudorabies virus	≥ 7 days
Respiratory syncytial virus	up to 6 hours
Rhinovirus	2 hours – 7 days
Rotavirus	6 – 60 days
Vacciniavirus	3 weeks – > 20 weeks

Εικόνα 18-Διάρκεια ζωής ιών σε ξηρές επιφάνειες

Ο ιός Sars-Cov-2 ή αλλιώς COVID-19 εμφανίστηκε σαν πανδημία τον Μάρτιο του 2020. Ακόμα και σήμερα, ο κίνδυνος παραμένει και γίνονται ακόμη βήματα για την αντιμετώπιση του. Πολλαπλές έρευνες έχουν γίνει για την αντοχή του ιού στις διάφορες επιφάνειες υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι διάφορες επιφάνειες που μπορεί να βρίσκεται ο ιός είναι τα πολυμερή, το χαρτί, το γυαλί, το ατσάλι, τα υφάσματα και άλλες κοινές επιφάνειες. Για παράδειγμα, το γυαλί χρησιμοποιείται κατά κόρον στις αυτόματες ταμειακές μηχανές καθώς χρησιμοποιείται για την οθόνη αφής του. Στην εργασία [13] μελετήθηκε η επιβίωση του ιού SARS-CoV-2 σε διάφορες επιφάνειες για διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από 28 μέρες, σε θερμοκρασία 20 βαθμών κελσίου, ο ιός SARS-CoV-2 ήταν ανιχνεύσιμος σε γυάλινες, ατσάλινες, σιδερένιες και χάρτινες επιφάνειες. Σε υφασμάτινες επιφάνειες οι μέρες έως την ανίχνευση ήταν λιγότερες (14 ημέρες). Στους 30 βαθμούς κελσίου, στο ανοιξίδωτο ατσάλι, ο ιός ήταν ανιχνεύσιμος έως και 7 ημέρες. Παρόμοια ήταν η διάρκεια ζωής του για τις υφασμάτινες επιφάνειες, τις γυάλινες επιφάνειες και τις επιφάνειες βινυλίου. Στις χάρτινες επιφάνειες, στους 30 βαθμούς κελσίου, ο ιός ανιχνεύτηκε ως και 21 ημέρες από την τοποθέτησή του. Στους 40 βαθμούς κελσίου η διάρκεια ζωής του ιού μειώθηκε για όλες τις επιφάνειες. Ειδικότερα, στα βαμβακερά ρούχα ο ιός ανιχνεύτηκε έως και 24 ώρες μετά και στις υπόλοιπες επιφάνειες έως 48 ώρες μετά. Στην εικόνα 19 φαίνονται και οι καμπύλες των δοσολογιών ανίχνευσης του ιού συναρτήσει των ημερών για τις διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.



Εικόνα 19-Καμπύλες των δοσολογιών ανίχνευσης του ιού συναρτήσει των ημερών για τις διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος

Γενικότερα, άλλοι κορονοϊοί παρόμοιοι με τον Covid-19 έχουν μελετηθεί ως προς την επιβίωσή τους σε διαφορετικές επιφάνειες υπό διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος. Οι διαφορετικές θερμοκρασίες και η σχετική υγρασία επηρεάζει την επιβίωση τους. Στην μελέτη [14] ερευνήθηκε η επιβίωση κορονοϊών σε επιφάνειες με διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία. Στους 4 βαθμούς κελσίου ο ιός επιβίωσε έως 28 ημέρες. Με υγρασία 20% ο ιός εξασθένησε. Στους 20 βαθμούς κελσίου ο ιός επικράτησε από 5 έως 28 ημέρες ανεξάρτητα των επιπέδων υγρασίας. Πάντως, η ισχύς του μειώθηκε από την θερμοκρασία των 4 βαθμών κελσίου. Παρόμοια, ο ιός έδειχνε πιο απότομη εξασθένηση στους 40 βαθμούς κελσίου για όλα τα διαφορετικά επίπεδα υγρασίας. Όσον αφορά τα επίπεδα υγρασίας, στα χαμηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας(20%) και στα υψηλά ποσοστά υγρασίας (80%) ο ιός επιβίωνε περισσότερο συγκριτικά με τις μέσες τιμές σχετικής υγρασίας (50%). Η αλληλεπίδραση μεταξύ της θερμοκρασίας και της υγρασίας επηρεάζει έντονα την ικανότητα επιβίωσης του ιού.

3. Τεχνολογίες Απολύμανσης

Για την απολύμανση επιφανειών και χώρων χρησιμοποιούνται χημικά απολυμαντικά μέσα που απαιτούν ανθρώπινο παράγοντα για την εφαρμογή τους, τεχνολογίες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή ακόμα και αντιμικροβιακές επιφάνειες. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των παραπάνω τεχνολογιών με βάση την αποτελεσματικότητά τους και την εφαρμογή τους.

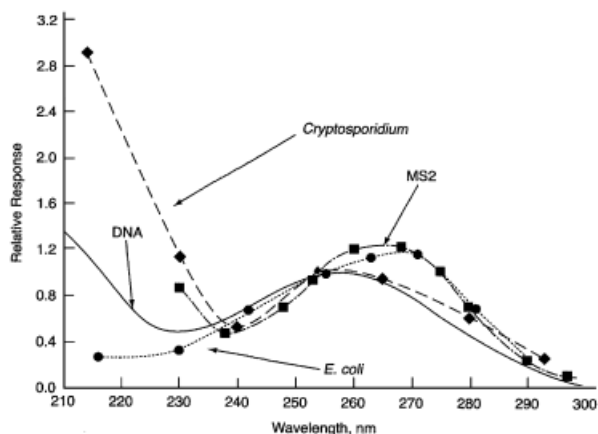
3.1 Υπεριώδης Ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία αναφέρεται στην ακτινοβολία μήκους κύματος 200-400nm. Η κλίμακα 200-300 nm ονομάζεται μικροβιοκτόνος ακτινοβολία καθώς οι μικροοργανισμοί απορροφούν το συγκεκριμένο μήκος κύματος ακτινοβολίας στο γενετικό τους υλικό (DNA and RNA). Η ακτινοβολία που απορροφάτε προκαλεί μεταβολές στην δομή του DNA και RNA του μικροοργανισμού με αποτέλεσμα αυτός να μην μπορεί να αναπαραχθεί και τελικά να αδρανοποιείται. Η υπεριώδης τεχνολογία αποτελεί φυσική μέθοδο απολύμανσης και δεν χρησιμοποιεί χημικά πρόσθετα.

Γενικότερα, η υπεριώδης ακτινοβολία κυμαίνεται στο εύρος μήκος κύματος των 100-400nm στο φάσμα της ακτινοβολίας. Σε κάθε κύκλο λειτουργίας, εκπέμπεται φωτόνιο συγκεκριμένης ενέργειας (μετρούμενο σε μονάδα eV). Η ακτινοβολία UV χωρίζεται σε 3 κατηγορίες:

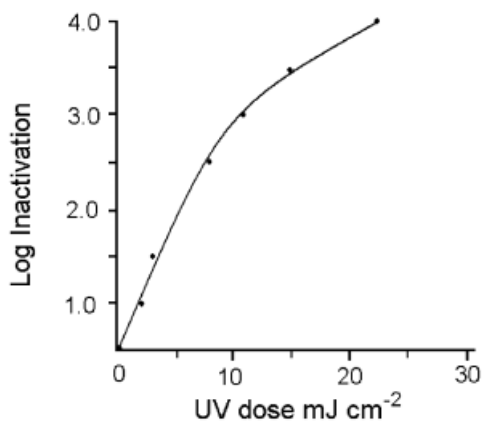
1. UV-A: Έχει μήκος κύματος 400-315nm και ενέργεια ανά φωτόνιο εκπομπής 3.1-3.94eV.
2. UV-B: Έχει μήκος κύματος 315-280nm και ενέργεια ανά φωτόνιο εκπομπής 3.94-4.43eV.
3. UV-C: Έχει μήκος κύματος 280-100nm και ενέργεια ανά φωτόνιο εκπομπής 4.43-12.4eV.
4. Vacuum UV: Έχει μήκος κύματος 200-100nm και ενέργεια ανά φωτόνιο εκπομπής 6.2-12.4eV.

Η ακτινοβολία που χρησιμοποιείται περισσότερο για απολύμανση βρίσκεται σε μήκος κύματος ίσο με 254 nm. Βέβαια, διαφορετικά μήκη κύματος μπορούν να επηρεάσουν διαφορετικά τα διάφορα βακτήρια και ιούς. Η εικόνα 20 αναπαριστά μια γραφική απόκρισης αδράνειας διαφόρων βακτηρίων ως προς το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.



Εικόνα 20- Απόκριση μικροοργανισμών συναρτήσει του μήκους κύματος ακτινοβολίας

Χαρακτηριστικό μέγεθος της τεχνολογίας UV είναι ο ρυθμός ροής της ακτινοβολίας, E , και εκφράζεται σε $\frac{mW}{cm^2}$. Περιγράφει την ένταση της ακτινοβολίας που 'πέφτει' πάνω στο επιθυμητό αντικείμενο. Το ολοκλήρωμα του ρυθμού ροής E , ονομάζεται δόση UV, συμβολίζεται με F και μονάδα μέτρησης $\frac{mJ}{cm^2}$. Για κάθε επιθυμητό οργανισμό μπορούν να εξαχθούν καμπύλες αδρανοποίησης συναρτήσει της δόσης UV. Για παράδειγμα, για το μικρόβιο κρυπτοσπορίδιο, υπάρχει η καμπύλη της εικόνας 21.



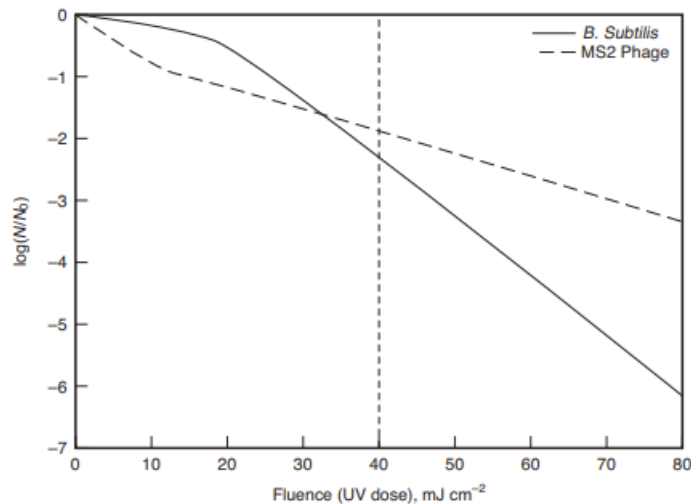
Εικόνα 21-Αδρανοποίηση κρυπτοσποριδίου συναρτήσει της δόσης UV

Η αδρανοποίηση κατά 99% του μικροβίου γίνεται για την τιμή που αναλογεί σε 4-log. Στην εικόνα 22 φαίνεται η δόση UV σε $\frac{mJ}{cm^2}$ που απαιτείται για την αδρανοποίηση διαφόρων ιών, βακτηρίων και πρωτόζωων.

Pathogen	UV Dose or Fluence (mJ cm ⁻²) ^a
Viruses	
Adenovirus 40 ATCC Dugan ^c	121
Adenovirus 41 ATCC TAK ^c	112
Adenovirus 2 ^c	186
Coxsackie B5 ^{b,d}	34
Hepatitis A (HM175) ^d	30
Hepatitis A ^d	22
Poliovirus 1 LSc2ab ^d	21
Poliovirus 1 ATCC Mahoney ^d	30
Poliovirus 1 ^{b,d}	30
Rotavirus SA11 ^d	39
Bacteria	
<i>Aeromonas hydrophila</i> ATCC7966	5
<i>Campylobacter jejuni</i> ATCC43429	5
<i>Campylobacter jejuni</i> ^b	14
<i>Clostridium perfringens</i>	24
<i>Escherichia coli</i>	12
<i>Escherichia coli</i> 0157:H7 ATCC43894	6
<i>Escherichia coli</i> 0157:H7 ^b	19
<i>Helicobacter pylori</i> ATCC 43504	<8
<i>Helicobacter pylori</i> ^b	<8
<i>Legionella pneumophila</i> ATCC43660	10
<i>Legionella pneumophila</i> ^b	11, 30
<i>Mycobacterium avium</i>	24
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11
<i>Salmonella enteritidis</i>	6, 10, 15
<i>Salmonella typhi</i> ATCC19430	8
<i>Salmonella typhi</i> ATCC6539	8
<i>Salmonella typhi</i> ^b	51
<i>Shigella dysenteriae</i> ATCC29027	3
<i>Shigella dysenteriae</i> ^b	11
<i>Shigella sonnei</i> ATCC9290	9
<i>Shigella sonnei</i> ^b	26
<i>Staphylococcus aureus</i>	11
<i>Vibrio cholera</i> ATCC25872	3
<i>Yersinia enterocolitica</i> ATCC27732	5
Protozoa	
<i>Cryptosporidium parvum</i>	<10
<i>Encephalitozoon intestinalis</i>	9
<i>Giardia lamblia</i>	<10

Εικόνα 22-Απαιτούμενη δόση UV για την αδρανοποίηση βακτηρίων, ιών και πρωτόζων

Στην εικόνα 23 φαίνεται μια τυπική καμπύλη UV-δοσολογίας συναρτήσει της απόκρισης του βακτηρίου βάκιλος καθώς και του βακτηριοφάγου ιού MS2.



Εικόνα 23-Τυπική καμπύλη UV-δοσολογίας συναρτήσει της απόκρισης του βακτηρίου *B. Subtilis* και του βακτηριοφάγου ιού MS2

Ανάλογα με την δοσολογία UV που εκτίθεται ο μικροοργανισμός η επίδραση είναι διαφορετική. Παρατηρούμε ότι από τα 40 mJ/(cm²) η επίδραση στον μικροοργανισμό είναι πολύ πιο έντονη. Γενικά, η δοσολογία ακτινοβολίας UV επιλέγεται ανάλογα με τις τυπικές καμπύλες των βακτηρίων και ιών, την εφαρμογή και την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία UV.

Η πιο διαδεδομένη τεχνολογία απολύμανσης στηριζόμενη σε υπεριώδη ακτινοβολία είναι οι λάμπες UV. Οι συγκεκριμένες λάμπες σχεδιάζονται έτσι ώστε να εκπέμπουν φως στο φάσμα 200-300nm. Η απόδοση των λαμπών UV χαρακτηρίζεται από την ισχύ εξόδου σε UV ακτινοβολία ως προς την ισχύ εισόδου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι διαφορετικοί τύποι λαμπών UV είναι οι εξής:

- Λαμπτήρες UV θερμάνσεως: Στηρίζουν την λειτουργία τους στην ύπαρξη ζεστού σύρματος μέσα σε αδρανές αέριο. Χρησιμοποιούνται για μήκος κύματος ακτινοβολίας 350-800nm.
- Λαμπτήρες UV εκκένωσης αερίου: Στηρίζουν την λειτουργία τους στην ύπαρξη ενός κυλίνδρου που περιέχει κάποιο μέταλλο, όπως ο ψευδάργυρος, με τα άκρα του κυλίνδρου συνδεδεμένα σε δύο ηλεκτρικούς ακροδέκτες. Χρησιμοποιείται για μήκος κύματος 150-800nm.
- Λάμπες UV τύπου LED: Στηρίζουν την λειτουργία τους σε ημιαγωγούς στερεάς κατάστασης που εκπέμπουν φως όταν διαρρέονται από ρεύμα. Χρησιμοποιούνται για μήκος κύματος από 250-600nm.
- Λάμπες αδρανούς αερίου ή αλογόνου: Στηρίζουν την λειτουργία τους σε ηλεκτρική εκκένωση που λαμβάνει χώρα σε αδρανές αέριο ή αλογόνο. Χρησιμοποιούνται για μήκος κύματος από 170-300nm.

Οι λάμπες υδραργύρου χρησιμοποιούνται περισσότερο για την απολύμανση UV. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην διέλευση ρεύματος μέσω ιονισμένου πλάσματος. Όταν συμβαίνει αυτό η ενεργειακή στάθμη του αλλάζει με αποτέλεσμα να εκπέμπεται φως κατά την μετάβαση αυτή. Υπάρχουν 4 είδη λαμπών υδραργύρου, οι λάμπες χαμηλής πίεσης, οι λάμπες υψηλής ισχύος εξόδου, οι λάμπες υψηλής ισχύος εξόδου με αμάλγαμα και οι λάμπες μέσης πίεσης. Στον πίνακα της εικόνας 24 φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη των λαμπών χαμηλής πίεσης(LP-Low Pressure), των λαμπών χαμηλής πίεσης υψηλής ισχύος εξόδου(LPHO-Low Pressure High output) και των λαμπών μέσης πίεσης (MP-Middle Pressure).

Characteristic	LP	LPHO*	MP
Emission	Virtually monochromatic (253.7 nm)	Virtually monochromatic (253.7 nm)	Polychromatic (185–600 nm)
Mercury vapor pressure (Pa)	0.1–10 Pa	0.1–10 Pa	50–300 kPa
Mass of mercury for a 1.2-m long lamp	~30 mg	~30–75 mg	2–4 g
Operating bulb temperature	30–50°C	60–100°C	600–900°C
Arc length (cm)	15–200	15–200	10–200
Lifetime	8,000–12,000 h	7,000–10,000 h	3,000–6,000 h
Germicidal efficiency [†]	35–40%	30–35%	12–16%
Power density (input power in watts per cm)	0.2–0.4	0.6–1.2	125–200

Εικόνα 24-Βασικά χαρακτηριστικά λαμπών UV

Το μήκος κύματος λειτουργίας για τις λάμπες χαμηλής πίεσης είναι στα 253.7 nm ενώ για τις λάμπες μέσης πίεσης στα 185-600nm. Η πίεση υπό την οποία βρίσκεται ο υδράργυρος είναι 0.1-10 Pa για τις λάμπες χαμηλής πίεσης και 50-300kPa για τις λάμπες μέσης πίεσης. Η μάζα υδραργύρου που περιέχεται σε μια λάμπα μήκους 1.2 μέτρων είναι ίση με 30mg για τις LP λάμπες, 30-75mg για τις LPHO λάμπες και 2-4g για τις MP λάμπες. Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι ίση με 30-50 βαθμούς κελσίου για τις LP, 60-100 βαθμούς κελσίου για τις LPHO και 600-900 βαθμούς κελσίου για τις MP. Το μήκος του τόξου της λάμπας είναι 15-200 εκατοστά για τις LP και LPHO και 10-200 εκατοστά για τις MP. Ο χρόνος ζωής των LP λαμπών φτάνει έως 12000 ώρες, των LPHO έως 10000 ώρες και των MP έως 6000 ώρες. Η απόδοσή τους έναντι των μικροβίων είναι 35-40% για τις LP, 30-35% για τις LPHO και 12-16% για τις MP. Η ισχύς εξόδου φτάνει έως 0.4 watt/cm για τις LP, 1.2 watt/cm για τις LPHO και 200watt/cm για τις MP.

Η επιλογή της κατάλληλης λάμπας γίνεται με βάση τις προδιαγραφές της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, οι λάμπες LP και LPHO προσφέρουν υψηλότερη απόδοση για την καταπολέμηση μικροβίων, αλλά επιλέγονται για μικρότερους ρυθμούς ροής της ακτινοβολίας. Οι MP λάμπες φτάνουν από τα 185 έως τα 600nm ενώ οι LP και LPHO είναι σχεδιασμένες για 253.7nm.

Για τον έλεγχο της ακτινοβολίας σε κάθε λάμπα UV χρησιμοποιούνται αισθητήρες UV. Αυτοί τοποθετούνται σε διάφορα σημεία εντός της λάμπας με σκοπό την συνεχή μέτρηση της ακτινοβολίας. Συνήθως οι αισθητήρες UV είναι κατασκευασμένοι από φωτο-ευαίσθητο ημιαγωγικό υλικό. Για την σωστή λειτουργία τους απαιτείται ρύθμιση (calibration) κατά την εγκατάστασή τους αλλά και ανά χρονικά διαστήματα λειτουργίας.

Στην εικόνα 25 φαίνεται μια τυπική λάμπα υδραργύρου χαμηλής πίεσης (LP).



Εικόνα 25-Λάμπα UV υδραργύρου χαμηλής πίεσης

3.2 Αυτό-Καθαριζόμενες και Αντιμικροβιακές Επιφάνειες

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί επιφάνειες που δίνουν την δυνατότητα για συνεχή απολύμανση και αντιμικροβιακή δράση. Τα πλεονεκτήματα των εν λόγω επιφανειών είναι τα εξής:

- Προσφέρουν συνεχή απολύμανση και αντιμικροβιακή δράση.
- Δεν απαιτείται προσωπικό για την καθαριότητα των επιφανειών.
- Μπορούν να σχεδιαστούν για διαφορετικές κατηγορίες και φάσματα απολύμανσης.
- Χαμηλά έως ανύπαρκτα ποσοστά τοξικότητας για τους ανθρώπους.

Οι κυριότερες προκλήσεις για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων επιφανειών είναι οι εξής:

- Υψηλή αποτελεσματικότητα για χρήση σε πολλαπλές εφαρμογές
- Κόστος παραγωγής και εγκατάστασης.
- Αντοχή μικροβίων σε επιφάνειες και ανάπτυξη ανθεκτικότητας αυτών.

Οι ενώσεις τεταρτογενούς αμμωνίου χρησιμοποιούνται για την απολύμανση επιφανειών. Η χρήση ενώσεων τεταρτογενούς αμμωνίου σε επιφάνειες τις καθιστά αντιμικροβιακές και αυτό-καθαριζόμενες καθώς μπορούν να απολυμάνουν την επιφάνεια με ανθεκτικότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με την [16] υπάρχουν εφαρμογές ενώσεων τεταρτογενούς αμμωνίου που παρουσιάζουν καταπολέμηση βακτηρίων άνω του 99% για χρονικό διάστημα έως και 15 εβδομάδες. Μάλιστα, σε πολλές εφαρμογές τα βακτήρια καταπολεμήθηκαν σε μικρό χρονικό διάστημα, έως και σε διάστημα 5 λεπτών.

Τα βαρέα μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο υδράργυρος και ο άργυρος, μπορούν να αλληλοεπιδράσουν με μικροοργανισμούς και να επηρεάσουν την αναπαραγωγή, την μορφολογία και την χημική σύστασή τους. Από τα βαρέα μέταλλα, ο άργυρος εμφανίζει την μεγαλύτερη ικανότητα για αντιμικροβιακή δράση. Χρησιμοποιείται σε ιατρικές εφαρμογές και σε ιατρικά εργαλεία. Η αποτελεσματικότητά του στηρίζεται στην διατάραξη των μεταβολικών διαδικασιών των μικροοργανισμών. Συχνά συνδυάζεται με πολυμερή για αντιμικροβιακή δράση σε διάφορα προϊόντα. Σε νοσοκομεία έχει χρησιμοποιηθεί επιφάνεια με υδατοδιαλυτό άργυρο συνδυασμένο με άλλες χημικές ουσίες για την ηλεκτροστατική αλληλεπίδρασή του με μικρόβια και βακτήρια. Ο χαλκός χρησιμοποιείται σε επιφάνειες για αντιμικροβιακή δράση σε νοσοκομειακές μονάδες αλλά και σε άλλες εφαρμογές, όπως σε κλιματιστικά, πανιά μικροϊνών, μπογιές κ.α. Πολλαπλές έρευνες [17] δείχνουν την αποτελεσματικότητα του χαλκού σε παθογενείς μικροοργανισμούς, όπως ο χρυσίζων σταφυλόκοκκος, το εσερίχια κόλι, ο εντερόκοκκος, κ.α. Η επίδραση της θερμοκρασίας και της υγρασίας επηρεάζει την αντιμικροβιακή δράση του χαλκού. Η τοξικότητα και η επίδραση στον άνθρωπο των επιφανειών που χρησιμοποιούν χαλκό για αντιμικροβιακή δράση είναι μικρή. Η χρήση αντιμικροβιακών επιφανειών με χαλκό φαίνεται να αποτελεί την καλύτερη λύση από τα βαρέα μέταλλα, με προσεκτικό και αυστηρό σχεδιασμό [18].

Το διοξείδιο του τιτανίου λειτουργεί ως αντιμικροβιακή επιφάνεια υπό την επίδραση UV ακτινοβολίας ή ακτινοβολίας στο ορατό φάσμα. Μάλιστα, ο συνδυασμός του διοξειδίου του τιτανίου με μέταλλα όπως ο άργυρος και ο ψευδάργυρος ενισχύουν τις αντιμικροβιακές ιδιότητες της επιφάνειας. Η επίδραση των παραπάνω ουσιών με τα μικρόβια είναι αργή στον χρόνο με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη μέθοδος απολύμανσης να πρέπει να χρησιμοποιείται συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές μεθόδους.

Το διοξείδιο του τιτανίου αποτελεί νανουλικό. Τα νανουλικά αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια λόγω των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων τους. Άλλα νανουλικά που

μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι το οξείδιο του ψευδαργύρου, ο μαγνητίτης, το οξείδιο του μαγνησίου, το γάλλιο, οι νανοσωλήνες άνθρακα κ.α. Στα περισσότερα νανουλικά η αντιμικροβιακή δράση στηρίζεται στην παραγωγή τοξικών ουσιών για τα βακτήρια λόγω χημικής αντίδρασης της χημικής ουσίας νανουλικού με το νερό.

3.3 Χημικές Απολυμαντικές Ουσίες

Οι βασικές χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση περιλαμβάνουν το χλώριο και τις ενώσεις χλωρίου, το οινόπνευμα, τη φορμαλδεύδη, την γλουταραλδεύδη, το υπεροξείδιο του υδρογόνου, το ιωδοφόρμιο, την ορθο-φθαλδεΐδη, το υπεροξικό οξύ και τα φαινολικά οξέα. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά αυτών.

3.3.1 Οινόπνευμα

Η αποτελεσματικότητα του οινοπνεύματος σαν απολυμαντικός παράγοντας έγκειται στην ικανότητά του να αδρανοποιεί και να μετουσιώνει πρωτεϊνικούς παράγοντες που βρίσκονται σε διάφορα βακτήρια. Η αιθυλική αλκοόλη, αραιωμένη σε ποσοστό 60 με 80 % μπορεί να επηρεάσει και αδρανοποιήσει ιούς και βακτήρια, όπως ο αδενοϊός, ο ρινοϊός, ο έρπης, το εσερίχια κόλλι, τα εντεροβακτήρια κ.α. Ωστόσο, δεν επηρεάζει ιούς όπως η ηπατίτιδα Α.

3.3.2 Χλώριο

Το χλώριο και οι ενώσεις αυτού χρησιμοποιούνται σαν απολυμαντικοί παράγοντες από τα σπίτια έως τα νοσοκομεία. Μπορούν να επηρεάσουν μεγάλη γκάμα βακτηρίων και αποτελούν μια φθηνή και γρήγορη λύση. Ακόμα και σε μικρές ποσότητες, το χλώριο μπορεί να επηρεάσει βακτήρια όπως ο σταφυλόκοκκος, η σαλμονέλα και η ψευδομονάδα.

Η αποτελεσματικότητά του είναι εμφανής από τις σημερινές χρήσεις του. Χρησιμοποιείται για την απολύμανση και καθαρισμό του νερού, τον καθαρισμό επιφανειών και δαπέδων και τον καθαρισμό διαφόρων εργαλείων στις ιατρικές εγκαταστάσεις.

3.3.3 Φορμαλδεύδη

Η φορμαλδεύδη χρησιμοποιείται σαν απολυμαντικό και αποστειρωτικό. Συνήθως χρησιμοποιείται αραιωμένη με νερό. Αποτελεί ισχυρή απολυμαντική ουσία, γι' αυτό απαιτείται προσοχή κατά την εφαρμογή της. Η αποτελεσματικότητά της έγκειται στην αδρανοποίηση βασικών πρωτεϊνικών παραγόντων. Επηρεάζει και αδρανοποιεί τον ιό της πολυμυελίτιδας, το βακτήριο της σαλμονέλας και τον ιό της φυματίωσης.

Λόγω της ισχυρής δράσης του, της έντονης μυρωδιάς του μετά την εφαρμογή και τον κίνδυνο για επαφή με τον ανθρώπινο παράγοντα, η εφαρμογή της περιορίζεται σε συγκεκριμένες ιατρικές εφαρμογές, όπως η προετοιμασία εμβολίων.

3.3.4 Γλουταραλδευδη

Η γλουταραλδεύδη αποτελεί, επίσης, μια ισχυρή απολυμαντική και αποστειρωτική ουσία. Στηρίζεται στην αδρανοποίηση αμινο-ομάδων των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια της δομής του RNA και DNA αυτών. Αραιωμένα διαλύματα γλουταραλδευδη με νερό σε ποσοστό μεγαλύτερο του 2% μπορούν να αδρανοποιήσουν τον ιό της φυματίωσης, το βακτήριο του βάκιλλου, το βακτήριο του κλωστηριδίου και διάφορα μυκοβακτήρια από διάστημα μερικών λεπτών έως κάποιων ωρών.

Η γλουταραλδευδη χρησιμοποιείται ως ισχυρό απολυμαντικό σε ιατρικές συσκευές καθώς δεν βλάπτει υλικά όπως το πλαστικό και το μέταλλο. Ωστόσο, η εφαρμογή του απαιτεί προσεκτικές οδηγίες σύμφωνα με πρωτόκολλο για την αποφυγή ανεπιθύμητων συμπτωμάτων στον ανθρώπινο παράγοντα.

3.3.5 Αραιωμένο υπεροξείδιο του υδρογόνου

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου αποτελεί ένα αποτελεσματικό απολυμαντικό που εξοντώνει τα περισσότερα βακτήρια καθώς και τους περισσότερους ιούς. Η αποτελεσματικότητά του έγκειται στην αδρανοποίηση συγκεκριμένων λειτουργιών των κυττάρων των μικροοργανισμών. Για παράδειγμα, ποσοστό 3% από υπεροξείδιο του υδρογόνου μπορεί να καταπολεμήσει τον ρινοϊό που είναι υπεύθυνος για το κοινό κρυολόγημα. Επιπλέον, αποτελεί απολυμαντικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα επιφανειών, όπως το πλαστικό, το μέταλλο και το γυαλί. Ωστόσο, σε επιφάνειες όπως το μάρμαρο απαιτείται προσοχή κατά την εφαρμογή.

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου πρέπει να χρησιμοποιείται σε χαμηλές δοσολογίες και σε συνδυασμό με νερό, αραιωμένο. Μείγμα με υπεροξείδιο του υδρογόνου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30% είναι επικίνδυνο για ερεθισμό του δέρματος, αναθυμιάσεις καθώς και εκρήξεις.

Επίσης, το υπεροξείδιο του υδρογόνου δεν πρέπει να συνδυάζεται με άλλα απολυμαντικά. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός του με χλωρίνη ή ξύδι μπορεί να οδηγήσει σε ουσίες επικίνδυνες για επαφή με το ανθρώπινο δέρμα. Επιπλέον, το υπεροξείδιο του υδρογόνου αδρανοποιείται με την έκθεση στον ήλιο. Η αποθήκευση και οι συνθήκες εφαρμογής του πρέπει να συμβαδίζουν με τα παραπάνω.

Γενικά, το υπεροξείδιο του υδρογόνου χρησιμοποιείται για την απολύμανση χώρου εφόσον δεν υπάρχουν άτομα και οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες είναι μικρές. Για την συνεχή απολύμανση με υπεροξείδιο του υδρογόνου υπάρχουν προκλήσεις τόσο για την ασφάλεια χρήσης του όσο και για την αποτελεσματικότητά του.

4. Τεχνολογίες Αυτόματης Απολύμανσης Χώρων (Automated Room Disinfection-ARD)

Η αυτόματη απολύμανση χώρων ξεκίνησε από την ανάγκη για απολύμανση νοσοκομειακών χώρων και δωματίων. Οι συμβατικές μέθοδοι καθαρισμού με χημικά απολυμαντικά από τον ανθρώπινο παράγοντα μπορεί να αποδειχθούν ανεπαρκείς. Αυτό οφείλεται, αφενός, στην επιλογή των απολυμαντικών προϊόντων και αφετέρου στην διαδικασία που ακολουθείται για τον καθαρισμό των χώρων και επιφανειών. Σε αυτή την κατεύθυνση οι τεχνολογίες αυτόματης απολύμανσης περιορίζουν την εισαγωγή του ανθρώπινου παράγοντα και των λαθών που μπορούν να προκύψουν. Επιπλέον, εγκαθίστανται συγκεκριμένο πρωτόκολλο οδηγιών για την απολύμανση και αυξάνεται η αξιοπιστία της συνολικής λειτουργίας. Γενικώς, ο κίνδυνος έκθεσης σε μικρόβια συνδέεται με πολλαπλούς παράγοντες, όπως το είδος του χώρου, τα υλικά του, τα χαρακτηριστικά των μικροβίων, τα χαρακτηριστικά του απολυμαντικού μέσου, κ.α. Τα παραπάνω μπορούν να συνηυπολογιστούν σε μια υπολογιστική μονάδα αυτόματης απολύμανσης και να οδηγήσουν σε αποδοτικό καθαρισμό χώρου. Παρακάτω περιγράφονται οι βασικές συσκευές που χρησιμοποιούνται σήμερα για αυτόματη απολύμανση.

4.1 Υπεροξειδίο του υδρογόνου σε αεροζόλ (Aerosolized Hydrogen Peroxide-aHP)

Στην εικόνα 26 φαίνεται μια συσκευή αυτόματης απολύμανσης aHP.



Εικόνα 26-Αυτόματη συσκευή απολύμανσης aHP

Η εν λόγω συσκευή χρησιμοποιεί 5-6 % υπεροξειδίο του υδρογόνου. Τα αερολυμένα σταγονίδια εισάγονται μέσα σε ένα ακροφύσιο και εξάγονται στον χώρο. Η ποσότητα που εκλύεται διαφέρει ανά εφαρμογή και

κατασκευαστή. Συνήθως δεν χρησιμοποιείται επιπλέον συσκευή στον χώρο (π.χ. ανεμιστήρας) για την απομάκρυνση των αερολυμάτων, καθώς αυτά διασπώνται και απομακρύνονται μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αποτελεί την φθηνότερη επιλογή, συγκριτικά με τις παρακάτω. Για την απολύμανση του χώρου απαιτείται κλείσιμο αυτού και απαγόρευση πρόσβασης σε άτομα. Επιπλέον, απαιτούνται αισθητήρες επιπέδου υπεροξειδίου του υδρογόνου έτσι ώστε να βεβαιωθεί ότι τα επίπεδά του είναι σε ασφαλή περιοχή για να εισέλθει στον χώρο άτομο. Ο χρόνος που απαιτείται για την απολύμανση του χώρου μπορεί να είναι από 2 έως 4 ώρες. Επιπλέον, η κατανομή του απολυμαντικού παράγοντα στον χώρο μπορεί να μην είναι ομοιόμορφη με αποτέλεσμα να μην καλύπτει τον συνολικό χώρο. Αυτό οφείλεται κυρίως στην επίδραση της βαρύτητας στο απολυμαντικό.

4.2 Σύστημα ατμού H_2O_2

Το συγκεκριμένο σύστημα φαίνεται στην εικόνα 27.



Εικόνα 27-Αυτοματοποιημένο σύστημα απολύμανσης ατμού H_2O_2

Η λειτουργία του στηρίζεται στην παραγωγή ατμού από θερμαινόμενη πηγή. Χρησιμοποιούν 30-35% υπεροξείδιο του υδρογόνου. Για την έκλυση τού χρησιμοποιείται ένας σωλήνας αερίων υψηλής ταχύτητας. Τα εμπορικά διαθέσιμα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα περιέχουν, επίσης, αισθητήρες συγκέντρωσης ουσιών, θερμοκρασίας, υγρασίας κ.α. Οι εν λόγω συσκευές μπορούν να ελέγχονται ασύρματα. Παρόμοια με τις συσκευές aHP, απαιτούνται αισθητήρες για την μέτρηση των επιπέδων H_2O_2 στον χώρο. Οι είσοδοι για τον χώρο πρέπει, επίσης, να είναι κλειστές για την αποφυγή επαφής του απολυμαντικού μέσου με τον άνθρωπο. Τα συστήματα H_2O_2 χρησιμοποιούν μια γεννήτρια παραγωγής απολυμαντικού μέσου και ένα σύστημα αερισμού για την μεταφορά του αέρα, με αποτέλεσμα να αποτελούν πιο σύνθετη μονάδα από τις υπόλοιπες του κεφαλαίου. Ο χρόνος

λειτουργίας του συστήματος μπορεί να είναι από 1.5 ώρα έως και 8 ώρες ανάλογα με το σύστημα H₂O₂ που επιλέγεται.

4.3 Σύστημα εκπομπής UV ακτινοβολίας

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα UV ακτινοβολίας στηρίζονται στην εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας με μήκος κύματος στα 254nm σε συγκεκριμένες δΟΣολογίες (π.χ. 12000μWs/cm²). Υπάρχουν μηχανήματα συνεχούς εκπομπής ακτινοβολίας αλλά και παλμικής μη συνεχόμενης. Παρόμοια με τις υπόλοιπες συσκευές, περιέχονται αισθητήρες ακτινοβολίας, θερμοκρασίας, υγρασίας, και ασύρματα συστήματα χειρισμού. Στην εικόνα 28 φαίνεται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα απολύμανσης συνεχούς εκπομπής, ενώ στην εικόνα 29 φαίνεται ένα σύστημα παλμικής εκπομπής ακτινοβολίας.



Εικόνα 28-Αυτοματοποιημένο σύστημα απολύμανσης συνεχούς εκπομπής UV ακτινοβολίας



Εικόνα 29-Αυτοματοποιημένο σύστημα απολύμανσης παλμικής μη συνεχόμενης εκπομπής UV ακτινοβολίας

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων που περιεγράφηκαν.

The “ideal” NTD system	Aerosolized hydrogen peroxide (aHP)	H ₂ O ₂ vapor	UVC	Pulsed xenon UV (PX-UV)
Short cycle time (<1 h)	✗	✗	✓	✓
High level of microbial efficacy (6-log sporicidal reduction)	✗/✓	✓	✗	✗
Pathogens not culturable from surfaces after the cycle	✗	✓	✗	✗
Easy to operate	✓	✗	✓	✓
Fully automated operation	✓	✓	✗/✓	✗
Immediate room entry available ^a	✗	✗	✓	✓
No requirement of room sealing	✗	✗	✓	✓
Homogeneous distribution	✗	✓	✗	✗
Evidence of clinical impact	✗/✓	✓	✓	✗/✓

Εικόνα 30-Χαρακτηριστικά αυτοματοποιημένων συστημάτων απολύμανσης

Τα συστήματα aHP έχουν υψηλή απολυμαντική ικανότητα είναι εύχρηστα και αποδεδειγμένα κλινικά για την αποτελεσματικότητά τους. Ωστόσο απαιτούν αρκετή ώρα για την λειτουργία τους. Τα συστήματα ατμού H₂O₂ είναι πιο δύσκολα στην χρήση. Ωστόσο, καλύπτουν μεγαλύτερο χώρο και έχουν υψηλή και κλινικά αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα. Τα συστήματα ακτινοβολίας UVC και UV παλμού έχουν μικρότερο κύκλο λειτουργίας συγκριτικά με τα προηγούμενα, είναι

εύκολα στην χρήση, δεν απαιτούν κλείσιμο του χώρου για απολύμανση και είναι κλινικά αποδεδειγμένη η αποτελεσματικότητά τους.

5. Σχεδιασμός Αυτοματοποιημένου Συστήματος Απολύμανσης ATM

Στο παρόν κεφάλαιο σχεδιάζεται ένα σύστημα αυτόματης απολύμανσης/αντισηψίας μιας αυτόματης ταμειακής μηχανής για τον περιορισμό της επαφής του χρήστη με βακτήρια και ιούς. Αρχικά ορίζονται οι προδιαγραφές του συστήματος με βάση την δομή ενός σύγχρονου ATM και τα πιθανά σενάρια έκθεσης του χρήστη σε μικρόβια. Στη συνέχεια με βάση τις προδιαγραφές επιλέγεται το σύστημα που πληροί τις προϋποθέσεις. Καθορίζονται οι παράμετροι του συστήματος και υλοποιείται ο αλγόριθμος λειτουργίας. Για την σωστή λειτουργία του συστήματος και την εξέλιξη των ήδη υπάρχοντων τεχνολογιών αυτόματης απολύμανσης προτείνονται υποσυστήματα για την βελτίωσή τους.

5.1. Προδιαγραφές Συστήματος

Μια αυτόματη ταμειακή μηχανή μπορεί να είναι τοποθετημένη είτε σε εξωτερικό χώρο είτε σε εσωτερικό, μέσα σε χώρο μικρών διαστάσεων (κεφ. 1.4.) Στις εικόνες φαίνονται ενδεικτικά δύο διαφορετικές μορφές των ATM, εξωτερικού και εσωτερικού χώρου

Για κάθε σύστημα ATM οι προδιαγραφές ορίζονται διαφορετικά. Σε ATM εξωτερικού χώρου, ο αέρας ανανεώνεται συνεχώς. Η επαφή του ανθρώπου με επιφάνειες περιορίζεται στην επαφή με πλήκτρα, οθόνη και χαρτονομίσματα. Στα ATM εσωτερικού χώρου, η επαφή του ανθρώπου σχετίζεται με τα παραπάνω αλλά και με την πόρτα εισόδου και τα μέρη της ενώ ο αέρας δεν ανανεώνεται συνεχώς και πρέπει να υπάρχει σύστημα εξαερισμού. Επιπλέον, ανάλογα με τον χρόνο παραμονής του στον χώρο, ο ανθρώπινος παράγοντας επηρεάζει και επηρεάζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στον δωμάτιο. Συνεπώς απαιτείται, επιπλέον, σύστημα καθαρισμού του αέρα ή απολύμανσης.

Η συχνή επαφή του χρήστη με τις επιφάνειες του ATM καθορίζει αυστηρές προδιαγραφές όσον αφορά την δράση του απολυμαντικού μέσου και την επίδρασή του στον άνθρωπο. Το απολυμαντικό μέσο οφείλει να απολυμαίνει επαρκώς τις επιφάνειες χωρίς να προκαλεί ανεπιθύμητα αποτελέσματα στον χρήστη. Φυσικά η απολύμανση του ATM πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα αλλά και σε σύντομα χρονικά διαστήματα καθώς η χρήση τους είναι συχνή καθόλην την διάρκεια της μέρας.

Καθώς, οι χώροι εγκατάστασης και λειτουργίας των αυτόματων ταμειακών μηχανών είναι περιορισμένοι, το σύστημα απολύμανσης πρέπει να τοποθετηθεί σε

συγκεκριμένο σημείο έτσι ώστε να καλύπτει όλες τις επιθυμητές επιφάνειες. Βασικές απαιτήσεις είναι ο μικρός όγκος και το μικρό βάρος.

Σε πολλές εφαρμογές είναι επιθυμητό να λειτουργεί το σύστημα με όσο τον δυνατόν λιγότερη καταναλισκόμενη ενέργεια, με μικρό έως ανύπαρκτο θόρυβο λειτουργίας και με περιορισμένη επαφή του ανθρώπου. Συνεπώς το σύστημα που θα εγκατασταθεί πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικό, μη κοστοβόρο, με χαμηλό θόρυβο λειτουργίας και 'έξυπνα' εγκατεστημένο.

Το σύστημα προς υλοποίηση πρέπει να μετρά διάφορες παραμέτρους λειτουργίας του καθώς και του χώρου που βρίσκεται. Συνεπώς, η τοποθέτησή του πρέπει να είναι κατάλληλη για την άντληση των μετρήσεων. Επιπλέον, πρέπει να συγκεντρώνει αρκετούς αισθητήρες που επικοινωνούν μεταξύ τους για την αποστολή και λήψη των απαραίτητων μετρήσεων.

Με βάση τα παραπάνω ορίζονται οι εξής προδιαγραφές του συστήματος προς υλοποίηση:

1. Απολύμανση σε μεγάλο εύρος βακτηρίων και ιών
2. Απολύμανση με ασφάλεια ως προς τον χρήστη
3. Απολύμανση με κάλυψη όλου του επιθυμητού χώρου
4. Μικρός όγκος, μικρό βάρος, ευκολά προσαρμόσιμο σύστημα
5. Χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας
6. 'Έξυπνη Λειτουργία'
7. Εισαγωγή αισθητήρων και πρωτόκολλων επικοινωνίας για βελτιωμένη επιτήρηση του συστήματος και του χώρου.

5.2. Επιλογή τεχνολογίας απολύμανσης

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, η τεχνολογία απολύμανσης πρέπει να συγκεντρώνει χαρακτηριστικά όπως μεγάλο εύρος απολύμανσης βακτηρίων και ιών, μικρή έως μηδαμινή επίδραση στον ανθρώπινο παράγοντα, εύκολη προσαρμογή και κάλυψη επαρκούς χώρου. Με βάση τις προδιαγραφές, η τεχνολογία UV συγκεντρώνει τα περισσότερα χαρακτηριστικά που τις καλύπτουν.

Ανατρέχοντας στην εικόνα 23, παρατηρούμε ότι η τεχνολογία UV εφαρμόζεται με μικρούς κύκλους λειτουργίας και μπορεί να λειτουργεί πλήρως αυτοματοποιημένα. Αποτελεί τεχνολογία που μπορεί να αξιοποιηθεί για κατασκευές μικρού μεγέθους και μπορεί να προσαρμοστεί σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές.

Εφαρμογές απολύμανσης που χρησιμοποιούν την τεχνολογία UV μπορεί να είναι φορητές συσκευές όπως στις εικόνες 21,22 ή λάμπες όπως στην εικόνα 18. Η τοποθέτηση αυτών των συστημάτων δεν απαιτεί ιδιαίτερη τεχνογνωσία και μπορεί να προσαρμοστεί στον χώρο που στεγάζεται ένα ATM.

Επιπλέον, η τεχνολογία UV μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλήθος βακτηρίων και ιών, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.1. Με την σωστή επιλογή των

χαρακτηριστικών του συστήματος μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική αδρανοποίηση των μικροβίων και επαρκής απολύμανση του χώρου.

Η τεχνολογία UV δεν απαιτεί ιδιαίτερα εξειδικευμένη γνώση. Ο χρήστης ή ο συντηρητής του συστήματος μπορεί μέσω απλών οδηγιών να ελέγξει και να επιτηρήσει την σωστή λειτουργία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για εφαρμογές που εμπλέκουν υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια.

Συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες αυτοματοποιημένης απολύμανσης (κεφ.4), δεν απαιτείται πλήρης απαγόρευση εισόδου στον χώρο που απολυμαίνεται. Μάλιστα, η απολύμανση μπορεί να είναι συνεχής, δεδομένου ότι έχει σχεδιαστεί ορθά το σύστημα.

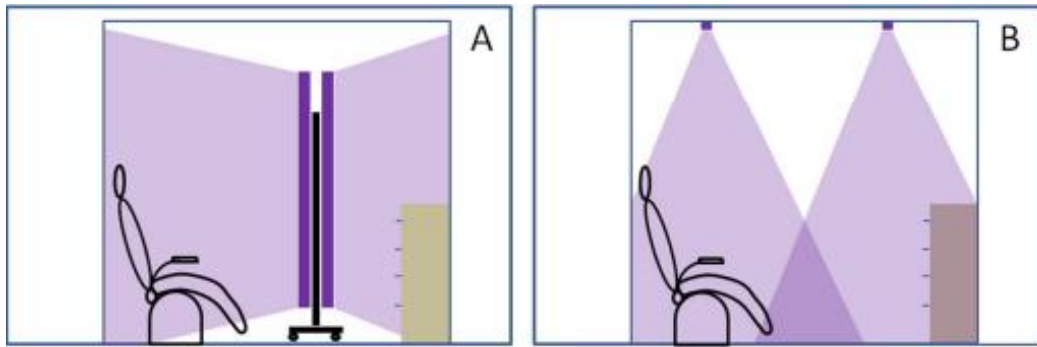
Ο έλεγχος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας μπορεί να γίνει ελέγχοντας μόνο την τροφοδοσία του συστήματος. Αυτό είναι χρήσιμο και απλό για την υλοποίηση του επιθυμητού αλγορίθμου ελέγχου.

Η απολύμανση με UV ακτινοβολία δεν εμπλέκει την χρήση χημικών ουσιών. Έτσι, ο χρήστης δεν έρχεται σε επαφή με χημικά και σε περίπτωση αστοχίας του συστήματος δεν υπάρχει κίνδυνος επαφής με επικίνδυνες χημικές ουσίες. Μάλιστα, με τον έλεγχο της τροφοδοσίας του συστήματος, μπορεί να διακοπεί τελείως η λειτουργία διασφαλίζοντας την ασφάλεια του χρήστη.

5.3. Δομή του συστήματος-Τοποθέτηση Συστήματος

Για τον σχεδιασμό του συστήματος επιλέχθηκε αρχικά η δομή του ATM εσωτερικού χώρου της εικόνας 25. Δεδομένου ότι ο χώρος είναι κλειστός αρκετές ώρες και δεν υπάρχει συνεχής ροή αέρα όπως στους εξωτερικούς χώρους, η ανάγκη για απολύμανση αυτού είναι εντονότερη. Για την απολύμανση του χώρου, προτείνεται εγκατάσταση λαμπών UV. Για την τοποθέτηση των λαμπών πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι πιθανές επιφάνειες μεγάλης συγκέντρωσης μικροβίων, η κίνηση και η θέση του χρήστη στον χώρο, ο τύπος της λάμπας και οι πιθανές θέσεις τοποθέτησης αυτής.

Όσον αφορά την τοποθέτηση των λαμπών UV, χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα από την εργασία [22]. Δύο πιθανές τοποθετήσεις των λαμπών UV στον χώρο φαίνονται στην εικόνα 31.



Εικόνα 31-Πιθανές τοποθετήσεις λαμπών UV

Καθώς οι επιφάνειες προς απολύμανση είναι συγκεκριμένες και αφορούν περισσότερο τις επιφάνειες του ATM καθώς και την πόρτα εισόδου του χώρου που στεγάζεται είναι πιο αποδοτικό να χρησιμοποιηθούν οι λάμπες της τοποθέτησης Β. Ειδικότερα, μπορεί να τοποθετηθεί λάμπα UV πάνω από το ATM σε κατεύθυνση προς την οθόνη και τα πλήκτρα διεπαφής και λάμπα UV πάνω από την πόρτα εισόδου με κατεύθυνση στις λαβές.

Ακόμα και στα ATM εξωτερικού χώρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί λάμπα άνωθεν του ATM με κατεύθυνση τα σημεία συγκέντρωσης μικροβίων, πλήκτρα και οθόνη.

Παράλληλα με τις λάμπες UV, προτείνεται η χρήση μικρών λαμπών εκπομπής UV. Ειδικότερα, μπορούν να τοποθετηθούν κυκλικά των πλήκτρων και της οθόνης του ATM πλαίσια εκπομπής UV όπως αυτό της εικόνας 32. Ανάλογα με την προσέγγιση και την παρουσία ή όχι του χρήστη στο ATM πρέπει να ελέγχεται η εκπομπή UV.



Εικόνα 32-Μικρές λάμπες UV τοποθετημένες σε πληκτρολόγιο

Μάλιστα το ίδιο σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί στην θυρίδα εξόδου των μετρητών στο ATM. Έτσι, παρέχεται επιπλέον απολύμανση των χαρτονομισμάτων που εξάγονται από το μηχάνημα, που μπορεί να αποτελούν πηγές μικροβίων.

Φυσικά, πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο παράγοντας της ασφάλειας καθώς τα χαρτονομίσματα λαμβάνονται άμεσα από τον χρήστη και έρχονται σε επαφή με το δέρμα.

Για την επιλογή της κατάλληλης λάμπας UV ο υπολογισμός ξεκινά από τον πίνακα που δείχνει την απαιτούμενη δόση UV ακτινοβολίας για την αδρανοποίηση των διάφορων βακτηρίων, ιών και πρωτόζωων. Επιλέγοντας τιμή $100 \frac{mJ}{cm^2}$ καλύπτεται η αδρανοποίηση των αναγραφόμενων βακτηρίων και πλήθους ιών. Από τον παρακάτω τύπο εξάγεται η τιμή του ρυθμού ροής UV και επιλέγεται η ανάλογη λάμπα εκπομπής UV:

$$\text{Δόση UV} \left(\frac{mJ}{cm^2} \right) = \text{Ρυθμός Ροής UV} \left(\frac{mW}{cm^2} \right) * \text{Χρόνος Έκθεσης σε UV} (s)$$

Για παράδειγμα, για $100 \frac{mJ}{cm^2}$ και χρόνο έκθεσης 20 δευτερολέπτων προκύπτει ρυθμός ροής ίσος με $10 \frac{mW}{cm^2}$. Με βάση τον ρυθμό ροής που προέκυψε μπορεί να επιλεγεί λάμπα από τις εμπορικά διαθέσιμες.

Για την μέτρηση των διάφορων μεγεθών, όπως ακτινοβολίας και την ανίχνευση ατόμων στο χώρο πρέπει να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες. Για την μέτρηση της ακτινοβολίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε αισθητήρες φωτο-διόδων είτε αισθητήρες φωτο-αντίσταση. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούν φωτοδιόδους αξιοποιούν την ακτινοβολία του φωτός που πέφτει πάνω στον αισθητήρα. Όταν πέφτει φως πάνω στην φωτοδίοδο, προκαλείται κίνηση ηλεκτρονίων και συνεπώς ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Ανάλογα με την ροή της ακτινοβολίας μεταβάλλεται η ροή του ρεύματος. Οι αισθητήρες που στηρίζονται σε φωτοαντιστάσεις αξιοποιούν την ακτινοβολία που πέφτει πάνω σε μια φωτοαντίσταση. Το φως που πέφτει πάνω στο στοιχείο μεταφράζεται σε μια μεταβολή στην αντίσταση του. Με την μεταβολή της ροής της ακτινοβολίας μεταβάλλεται η αντίσταση του στοιχείου. Η επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας προς ανίχνευση, την επιθυμητή ακρίβεια, την ισχύ, το βάρος και το μέγεθος της κατασκευής και την επιθυμητή θερμοκρασία λειτουργίας. Στην εικόνα 33 φαίνεται μια φωτοδίοδος ανίχνευσης ακτινοβολίας.



Εικόνα 33-Φωτοδίοδος

Για την ανίχνευση του χρήστη πρέπει να τοποθετηθούν αισθητήρες ανίχνευσης παρουσίας. Η τοποθέτηση τους πρέπει να γίνει κοντά στην πόρτα εισόδου (για τα ATM εσωτερικού δωματίου) και κοντά ή πάνω στο ATM. Για την ανίχνευση κίνησης χρησιμοποιούνται αισθητήρες υπέρυθρων (Infrared Sensors). Οι αισθητήρες υπέρυθρων διακρίνονται σε ενεργητικούς και παθητικούς. Οι ενεργητικοί αισθητήρες εκπέμπουν και δέχονται ένα σήμα υπέρυθρης ακτινοβολίας. Όταν βρεθεί εμπόδιο μπροστά σε αυτό το σήμα, ανιχνεύεται από τον αισθητήρα και δίνεται ενδεικτικό σήμα ότι υπάρχει κίνηση στον χώρο. Οι παθητικοί αισθητήρες δέχονται σήματα, που εκπέμπονται από κάθε οργανισμό. Για παράδειγμα, μπορούν να δεχτούν θερμικά σήματα ή σήματα δόνησης, που υποδεικνύουν κίνηση στον χώρο. Στην εικόνα 34 φαίνεται ένας υπέρυθρος αισθητήρας κίνησης.



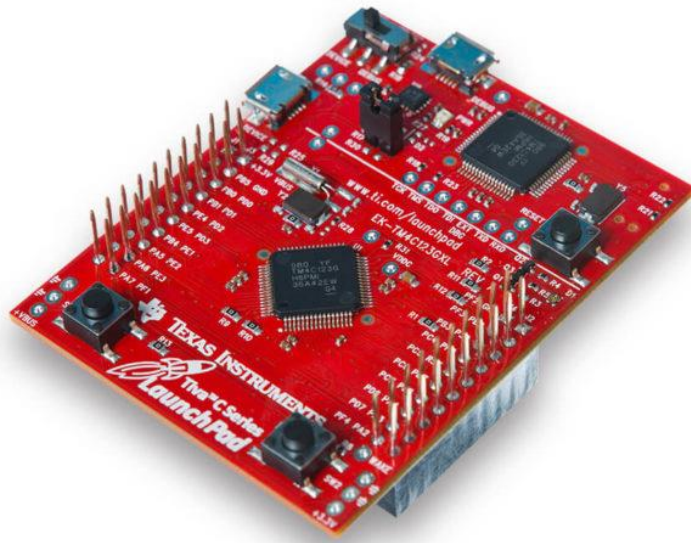
Εικόνα 34-Αισθητήρας Κίνησης

Για την μέτρηση των συνθηκών στο χώρο είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν θερμίστορ, αντιστάσεις ανίχνευσης θερμοκρασίας(RTD), ή thermocouple. Για την ανίχνευση των επιπέδων υγρασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες σχετικής υγρασίας ή απόλυτης. Οι αισθητήρες σχετικής υγρασίας συγκρίνουν την μετρούμενη τιμή με την αναμενόμενη για την θερμοκρασία περιβάλλοντος ενώ οι αισθητήρες απόλυτης τιμής δεν χρησιμοποιούν την υπάρχουσα θερμοκρασία. Στην εικόνα 35 φαίνεται ένας αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας.



Εικόνα 35-Αισθητήρας θερμοκρασίας

Τα παραπάνω συστήματα αντλούν μετρήσεις, οι οποίες θα πρέπει να φτάσουν στην πλακέτα ελέγχου για την υλοποίηση του αλγορίθμου ελέγχου του συστήματος. Ως πλακέτα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μικροελεγκτής Tiva-C Launchpad της Texas, της εικόνας 36.



Εικόνα 36-Μικροελεγκτής TIVA-C

Με την εισαγωγή πολλαπλών αισθητήρων, το σύστημα εισάγεται στην κατηγορία των συστημάτων IoT (Internet Of Things). Με την εισαγωγή συνδεσιμότητας, έτσι ώστε ο έλεγχος του συστήματος και οι μετρήσεις αυτού να είναι προσβάσιμες από απόσταση, το σύστημα αποκτά επιπλέον δυνατότητες. Πιο συγκεκριμένα, με την χρήση πλακέτας επέκτασης Wi-Fi, όπως το Esp8266 της εικόνας 37, παρέχεται η δυνατότητα αποστολής των μετρήσεων και της λειτουργικότητας του συστήματος σε έναν κεντρικό υπολογιστή ή ακόμα και σε ένα cloud συλλογής δεδομένων.

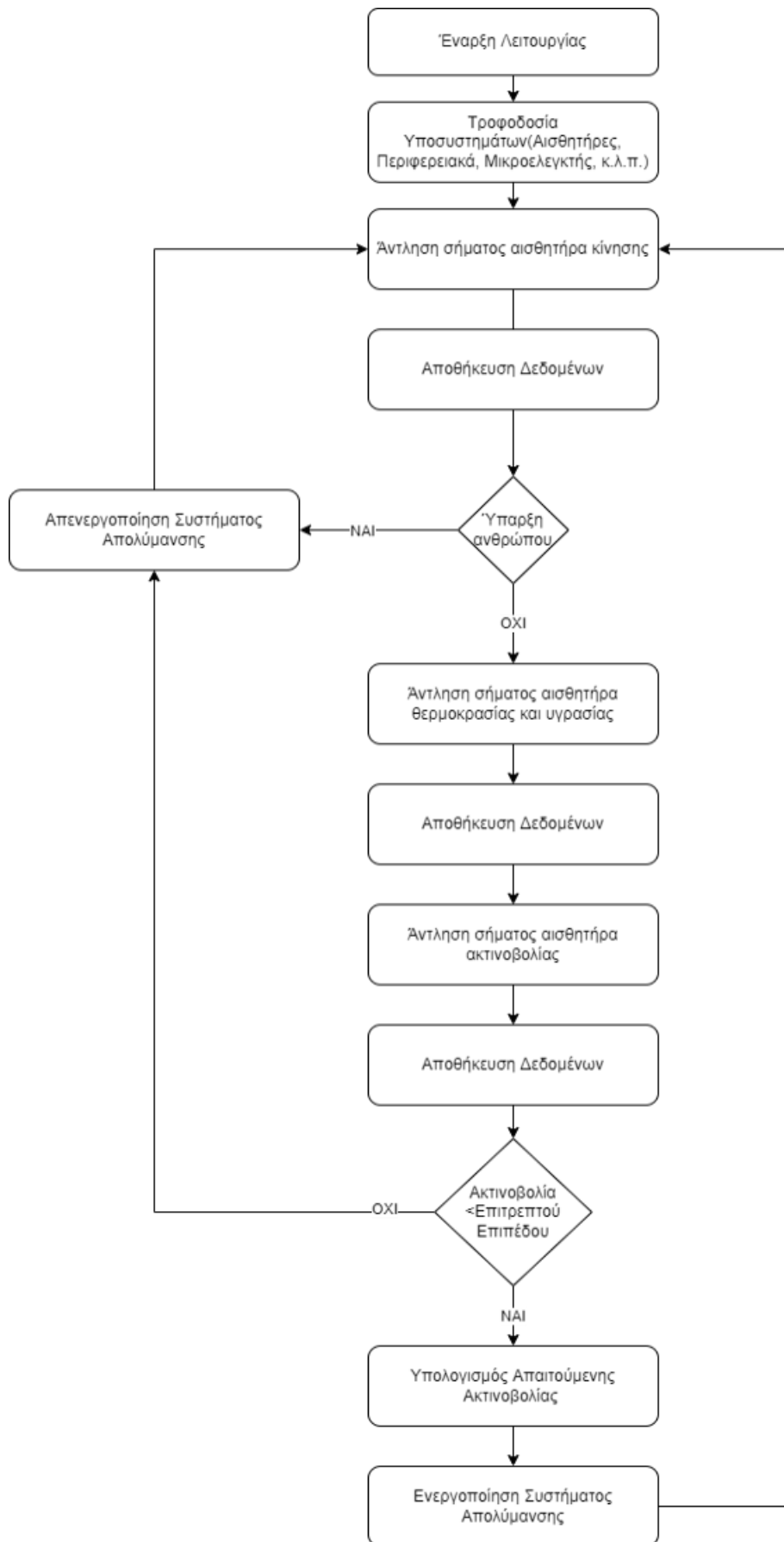


Εικόνα 37-ESP8266

5.4. Σχεδιασμός αλγορίθμου ελέγχου του συστήματος

Ο έλεγχος του συστήματος πρέπει να είναι αξιόπιστος και να λαμβάνει υπόψιν τις διάφορες μετρήσεις στον χώρο για την σωστή τροφοδοσία των λαμπών UV και την απολύμανση του χώρου. Για τον έλεγχο του συστήματος σχεδιάστηκε αλγόριθμος ελέγχου μπορεί να προσαρμοστεί είτε σε εσωτερικό είτε σε εξωτερικό χώρο. Οι προδιαγραφές του συστήματος που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για τον έλεγχο είναι οι εξής:

- Παρουσία ανθρώπου στον χώρο
- Συνθήκες χώρου (θερμοκρασία και υγρασία)
- Επίπεδα ακτινοβολίας στον χώρο
- Επαρκής Χρόνος Απολύμανσης
- Ένταση Ακτινοβολίας
- Συλλογή και αποστολή δεδομένων σε κεντρικό σύστημα



Εικόνα 38-Αλγόριθμος ελέγχου συστήματος απολύμανσης

Στην εικόνα 38 φαίνεται ο αλγόριθμος ελέγχου του συστήματος απολύμανσης. Αρχικά ενεργοποιείται το σύστημα και οι τροφοδοσίες των διαφόρων υποσυστημάτων αυτού. Στη συνέχεια αντλείται το σήμα από τον αισθητήρα κίνησης για την ανίχνευση παρουσίας ανθρώπου στο χώρο. Τα σήματα που αντλούνται από τον αισθητήρα μπορούν να αποθηκευτούν ή να σταλούν σε έναν κεντρικό υπολογιστή μέσω της συνδεσιμότητας του συστήματος. Εφόσον δεν υπάρχει άνθρωπος στον χώρο, ο ελεγκτής αντλεί τα σήματα των αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας έτσι ώστε να καθοριστεί μια συνολική εικόνα για το περιβάλλον του χώρου. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συμπεριληφθούν στη συνέχεια για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ακτινοβολίας για απολύμανση. Τα σήματα των αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας αποθηκεύονται ή στέλνονται παρόμοια με τους υπόλοιπους αισθητήρες.

Στη συνέχεια αντλείται το σήμα από τον αισθητήρα ακτινοβολίας, το οποίο αποθηκεύεται ή στέλνεται. Εφόσον η τιμή της ακτινοβολίας βρίσκεται κάτω από ένα συγκεκριμένο επιτρεπτό όριο, υπολογίζεται η αναγκαία ακτινοβολία για την απολύμανση του χώρου και ενεργοποιείται το σύστημα απολύμανσης. Ο υπολογισμός της ακτινοβολίας γίνεται με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ακτινοβολίας. Μάλιστα μπορούν να αποθηκευτούν προκαθορισμένες καμπύλες θερμοκρασίας και υγρασίας συναρτήσει της ακτινοβολίας, έτσι ώστε ανάλογα με την υπάρχουσα συνθήκη στον χώρο να γίνεται εκπομπή της ανάλογης τιμής ακτινοβολίας.

Με την ενεργοποίηση του συστήματος, ο ελεγκτής επιστρέφει στην αρχική οδηγία για έλεγχο του αισθητήρα κίνησης. Αυτό γίνεται για να είναι δυνατή η διακοπή του συστήματος σε περίπτωση που ανιχνευθεί παρουσία ανθρώπου στο χώρο. Η απενεργοποίηση του συστήματος γίνεται στην περίπτωση παρουσίας ανθρώπου και στην περίπτωση που η ακτινοβολία έχει ξεπεράσει την επιτρεπτή στάθμη.

5.5. Ασφάλεια και Αξιοπιστία του Συστήματος

Το σύστημα απολύμανσης οφείλει να είναι αξιόπιστο και ασφαλές καθώς εμπλέκει την χρήση απολυμαντικών μέσων, όπως η UV ακτινοβολία, και τα οποία μπορεί να είναι βλαβερά για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στον χρόνο εφαρμογής και στην δόση ακτινοβολίας UV. Ο χρόνος εφαρμογής θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερος και η δόση ακτινοβολίας ελάχιστη και τέτοια ώστε η απολύμανση να είναι επαρκής.

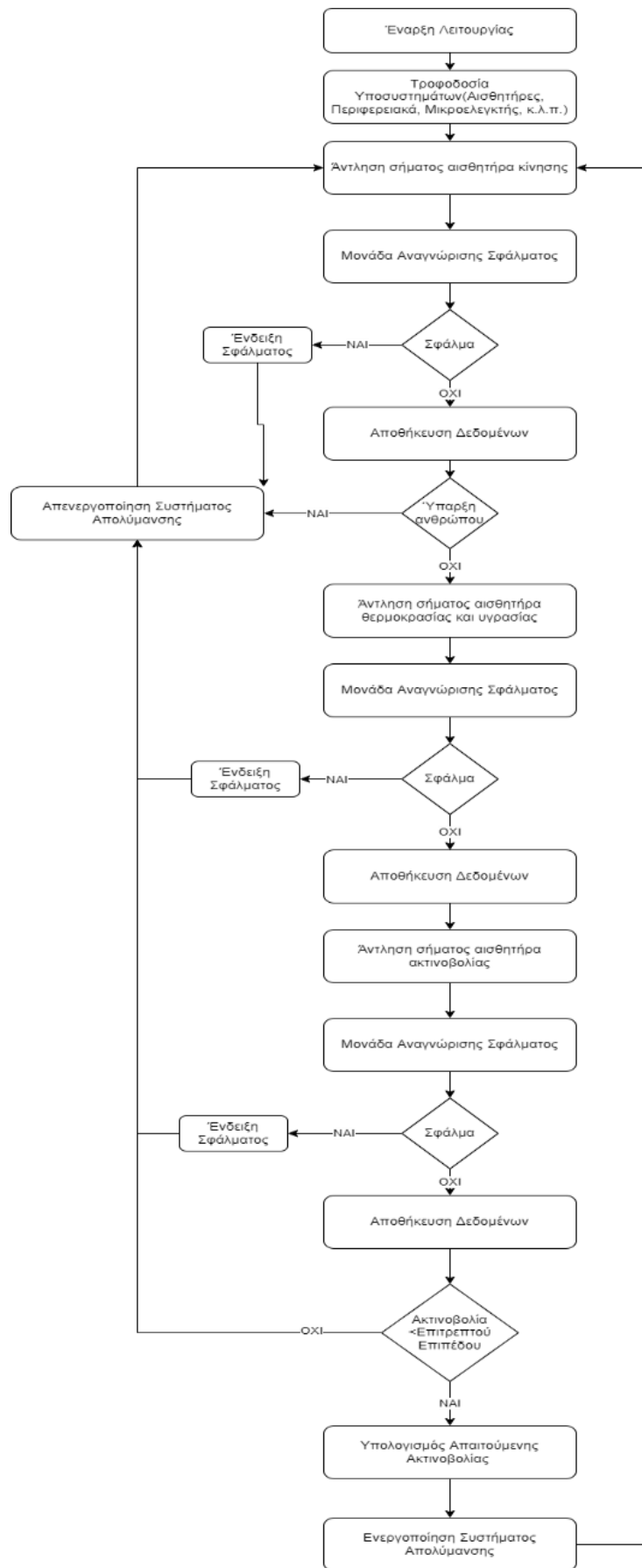
Σε περίπτωση αστοχίας των αισθητήρων, μπορούν να προκύψουν πολλαπλά σενάρια μη σωστής λειτουργίας του συστήματος. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον αλγόριθμο ελέγχου του κεφαλαίου 5.4, σε περίπτωση που έχει ενεργοποιηθεί το σύστημα απολύμανσης και εκπέμπεται ακτινοβολία UV, αν αστοχήσει ο αισθητήρας κίνησης και δεν λάβει υπόψιν την παρουσία του ανθρώπου, τότε αυτός θα εκτεθεί σε επιβλαβή για την υγεία ακτινοβολία.

Η αξιοπιστία του συστήματος μπορεί να ενισχυθεί με διάφορους τρόπους:

- Προσθήκη αισθητήρων υψηλής αξιοπιστίας
- Προσθήκη πολλαπλών αισθητήρων για την ίδια λειτουργία (πλεονασμός)
- Σχεδιασμός ελέγχου με ανίχνευση και απομόνωση σφαλμάτων
- Σχεδιασμός ελέγχου με ανοχή σε σφάλματα

Οι αισθητήρες υψηλής αξιοπιστίας αποτελούν την εύκολη λύση, αλλά αυξάνουν σημαντικά το κόστος του συνολικού συστήματος. Η χρήση πολλαπλών αισθητήρων, μπορεί να αυξήσουν επίσης το κόστος αλλά μειώνουν και την τελική αξιοπιστία του συστήματος καθώς πολλαπλασιάζονται τα σφάλματα που μπορούν να συμβούν στο συνολικό σύστημα. Ο σχεδιασμός του ελέγχου με δυνατότητες ανίχνευσης σφαλμάτων αποτελεί αποδοτική λύση καθώς δεν χρειάζεται την εισαγωγή επιπλέον στοιχείων.

Για την εισαγωγή δυνατοτήτων διάγνωσης σφαλμάτων του συστήματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια απλή λογική ελέγχου του σήματος του αισθητήρα. Σε περίπτωση που το σήμα που λαμβάνεται από έναν αισθητήρα ξεπερνά κάποιες 'λογικές' και αναμενόμενες τιμές τότε ο ελεγκτής μπορεί να υποδείξει την ύπαρξη σφάλματος. Για παράδειγμα στον αισθητήρα θερμοκρασίας πάρα πολύ υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να είναι δείκτης σφάλματος. Προφανώς, ο σχεδιασμός του ελέγχου με την ικανότητα διάγνωσης πρέπει να λάβει υπόψιν την λειτουργία όλων των υποσυστημάτων, των πιθανών σφαλμάτων που μπορεί να προκύψουν καθώς και την λειτουργία του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος. Πρόκληση βέβαια, αποτελεί και η αποφυγή εσφαλμένων ενδείξεων σφαλμάτων, δηλαδή η λανθασμένη ανίχνευση σφαλμάτων. Στην εικόνα 39 φαίνεται ο αλγόριθμος ελέγχου με την προσθήκη μονάδων αναγνώρισης σφαλμάτων.



Εικόνα 39-Αλγόριθμος ελέγχου συστήματος απολύμανσης με δυνατότητες διάγνωσης σφαλμάτων

5.6. Κοστολόγηση Συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο συγκεντρώθηκαν τα υλικά του συστήματος και έγινε μια εκτίμηση του συνολικού κόστους του συστήματος. Στο σύστημα έχουν προστεθεί περισσότερα των απαιτούμενων αισθητήρων έτσι ώστε να υπάρχει πλεονασμός. Ο πλεονασμός είναι απαραίτητος για την απομόνωση σφαλμάτων και την λειτουργία του συστήματος σε περίπτωση που προκύψει σφάλμα. Για παράδειγμα, σε περίπτωση αστοχίας του ενός αισθητήρα κίνησης πρέπει να λειτουργήσει ο δεύτερος για να έχουμε πληροφορία σχετικά με την ύπαρξη ατόμου στο χώρο. Διαφορετικά το σύστημα UV μπορεί να λειτουργεί κανονικά με την υπόθεση ότι δεν υπάρχει άτομο στο χώρο, δημιουργώντας αυξημένο κίνδυνο έκθεσης του χρήστη σε UV ακτινοβολία.

Στον πίνακα φαίνονται συγκεντρωμένα τα υλικά του συστήματος το κόστος του καθενός και το συνολικό κόστος.

Υποσύστημα	Ποσότητα	Κόστος (€)
Λάμπα UV	3	3*30=90
Μικροελεγκτής	1	25*1=25
Επέκταση Μικροελεγκτής Wi-Fi	1	10*1=10
Αισθητήρας Κίνησης	2	2*10=20
Αισθητήρας Ακτινοβολίας	2	2*8=16
Αισθητήρας Θερμοκρασίας	2	2*10=20
Αισθητήρας Υγρασίας	2	2*11=22
Συνολικό Σύστημα	13	203

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό του κόστους του συστήματος δεν έχουν συμπεριληφθεί τα μηχανικά μέρη του και τα υπόλοιπα αναλώσιμα υλικά που μπορεί να χρειαστούν για την λειτουργία του.

Το κόστος εγκατάστασης ενός κοινού ATM μπορεί να φτάσει από 10 έως και 50 φορές την αξία του συστήματος απολύμανσης. Συνεπώς η εγκατάσταση του συστήματος απολύμανσης δεν επιβαρύνει σημαντικά το συνολικό κόστος. Επιπρόσθετα, αν αναλογιστούμε τις υπηρεσίες και την ασφάλεια που προσφέρει στην υγεία του ατόμου η λειτουργική του αξία αυξάνεται. Συγχρόνως, ο χρήστης που γνωρίζει ότι η συσκευή που θα χρησιμοποιήσει δεν εμπεριέχει κινδύνους μόλυνσης μπορεί ευκολότερα να εξυπηρετηθεί.

5.7. Παρατηρήσεις

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μελέτη και σχεδιασμός ενός αυτόματου συστήματος απολύμανσης και αντισηψίας αυτόματης ταμειακής μηχανής (ΑΤΜ). Παρακάτω παρατίθενται τα σημαντικότερα συμπεράσματα και παρατηρήσεις από την εκπόνηση της εργασίας:

- Η εξωτερική δομή των ΑΤΜ έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια και εμπεριέχει πολλαπλές υπηρεσίες. Σήμερα υπάρχουν ΑΤΜ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, σε πολλαπλούς χώρους.
- Τα εγκατεστημένα ΑΤΜ στην Ελλάδα είναι περίπου 4791. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάληψη και αποστολή χρημάτων.
- Τα πλήκτρα, η οθόνη και οι επιφάνειες των ΑΤΜ μπορούν να γίνουν πηγές μετάδοσης μικροοργανισμών, βακτηρίων και ιών όπως ο COVID-19. Τα παραπάνω μπορούν να επιβιώσουν από μερικά λεπτά έως και αρκετές ημέρες.
- Οι συσκευές αυτόματης απολύμανσης χώρων που υπάρχουν στην αγορά χρησιμοποιούν κυρίως UV ακτινοβολία. Αποτελούν δραστικές και αποτελεσματικές συσκευές αλλά είναι ογκώδεις και μπορεί να είναι πολύπλοκες στην λειτουργία τους.
- Με την κατάλληλη επιλογή ακτινοβολίας UV και λαμπών UV καθώς και με τον έλεγχο αυτών είναι δυνατή η απολύμανση μεγάλου εύρους βακτηρίων και μικροβίων.
- Το αυτοματοποιημένο σύστημα απολύμανσης που σχεδιάστηκε περιλαμβάνει πολλαπλούς αισθητήρες(θερμοκρασίας, υγρασίας, ακτινοβολίας, κίνησης) που λαμβάνουν ταυτόχρονα πολλαπλές μετρήσεις και είναι χαμηλοί σε κόστος.
- Ο αλγόριθμος ελέγχου μπορεί να υλοποιηθεί σε μικροελεγκτή χαμηλό σε κόστος. Είναι προσαρμόσιμος σε αλλαγές και περιλαμβάνει και δυνατότητες διάγνωσης σφαλμάτων και λαθών.
- Το αυτοματοποιημένο σύστημα απολύμανσης περιέχει δυνατότητες συνδεσιμότητας μέσω Wi-Fi. Έτσι, δίνει την δυνατότητα για συνεχή επιτήρηση του συστήματος, αύξηση της αξιοπιστίας και αποφυγή κρίσιμων λαθών.

Βιβλιογραφία

- [1] Payments statistics (full report) - payments statistics - payments statistics - reports - ECB Statistical Data Warehouse. (n.d.). Retrieved from <https://sdw.ecb.europa.eu/reports.do?node=1000004051>
- [2] PaymentsJournal. (2020, May 7). The demographics of ATM use. PaymentsJournal. Retrieved from <https://www.paymentsjournal.com/the-demographics-of-atm-use/>
- [3] European Central Bank. (n.d.). Retrieved from <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.spacereport202012~bb2038bbb6.en.pdf>
- [4] Joshi, C. (2019). Impact of automated teller machine (ATM) service quality on customer satisfaction in the Nepalese commercial banks. *Contemporary Research: An Interdisciplinary Academic Journal*, 3(1), 7–18. <https://doi.org/10.3126/craiaj.v3i1.27484>
- [5] Messina, G., Quercioli, C., Burgassi, S., Nisticò, F., Lupoli, A., & Nante, N. (2011). How many bacteria live on the keyboard of your computer? *American Journal of Infection Control*, 39(7), 616–618. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.12.023>
- [6] Koscova, J., Hurnikova, Z., & Pistl, J. (2018). Degree of bacterial contamination of mobile phone and computer keyboard surfaces and efficacy of disinfection with chlorhexidine digluconate and triclosan to its reduction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2238. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102238>
- [7] Ulger, F., Esen, S., Dilek, A., Yanik, K., Gunaydin, M., & Leblebicioglu, H. (2009). Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens? *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 8(1), 7. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-8-7>
- [8] Mehmet, S. T., Yusuf, Y., Baris, O., Yucel, D., & Nilay, G. (2013). Bacteria found on Banks Automated Teller Machines (atms). *African Journal of Microbiology Research*, 7(16), 1619–1621. <https://doi.org/10.5897/ajmr12.390>
- [9] Nworie. (2012). Antibigram of bacteria isolated from automated teller machines within Abakaliki Metropolis. *American Journal of Infectious Diseases*, 8(4), 168–174. <https://doi.org/10.3844/ajidsp.2012.168.174>
- [10] Yuana, A., Emmanuel Terkimbi, T., Bernard Ortwer, A., Peter, A., Grace Mwuese, G., & Joel Inya, O. (2022). Isolation and identification of bacteria on automated teller machines (atms) in Makurdi Metropolis. *Frontiers in Environmental Microbiology*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.fem.20220801.11>
- [11] Górny, R., Stobnicka-Kupiec, A., Gołofit-Szymczak, M., Cyprowski, M., & Ławniczek-Wałczyk, A. (2022). Viral, bacterial, and fungal contamination of automated teller machines (atms). *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 29(3), 383–393. <https://doi.org/10.26444/aaem/152838>

- [12] Kramer, A., Schwebke, I., & Kampf, G. (2006). How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infectious Diseases*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130>
- [13] Riddell, S., Goldie, S., Hill, A., Eagles, D., & Drew, T. W. (2020). The effect of temperature on persistence of SARS-COV-2 on common surfaces. *Virology Journal*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12985-020-01418-7>
- [14] Casanova, L. M., Jeon, S., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. D. (2010). Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(9), 2712–2717. <https://doi.org/10.1128/aem.02291-09>
- [15] Bolton, J. R., & Cotton, C. A. (2022). Ultraviolet disinfection handbook. American Water Works Association.
- [16] Weber, D. J., Rutala, W. A., Sickbert-Bennett, E. E., Kanamori, H., & Anderson, D. (2019). Continuous Room Decontamination Technologies. *American Journal of Infection Control*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2019.03.016>
- [17] Centers for Disease Control and Prevention. (2019, May 24). Disinfection & Sterilization Guidelines. Centers for Disease Control and Prevention. Retrieved from <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/index.html>
- [18] Otter, J. A., Yezli, S., Barbut, F., & Perl, T. M. (2020). An overview of automated room disinfection systems: When to use them and how to choose them. *Decontamination in Hospitals and Healthcare*, 323–369. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102565-9.00015-7>
- [19] Nerandzic, M. M., Fisher, C. W., & Donskey, C. J. (2014). Sorting through the wealth of options: Comparative evaluation of two ultraviolet disinfection systems. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107444>
- [20] Tarka, P., & Nitsch-Osuch, A. (2020). No-touch automated disinfection system for decontamination of surfaces in hospitals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5131. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145131>
- [21] Boyce, J. M. (2016). Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s13756-016-0111-x>
- [22] Lualdi, M., Cavalleri, A., Bianco, A., Biasin, M., Cavatorta, C., Clerici, M., Galli, P., Pareschi, G., & Pignoli, E. (2021). Ultraviolet C lamps for disinfection of surfaces potentially contaminated with SARS-COV-2 in critical hospital settings: Examples of their use and some practical advice. *BMC Infectious Diseases*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06310-5>
- [23] Kodali, R. K., & Mahesh, K. S. (2016). Low cost ambient monitoring using ESP8266. 2016 2nd International Conference on

Contemporary Computing and Informatics (IC3I).

<https://doi.org/10.1109/ic3i.2016.7918788>

- [24] Gadre, D. V., & Gupta, S. (2017). Tiva C series launchpad. Getting Started with Tiva ARM Cortex M4 Microcontrollers, 27–31.

https://doi.org/10.1007/978-81-322-3766-2_3

- [25] Isermann, R. (2011). Supervision, fault-detection and diagnosis methods – A short introduction. Fault-Diagnosis Applications, 11–45.

https://doi.org/10.1007/978-3-642-12767-0_2