

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΕΙΔΙΚΩΝ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ UV-C ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΝΘΡΩΠΩΝ
(Εφαρμογές: Υγιεινή δημόσιας τουαλέτας, Μηχάνηματα ΑΤΜ)**

ΖΑΧΑΡΙΟΥΔΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

A.M.: 46147039

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Δρ. Γεώργιος Νικολαΐδης – Δρ. Μαριάνθη Πετράκη

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2022

UNIVERSITY OF WEST ATTICA

FACULTY OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

LABORATORY OF MILD FORMS OF ENERGY & ENVIRONMENTAL PROTECTION



DIPLOMA THESIS

**AUTOMATIC SURFACE DISINFECTION SYSTEMS USING
UVC RADIATION IN THE PRESENCE OF HUMANS
(Applications: Public WC, ATM machines)**

ZACHARIOUDAKIS ANTONIOS

Student ID: 46147039

SUPERVISOR

Dr. Georgios Nikolaidis-Dr. Marianthi Petraki

AEGALEO

July 2022

**AUTOMATIC SURFACE DISINFECTION SYSTEMS USING
UVC RADIATION IN THE PRESENCE OF HUMANS
(Applications: Public WC, ATM machines)**

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΠΕΤΡΑΚΗ ΜΑΡΙΑΝΘΗ ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ	ΓΙΑΝΝΑ ΑΤΑΝΑΣΟΒΑ ΕΔΙΠ
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΖΑΧΑΡΙΟΥΔΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ του ΦΑΝΟΥΡΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 46147039 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και 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 αυτούσιες 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 εμένα 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 διπλώματός μου.»

Ο Δηλών



ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΖΑΧΑΡΙΟΥΔΑΚΗΣ

**ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΕΙΔΙΚΩΝ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ UV-C ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ
ΣΥΓΓΡΟΝΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΝΘΡΩΠΩΝ
(Εφαρμογές: Υγιεινή δημόσιας τουαλέτας, Μηχανήματα ΑΤΜ)**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αρχικά προσεγγίζονται οι κυριότερες από τις μεθόδους απολύμανσης των επιφανειών. Προκειμένου να επιτευχθεί επαρκής και σωστή απολύμανση, η συχνότητα αυτής πρέπει να είναι ικανοποιητική και το προσωπικό ανάλογα καταρτισμένο. Παράλληλα, έμφαση πρέπει να δοθεί και στις επιφάνειες υψηλού κινδύνου, όπως τα πληκτρολόγια των ΑΤΜ και οι δημόσιες τουαλέτες.

Για το σκοπό αυτό εξετάζεται η μέθοδος αποστείρωσης και απολύμανσης με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αποδειχθεί πολύ αποτελεσματική ειδικά για την αντιμετώπιση δύσκολων περιπτώσεων.

Συνεπώς, αναλύονται οι ακτινοβολίες Α, Β και C, ενώ δίνεται έμφαση στην τελευταία, καθώς έχει αποδειχθεί ότι σκοτώνει και τους ιούς σε συγκεκριμένη ισχύ και σε συγκεκριμένο μήκος κύματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μέθοδοι απολύμανσης επιφανειών, επιφάνειες «υψηλού κινδύνου», χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV

AUTOMATIC SURFACE DISINFECTION SYSTEMS USING UVC RADIATION IN THE PRESENCE OF HUMANS (Applications: Public WC, ATM machines)

SUMMARY

First, the main methods of surface disinfection are approached. In order to achieve adequate and proper disinfection, its frequency must be satisfactory and the staff properly trained. At the same time, emphasis should be placed on high-risk surfaces, such as ATM keyboards and public toilets.

For this purpose, the method of sterilization and disinfection with the use of ultraviolet radiation is examined, which can prove to be very effective especially for the treatment of difficult cases.

Therefore, the radiations A, B and C are analyzed, while emphasis is placed on the latter, as it has been proven to kill both viruses at a specific power and at a specific wavelength.

KEYWORDS: *surface disinfection methods, "high risk" surfaces, use of ultraviolet UV radiation,*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη διπλωματική εργασία του φοιτητή Αντώνη Ζαχαριουδάκη με σκοπό την απόκτηση του διπλώματος του Μηχανολόγου Μηχανικού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η μελέτη των Αυτόματων Συστημάτων Απολύμανσης Ειδικών Χώρων με Χρήση UVC Ακτινοβολίας.

Παρακάτω δίδεται μια συνοπτική παρουσίαση των θεμάτων που αναλύονται σε κάθε κεφάλαιο.

Στο Κεφάλαιο 1 δίδεται μια εισαγωγή με τους βασικούς λόγους επιλογής του συγκεκριμένου θέματος της διπλωματικής.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται συνήθεις μέθοδοι καθαρισμού επιφανειών.

Στο Κεφάλαιο 3 εξετάζεται η φύση, η λειτουργία και η αξιοποίηση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV.

Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθεται σχετική πρόταση επίλυσης του προβλήματος των επιφανειών «υψηλού κινδύνου».

Στο Κεφάλαιο 5, που είναι και το τελευταίο, παρατίθενται τα συμπεράσματα που αποκομίστηκαν από την παρούσα διπλωματική εργασία.

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Η δράση των απολυμαντικών ανά κατηγορία	19
Σχήμα 2.2 Ανθεκτικότητα μικροβίων σε χημικά απολυμαντικά	21
Σχήμα 2.3 Κατηγορίες υγρών και αέριων απολυμαντικών και συνθήκες δράσης.....	25
Σχήμα 2.4 Σημαντικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες απολυμαντικών.....	25
Σχήμα 2.5 Εφαρμογές απολυμαντικών	26
Σχήμα 2.6 Παραδείγματα από τα πιο γνωστά απολυμαντικά	26
Σχήμα 2.7 Είδη απολυμαντικών και οι δράσεις τους.....	27
Σχήμα 2.8 Χημική απολύμανση.....	29
Σχήμα 2.9 Επίπεδα ανθεκτικότητας μικροοργανισμών και συνιστώμενα απολυμαντικά	31
Σχήμα 2.10 Επικινδυνότητα. Πηγή: ΕΦΕΤ.....	33
Σχήμα 3.1 Είδη υπεριώδους ακτινοβολίας και τα χαρακτηριστικά τους	36
Σχήμα 3.2 Η ακτινοβολία UVC και τα χαρακτηριστικά της	37
Σχήμα 3.3 Η Far-UVC αποτελεί ένα μικρό μέρος της UV-C	38
Σχήμα 3.4 Η υπεριώδης ακτινοβολία ευρέος φάσματος συνδυάζει και τους τρεις τύπους ακτινοβολίας UV-A, UV-B και UV-C.....	39
Σχήμα 3.5 Η Near UV έχει μήκη κύματος της UV-A μεταξύ 300 και 400 nm καταστρέφει βακτήρια, όχι όμως και ιούς, όπως η UVC.....	40
Σχήμα 3.6 Διείσδυση υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα ανάλογα τη μορφή της.....	43
Σχήμα 3.7 Συνέπειες στο δέρμα ανά κατηγορία υπεριώδους ακτινοβολίας	44
Σχήμα 3.8 Επίπτωση UVA και UVB στο δέρμα.....	45
Σχήμα 3.9 Διείσδυση διαφορετικών μορφών υπεριώδους ακτινοβολίας στο μάτι	46

Σχήμα 3.10 Προστατευτικός εξοπλισμός κατά την έκθεση με την υπεριώδη ακτινοβολία UVC	48
Σχήμα 4.1 Δραστικότητα UVC ακτινοβολίας έναντι διαφορετικών ειδών παθογόνων μικροοργανισμών	49
Σχήμα 4.2 Μέγεθος μικροβιοκτόνου δράσης υπεριώδους ακτινοβολίας σε περιπτώσεις μέσης και χαμηλής πίεσης ατμού υδραργύρου	56
Σχήμα 4.3 Ενίσχυση μικροβιοκτόνου δράσης της υπεριώδους ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος στο οποίο αυτή εκπέμπεται.....	56
Σχήμα 4.4 Απολύμανση πληκτρολογίων ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UVC	59
Σχήμα 4.5 Απολύμανση πληκτρολογίου ATM με τη χρήση φωτισμού UVC	60
Σχήμα 4.6 Λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας	61
Σχήμα 4.7 Λαμπτήρας καθαρισμού τουαλέτας με χρήση UVC ακτινοβολίας	65
Σχήμα 4.8 Πλεονεκτήματα μεθόδου απολύμανσης με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας	66
Σχήμα 4.9 Συσσκευή UVC Intelligent Disinfection Robot KWR-768	66
Σχήμα 4.10 Δομή συσκευής εκπομπής ακτινών UVC ακτινοβολίας.....	68
Σχήμα 4.11 Κοινόχρηστοι και πολυσύχναστοι χώροι ανθρώπινης δραστηριότητας στους οποίους εφαρμόζεται η συσκευή εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας UVC	69
Σχήμα 4.12 Ακριβής τοποθέτηση και στόχευση συσκευής για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα εκπομπής ακτινοβολούμενου φωτός UVC ακτινοβολίας και αυτόματη φόρτιση συσκευής.....	70
Σχήμα 4.13 Μήκος κύματος 222 nm υπεριώδους ακτινοβολίας για ασφαλέστερη χρήση από τον άνθρωπο.....	71
Σχήμα 4.14 HfarUVC μήκους κύματος 222nm παραμένει στα εξωτερικά στρώματα των ματιών και του δέρματος χωρίς να διεισδύει στο εσωτερικό όπως συμβαίνει με την συμβατική UVC	72

Σχήμα 4.15 Ανακλαστική ικανότητα φακού υπεριώδους ακτινοβολίας 222nm χάρη στην ειδική επίστρωση του φακού	73
Σχήμα 4.16 Μήκος κύματος υπεριώδους ακτινοβολίας farUVC και επιτρεπόμενη οριακή τιμή TLV	74
Σχήμα 4.17 Λαμπτήρες LPML (a και b) και LED (c και d) οικιακών συσκευών	76
Σχήμα 4.18 Οικιακές συσκευές χρήσης UVC που συγκρίθηκαν αναμεταξύ τους	77
Σχήμα 4.19 Σύγκριση τριών συσκευών υπεριώδους ακτινοβολίας για τον καθαρισμό επιφανειών και του μολυσμένου αέρα	78
Σχήμα 4.20 Ρύθμιση θέσης και αισθητήρα σε σχέση με την πηγή ώστε να διεξαχθούν μετρήσεις αναφορικά με τις αποστάσεις εφαρμογής και να γίνουν συγκρίσεις ως προς την αποτελεσματικότητα της γωνίας και της απόστασης εκπομπής υπεριώδους φωτός	81
Σχήμα 4.21 Σχέση απόστασης και υπεριώδους ακτινοβολίας	82
Σχήμα 4.22 Εφαρμογή κεφαλής στο στηθοσκόπιο για τη διαδικασία καθαρισμού με υπεριώδες φως.....	83
Σχήμα 4.23 Σταδιακή εξασθένιση των παθογόνων μικροοργανισμών έπειτα από εφαρμογή υπεριώδους UV_C ακτινοβολίας.....	84
Σχήμα 4.24 Οι ανώτερες εικόνες αφορούν τη μολυσμένη μεμβράνη, ενώ οι κατώτερες την μεμβράνη του στηθοσκοπίου που έχει υποστεί απολύμανση με τη χρήση υπεριώδους φωτός UVC	84
Σχήμα 4.25 Διάρκεια ζωής του Covid-19 σε διάφορες επιφάνειες.....	87
Σχήμα 4.26 Ένταση και μήκη κύματος λαμπτήρων εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας....	88
Σχήμα 4.27 Απεικόνιση πρόσπτωσης UV-C.....	90
Σχήμα 4.28 Επιτρεπτές τιμές έκθεσης του ανθρώπου πάνω από τις οποίες υφίσταται οργανική βλάβη	91

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	5
Summary	6
Κατάλογος Σχημάτων... ..	7
Περιεχόμενα.....	12
Κεφάλαιο 1 ^ο :Εισαγωγή.....	15
Κεφάλαιο 2 ^ο : Συνήθεις μέθοδοι καθαρισμού επιφανειών	16
2.1 Μικροβιοκτόνα... ..	16
2.2 Απολύμανση	17
2.2.1 Κατηγορίες απολυμαντικών.....	17
2.2.2 Επίπεδα απολύμανσης	18
2.2.3 Εφαρμογές απολυμαντικών	19
2.2.4 Διάρκεια δραστηριότητας απολυμαντικών	20
2.2.5 Ομάδες χημικών απολυμαντικών.....	23
2.2.6 Τεχνικές απολύμανσης.....	28
2.3 Αποστείρωση	30
2.3.1 Τρόποι αποστείρωσης.....	31
2.4 Επικινδυνότητα καθαριστικών και προφυλάξεις... ..	33
2.5 Δράση τμήματος Μικροβιολογίας ελληνικού Ινστιτούτου Παστέρ	34
Κεφάλαιο 3 ^ο :Υπεριώδης ακτινοβολία UV	35
3.1 Τύποι υπεριώδους ακτινοβολίας... ..	35

3.2 Τεχνητή δημιουργία υπεριώδους ακτινοβολίας.....	40
3.3 Επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα.....	42
3.4 Επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στα μάτια.....	45
3.5 Αξιολόγηση και έλεγχος του κινδύνου της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας... ..	47
3.6 Προστατευτικός εξοπλισμός.....	47
Κεφάλαιο4 ^ο :Καθαρισμός επιφανειών «υψηλού κινδύνου» με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C	49
4.1 Παράγοντες δραστηριότηταςUV-C.....	51
4.2Τύποι λαμπτήρων εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C	53
4.3Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C....	56
4.4Προφυλάξεις... ..	57
4.5 Χειρωνακτική απολύμανση ATM με καθαριστικά του εμπορίου... ..	58
4.6 Καθαρισμός ATM με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας τύπου UV-C.....	58
4.7Χειρωνακτική απολύμανση τουαλέτας.....	61
4.8 Απολύμανση δημόσιων τουαλετών με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C	62
4.9 Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής UV-Cστο εμπόριο... ..	65
4.9.1 ΣυσκευήUV-C Intelligent Disinfection Robot KWR-768.....	65
4.9.2 Τεχνολογία eVιοαναφορικά με τη χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C.....	70
4.10Εφαρμογή UV-Cσε ποντίκια από το ΙνστιτούτοΠαστέρ για την αντιμετώπιση της Candidaalbicansσε εγκαύματα τρίτου βαθμού... ..	74
4.11 Πειραματική μελέτη αναφορικά με τις συσκευές εκπομπής UV-C στην Ταϊλάνδη.....	76
4.12 Πειραματική χρήση της UV-C για την αντιμετώπιση της μόλυνσης από στηθοσκόπιο... ..	82

4.13 Εφαρμογή υπεριώδους UV-Κακτινοβολίας για την αντιμετώπιση του Covid-19	87
4.14 Άλλες εφαρμογές της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C.....	91
4.14.1 Απολύμανση του εισπνεόμενου αέρα από την UV-C.....	91
4.14.2 Απολύμανση νερού με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C.....	92
4.14.3 Απολύμανση εξοπλισμού και εργαστηριακών χώρων με τη χρήση UV-C	93
Κεφάλαιο 5 ^ο : Συμπεράσματα.....	94
Ευχαριστίες.....	96
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	97

1. Εισαγωγή

Ασφαλώς η επιλογή των «Αυτόματων Συστημάτων Απολύμανσης Ειδικών χώρων με χρήση UVC Ακτινοβολίας» ως θέματος της διπλωματικής μου ήταν διόλου τυχαία. Είναι γεγονός πώς ειδικά από το 2019 και μετά, η εμφάνιση του κορονοϊού έχει επηρεάσει καθοριστικά την ανθρωπότητα κι έχει αποτελέσει μέρος της καθημερινότητας των ανθρώπων.

Η υψηλή μεταδοτικότητα της έχει οδηγήσει στην ευρεία διάδοση του ιού, καθώς και στην ταχεία αύξηση του αριθμού των κρουσμάτων και των θανάτων σε διεθνές επίπεδο. Επιπλέον οι συνεχείς μεταλλάξεις του covid όπως η μετάλλαξη Δ-delta και πλέον η μετάλλαξη Ο-omicron ανησυχεί τόσο τις κυβερνήσεις όσο και τους ίδιους τους ανθρώπους, οι οποίοι καλούνται να τηρήσουν με ευλάβεια τους κανόνες υγιεινής προκειμένου να προφυλαχθούν.

Μολονότι η Πανδημία covid οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αεριογενή διάδοση του ιού, οι επιφάνειες δεν παύουν να είναι και αυτές σε ένα βαθμό υπεύθυνες για τη μετάδοση του ιού. Υπό αυτό το πρίσμα, το ενδιαφέρον για τη μελέτη των μεθόδων απολύμανσης και της αξιοποίησης των δυνατοτήτων που προσφέρει η χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας UVC είναι καθοριστικής σημασίας και αποτελεί τον κύριο στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ωστόσο, πέρα από την πανδημία, η ενασχόληση με το παρόν θέμα είναι ένα αντικείμενο χρήσιμο και απαραίτητο για την καθημερινότητα των ανθρώπων έτσι κι αλλιώς. Πρόκειται για την εφαρμογή κανόνων υγιεινής και την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας, ακόμα και σε δύσκολες περιπτώσεις, όπως τις επιφάνειες υψηλού κινδύνου, τις οποίες ο κόσμος χρησιμοποιεί καθημερινά και μέσω των οποίων μπορούν κάλλιστα να μεταδοθούν εξίσου σημαντικές κι επικίνδυνες ασθένειες.

2. Συνήθεις μέθοδοι καθαρισμού επιφανειών

Η συνήθεια να καθαρίζονται τόσο οι επιφάνειες όσο και τα αντικείμενα που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για τις καθημερινές του ανάγκες δεν είναι καινούρια. Ήδη στην αρχαιότητα, εξετάζονταν διάφορες μέθοδοι απολύμανσης για την πρόληψη από διάφορες ασθένειες, αλλά και για την καταπολέμησή τους.

Συγκεκριμένα, η εμφάνιση της πανώλης στην εποχή του Μεσαίωνα ώθησε τους ανθρώπους στην καύση κέδρου, γιατί είχαν καταλάβει ότι οι αναθυμιάσεις τους ήταν πλούσιες σε φορμαλδεΐδη.

Αργότερα, τον 19^ο αιώνα, ο R.Koch απέδειξε πως ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των μικροβίων ήταν τόσο ο θερμός αέρας όσο και ο ατμός^[1].

Σκόπιμος, λοιπόν, κρίνεται ο διαχωρισμός των δυο εννοιών της «απολύμανσης» και της «αποστείρωσης» που αφορούν την καταπολέμηση των ποικίλων μικροοργανισμών.

2.1 Μικροβιοκτόνα

Είναι οι χημικές ουσίες οι οποίες εξοντώνουν τους μικρο οργανισμούς που βρίσκονται πάνω σε επιφάνειες ή αντικείμενα ή επιφάνειες και τότε κάνουμε λόγο για απολυμαντικά. Εάν από την άλλη βρίσκονται πάνω σε ή σε ζωντανούς ιστούς χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα αντισηπτικά.

Υπάρχουν διάφορα είδη μικροβιοκτόνων, ανάλογα με το μικρόβιο που σκοτώνουν^[1]:

- βακτηριοκτόνο
- ιοκτόνο
- μυκητοκτόνο
- σποριοκτόνο
- φυμακτιοκτόνο
- μυκοβακτηριοκτόνα

2.2 Απολύμανση

Η απολύμανση είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνεται προσπάθεια για εξόντωση ενός μέρους των μικροοργανισμών ή ακόμα και σποροκτονία. Κατά την διαδικασία αυτή επίσης επιδιώκεται η παρεμπόδιση της ανάπτυξης του πλήθους των μικροοργανισμών. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση είναι κατά κύριο λόγο χημικά, ενώ η εφαρμογή αυτής αφορά αντικείμενα ποικίλου είδους καθώς και επιφάνειες.

2.2.1 Κατηγορίες απολυμαντικών

A) οξειδωτικά

- Αλογονούχα
- Ιώδιο
- Υπεροξείδιο του Υδρογόνου
- Υπεροξικό οξύ
- Χλώριο

B) μη οξειδωτικά^[2]

- QAC
- Ανιονικά οξέα
- Τασιενεργά

Τα πιο γνωστά απολυμαντικά είναι τα ακόλουθα^[3]:

- ❖ Αλκοόλ
- ❖ Γλουταραλδεϋδη
- ❖ Ενώσεις τεταρτοταγούς αμμωνίου
- ❖ Εργαλεία έκπλυσης και απολυμαντικά πλυντήρια
- ❖ Ιωδοφόρα
- ❖ Μέταλλα που αποτελούν μικροβιοκτόνα
- ❖ Ορθο-φθαλδεϋδη

- ❖ Παστερίωση
- ❖ Υπεριώδης Ακτινοβολία
- ❖ Υπεροξείδιο του υδρογόνου
- ❖ Υπεροξικό οξύ
- ❖ Υπεροξικό οξύ σε συνδυασμό με το υπεροξείδιο του υδρογόνου
- ❖ Φαινολικά
- ❖ Φορμαλδευγή
- ❖ Χημικά Απολυμαντικά
- ❖ Χλώριο και ενώσεις χλωρίου

2.2.2 Επίπεδα απολύμανσης

<p>➤ Απολύμανση υψηλού επιπέδου: Εφαρμόζεται όταν επιθυμείται η εξόντωση όλου του πλήθους των μικροοργανισμών, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως εξοντώνονται και όλοι οι σπόροι^[1].</p>
<p>➤ Απολύμανση ενδιάμεσου επιπέδου: Σε αυτό το επίπεδο καταστρέφεται το μυκοβακτηρίδιο της φυματίωσης, και η πλειοψηφία των μικροβίων και οι πιο πολλοί μύκητες. Ωστόσο ούτε σε αυτό το επίπεδο καταστρέφονται όλοι οι σπόροι^[1].</p>
<p>➤ Απολύμανση χαμηλού επιπέδου: Με αυτού του είδους την απολύμανση δεν εξαλείφονται οι σπόροι, ενώ καταστρέφονται μόνο κάποιοι από τους ιούς, τους μύκητες και τα βακτήρια. Πρόκειται δηλαδή για μια ήπιου τύπου αντιμετώπιση των μικροοργανισμών, καθώς δεν καταστρέφονται όλοι οι μικροοργανισμοί. Τέλος, δεν καταπολεμά το μυκοβακτηρίδιο της φυματίωσης^[1].</p>

Είδη απολυμαντικών	Μικροοργανισμοί								Ταχύτητα δράσης
	Ιοί με έλυτρο	Gram +	Gram -	Μύκητες	Ιοί χωρίς έλυτρο	Μυκοβακτήρια	Πρωτόζωα	Σπόροι	
Αλκοολούχα 60-95%	😊	😊	😐	😐	😞	😊	😞	😞	Υψηλή (0,5-2 λεπτά)
Χλωρίνη 4-6%	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😐	😐	Υψηλή (0,5-2 λεπτά)
Ιωδοφόρα 0,5-5%	😊	😊	😊	😊	😐	😊	😞	😐	Μεσαία (5-10 λεπτά)
Φαινόλες 0,2-3%	😐	😊	😐	😊	😞	😞	😐	😞	Μεσαία (5-10 λεπτά)
Παράγωγα τεταρτογ. Αμμωνίου 2%	😊	😊	😐	😞	😞	😞	😐	😞	Μεσαία (5-10 λεπτά)
Υπεροξειδίο του υδρογόνου < 3%	😐	😊	😐	😊	😞	😞	😞	😞	Μικρή (10-20 λεπτά)

Υπόμνημα:	😊 Καλή δράση	😐 Μέτρια δράση	😞 Φτωχή δράση
-----------	---------------------	-----------------------	----------------------

Σχήμα 2.1 Η δράση των απολυμαντικών ανά κατηγορία^[4].

2.2.3 Εφαρμογές απολυμαντικών

Απολυμαντικά χρησιμοποιούμε για καθαρισμό ποικίλων πραγμάτων όπως φαίνεται και στις κάτωθι περιπτώσεις:

- ❖ δημόσιες τουαλέτες
- ❖ εσωτερικοί και εξωτερικοί χώροι
- ❖ επιφάνειες εργασίας
- ❖ εργαλεία και εξοπλισμός
- ❖ κάδους απορριμμάτων
- ❖ καθίσματα
- ❖ μέσα καθαρισμού, όπως πανιά ή σφουγγάρια
- ❖ μέσα μαζικής μεταφοράς
- ❖ στα πληκτρολόγια των ATM
- ❖ συστήματα εξαερισμού

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως η μέθοδος της απολύμανσης δεν είναι ίδια σε όλες τις περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, ο τρόπος εφαρμογής ποικίλει και διαφοροποιείται. Πριν απολυμάνουμε ένα αντικείμενο ή μια επιφάνεια οφείλουμε να εξετάσουμε την κατάσταση στην οποία αυτά βρίσκονται και το ποσοστό των μικροβίων που φιλοξενούν. Έτσι, θα οριστεί το κατάλληλο καθαριστικό ανάλογα με τις ανάγκες και την δραστηριότητά, ενώ παράλληλα θα προβλεφθεί σωστά και η κατάλληλη συχνότητα εφαρμογής.

Για οποιαδήποτε εφαρμογή, πρέπει να προηγηθεί η επιλογή έμπειρων ατόμων οι οποίοι θα προετοιμαστούν κατάλληλα, αφού προηγουμένως εξετάσουν τις ανάγκες του χώρου. Η διάγνωση της κατάστασης του χώρου και των επιφανειών θα υποδείξει και τον ασφαλέστερο και δραστικότερο τρόπο αντιμετώπισης.

Ένας σημαντικός αρμόδιος φορέας ενημέρωσης, έγκρισης και καθοδήγησης κατά την απολυμαντική διαδικασία είναι το Ινστιτούτο Κλινικών και Εργαστηριακών Προτύπων. Το Ινστιτούτο αυτό αποφασίζει και δημοσιεύει οδηγίες εφαρμογής μεθόδων καθαρισμού, τις οποίες ελέγχει και δημοσιεύει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης. Ανά τα χρόνια μάλιστα, μπορούν να προστεθούν περαιτέρω επεξηγηματικές οδηγίες και να ανανεωθεί έτσι η προτεινόμενη μεθοδολογία.

2.2.4 Διάρκεια δραστηριότητας απολυμαντικών

Τα πιο πολλά απολυμαντικά δρουν μέσα σε 10 λεπτά, όπως υποδεικνύει η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος. Παρ' όλα αυτά, όταν η δράση τους αφορά μικροοργανισμούς που αντιμετωπίζονται ευκολότερα, η δράση τους μπορεί να ολοκληρωθεί ακόμα κι εντός του ενός λεπτού.

Τέτοιοι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι οι ακόλουθοι:

- ζυμομύκητες: Candida, Mycobacteria, Mycoberculosis
- ιοί: ιός πολιομυελίτιδας
- φυτικά βακτήρια: Escherichia coli, Salmonella, Listeria

Ασφαλώς, πριν τη χρήση οποιουδήποτε καθαριστικού, πρέπει να ελέγχεται η καταλληλότητα της δραστικής ουσίας σε σχέση κάθε φορά με το υλικό του αντικειμένου ή της επιφάνειας

που πρέπει να απολυμανθεί, η αναλογία στην οποία πρέπει να είναι το καθαριστικό πριν χρησιμοποιηθεί, οι οδηγίες χρήσης και η διάρκεια διατήρησης του υλικού στην συσκευασία προτού χάσει με το πέρασμα του χρόνου τη δραστηρότητά του. Με άλλα λόγια πρέπει να εξασφαλιστεί πως η ουσία ή η πρόσμειξη ουσιών δεν έχει χάσει τις ιδιότητές της με το πέρασμα των χρόνων.

Microbial Resistance to Chemical Disinfectants:		
More Resistant	Type of Microbe	Examples
.	Bacterial Spores	<i>Bacillus subtilis</i>
.	Mycobacteria	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Mycobacterium bovis</i>
.	Hydrophilic Viruses (non-liquid, non-enveloped)	<i>Coxsackievirus Rhinovirus</i>
.	Fungi	<i>Cryptococcus sp.</i> <i>Candida sp.</i>
.	Vegitative Bacteria	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i>
Less Resistant	Lipophilic Viruses (lipid containing, enveloped)	Herpes Simplex Cytomegalovirus

Σχήμα 2.2 Ανθεκτικότητα μικροβίων σε χημικά απολυμαντικά^[5].

2.2.5 Ομάδες χημικών απολυμαντικών

Αλδεΐδες

❖ Φορμαλδεΐδη

Η φορμαλδεΐδη είναι ένα υγρό απολυμαντικό που εμπεριέχει βιοκτόνο δράση. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, καθώς καλύπτει ένα αρκετά ευρύ φάσμα. Το πρόβλημα αναφορικά με τη χρήση της εν λόγω ουσίας είναι πως έχει άσχημη μυρωδιά και είναι καρκινογόνος. Ακόμα, η δράση της εξασθενεί σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ο χρόνος δράσης της φτάνει τις οκτώ ώρες.

❖ Παραφορμαλδεΐδη

Η παραφορμαλδεΐδη χρησιμοποιείται τόσο σε στερεή όσο και σε αέρια μορφή. Στην δεύτερη περίπτωση διαθέτει εκρηκτική δράση και προϋποθέτει ειδικό χειρισμό. Χρησιμοποιείται για την απολύμανση τουλαπιών βιολογικής ασφάλειας.

❖ Γλουταραλδεΐδη

Καταστρέφει ιούς, σπόρια και βακτήρια και είναι πολύ πιο δραστική από την φορμαλδεΐδη. Χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του ιατρικού και μυρίζει ιδιαίτερα άσχημα. Πρόκειται για τοξική ουσία που πρέπει να χρησιμοποιείται από έμπειρο προσωπικό, ενώ ο χρόνος εφαρμογής είναι μεγάλος. Τόσο το δέρμα όσο και το αναπνευστικό σύστημα πρέπει να φυλάσσονται από την εν λόγω ουσία^[26].

Βιοκτόνα με βάση το αλογόνο

❖ Ενώσεις χλωρίου

Οι ενώσεις χλωρίου χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των επιφανειών που δεν έχουν πάνω τους οργανική ύλη, γιατί σε αυτή την περίπτωση χάνουν την δραστηριότητά τους. Οι ενώσεις χλωρίου εμπεριέχονται στα λευκαντικά που χρησιμοποιούνται για τον οικιακό καθαρισμό. Δρουν γρήγορα και αποτελεσματικά, μιας και καταστρέφουν πάρα πολλά είδη

μικροβίων. Επίσης, η τιμή τους είναι χαμηλή, όμως δεδομένου ότι χάνουν τη δραστηριότητά τους μετά από παρέλευση χρόνου, πρέπει να χρησιμοποιούνται αμέσως.

Επειδή η ουσία αυτή διαβρώνει επιφάνειες αλλά βλάπτει και το δέρμα προκαλώντας μέχρι και καρκίνο, συχνά συνίσταται η προτίμηση χλωραμίνης T^[5].

❖ **Ιωδοφόρα**

Πρόκειται για πρόσμειξη ουσιών κατάλληλη για απολυμαντική ή αντισηπτική χρήση. Τα πιο γνωστά ιωδοφόρα είναι το **Betadyne**, το **Wescodyne** και το **Povidone-Iodine**^[5].

Ενώσεις Τεταρτοταγούς Αμμωνίου

Οι Ενώσεις Τεταρτογενούς Αμμωνίου χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό λουτρών. Πρόκειται για ουσίες που αν και διαθέτουν μεγάλη απολυμαντική δράση, ορισμένες προσμείξεις είναι δυνατόν να μειώσουν τη δραστηριότητά τους. Παράλληλα, είναι άχρωμες και άοσμες και δαεν είναι κατάλληλες για την καταστροφή του Μυκοβακτηριδίου της φυματίωσης, των σποριών και των ιών.

❖ **Φαινολικά**

Είναι ουσίες με βιοκτόνο δράση που καταστρέφουν μύκητες, φυτικά βακτήρια και ιούς που διαθέτουν περίβλημα.

Τα πιο γνωστά φαινολικά είναι τα: Amphyl, Expose, L-Phase, Lysol, O-syl, Pine-Sol, Tergisyl και Vesphene.

❖ **Οξέα/Αλκάλια**

Η αποτελεσματικότητα των Οξέων και των Αλκαλίων εξαρτάται από την αναλογία στην οποία χρησιμοποιούνται. Έτσι υπάρχουν Οξέα και Αλκάλια που είναι δραστικότερα από άλλα, ενώ είναι γενικά γνωστό πως τα οξέα είναι αποτελεσματικότερα έναντι των αλκαλίων.

❖ Βαριά μέταλλα

Βαριά μέταλλα είναι ανάμεσα σε άλλα ο χλωριούχος υδράργυρος και ο νιτρικός άργυρος. Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται και ως υδατικό διάλειμμα, ενώ δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με οργανική ύλη.

❖ Αλκοόλ

Οι αλκοόλες χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπίσουν ορισμένα είδη ιών και βακτηρίων, όχι όμως και σποριών, έχουν όμως το χαρακτηριστικό ότι εξατμίζονται σύντομα. Οι πιο γνωστές αλκοόλες είναι οι αιθυλικές και οι ισοπροπυλικές. Ένα παράδειγμα εφαρμογής αλκοολών είναι για τον καθαρισμό ντουλαπιών βιολογικής ασφάλειας.

❖ Ξηρή Θερμότητα

Ένας επίσης αποτελεσματικός τρόπος αποστείρωσης είναι η τοποθέτηση πορωδών και γυάλινων αντικειμένων μέσα σε φούρνους ώστε να εξοντωθεί το σύνολο των μικροοργανισμών που αυτά τα αντικείμενα φέρουν. Τα αντικείμενα αυτά υποβάλλονται σε υψηλές θερμοκρασίες που πλησιάζουν τους 200°C για διάστημα ακόμα και τεσσάρων ωρών.

❖ Ακτινοβολία

Όσον αφορά την αξιοποίηση της ακτινοβολίας, δεν εφαρμόζεται η ιονίζουσα, αλλά η υπεριώδης. Η τελευταία συμβάλλει στον καθαρισμό των επιφανειών και την εξόντωση των μικροβίων που αερομεταφέρονται.

Ωστόσο υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που καθιστούν δύσκολη τη χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας με σκοπό την αποστείρωση. Η ακτινοβολία απαιτεί μεγάλο χρόνο δράσης και συχνά μπορεί να αποβεί τοξική για τον άνθρωπο, βλάπτοντας τόσο τα μάτια όσο και το δέρμα του. Επειδή η ανακλαστική της ιδιότητα είναι δυνατόν να αποβεί επιβλαβής για τους καθαριστές, απαιτούνται ειδικές ρόμπες, προστατευτικά προσώπου, γάντια και ειδικά γυαλιά για την προστασία των ματιών.

❖ Ατμοί & Αέρια

Ο ατμός είναι δυνατό να αποτελέσει μέθοδο αποστείρωσης όταν εφαρμόζεται για τουλάχιστον μισή ώρα και σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100°C [5].

Table 1 – Summary of Practical Disinfectants ^(1, 2)

DISINFECTANTS		PRACTICAL REQUIREMENTS					INACTIVATES ^A				
Type	Category	Use Dilution	CONTACT TIME (min.)		Temp. (°C)	Relative Humidity (%)	Vegetative Bacteria	Lipoviruses	Nonlipid Viruses	Bacterial Spores	<i>M. tuberculosis</i>
			Lipovirus	Broad Spectrum							
LIQUID	Quaternary Ammonium	0.1 – 2.0%	10	Not Effective			+	+			
	Chlorine	500 ppm ^B	10	30			+	+	+	+/-	+
	Ethanol	70 – 85%	10	Not Effective			+	+	C +/-		+
	Formaldehyde	0.2 – 8.0%	10	30			+	+	+	+/-	+
	Glutaraldehyde	2%	10	30			+	+	+	+	+
	Iodophor	25 – 1600 ppm ^B	10	30			+	+	+	+	+
	Isopropanol	70 – 85%	10	Not Effective			+	+	C +/-		+
	Phenolic	1.0 – 5.0%	10	Not Effective			+	+	C +/-		+
GAS	Ethylene Oxide	8 – 23 g/lit ³	60	60	37	30	+	+	+	+	+
	Paraformaldehyde	0.3 g/lit ³	60	60	>23	>60	+	+	+	+	+

Σχήμα 2.3 Κατηγορίες υγρών και αέριων απολυμαντικών και συνθήκες δράσης^[5].

Table 2 – Important Characteristics of Practical Disinfectants ⁽¹⁾

DISINFECTANTS		IMPORTANT CHARACTERISTICS ^A											
Type	Category	Effective Shelf Life (>1wk.) ^B	Corrosive	Flammable	Explosion Potential	Residue	Inactivated by Organic Matter	Compatible for Optics ^C	Compatible for Electronics	Skin Irritant	Respiratory Irritant	Eye Irritant	Toxic ^D
LIQUID	Quaternary Ammonium	+					+	+		+		+	+
	Chlorine		+			+	+			+	+	+	+
	Ethanol	+		+								+	+
	Formaldehyde	+				+				+		+	+
	Glutaraldehyde	+				+	+			+		+	+
	Iodophor	+	+			+	+			+		+	+
	Isopropanol	+		+								+	+
	Phenolic	+	+			+				+		+	+
GAS	Ethylene Oxide	E ₁ NA		F ₊	O ₊			+	+	+	+	+	+
	Paraformaldehyde	E ₁ NA		F ₊	O ₊			+	+	+	+	+	+

Σχήμα 2.4 Σημαντικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες απολυμαντικών^[5].

Table 3 – Potential Application of Practical Disinfectants ⁽¹⁾												
DISINFECTANTS		POTENTIAL APPLICATION ^A										
Type	Category	Work Surfaces	Dirty Glassware	Large Area Decon	Air Handling Systems	Portable Equip. Surface Decon	Portable Equip. Penetrating Decon	Fixed Equip. Surface Decon	Fixed Equip. Penetrating Decon	Optical & Electronic Instruments	Liquids for Discard	Books, Papers
LIQUID	Quaternary Ammonium	+	+			+		+				
	Chlorine	+	+			+		+			+	
	Ethanol	+	+			+		+				
	Formaldehyde	+	+			+		+				
	Glutaraldehyde	+	+			+		+				
	Iodophor	+	+			+		+				
	Isopropanol	+	+			+		+				
	Phenolic	+	+			+		+				
GAS	Ethylene Oxide						+			+		+
	Paraformaldehyde			+	+		+		+	+		

^AA + denotes very positive response; +/- a less positive response; and a blank is a negative response or not applicable

(1) AIHA Biohazards Committee; Biosafety – Reference manual; 2nd Edition, 1995; Am. Industrial Hygiene Assoc.; Akron, OH

Σχήμα 2.5 Εφαρμογές απολυμαντικών^[5].

Table 4 – Examples of Proprietary Disinfectants ⁽¹⁾		
DISINFECTANTS		Examples of Proprietary Disinfectants
Type	Category	
LIQUID	Quaternary Ammonium	A-33, CDQ, End-Bac, Hi-Tor, Mikro-Quat
	Chlorine	Chloramine T, Clorox, Purex
	Ethanol	
	Formaldehyde	Sterac
	Glutaraldehyde	Cidex
	Iodophor	Hy-Sine, Ioprep, Mikroklene, Wescodyne
	Isopropanol	
	Phenolic	Hi-Phene, Matar, Mikro-Bac, O-syl
GAS	Ethylene Oxide	Carboxide, Cryoxide, Steroxide
	Paraformaldehyde	

Σχήμα 2.6 Παραδείγματα από τα πιο γνωστά απολυμαντικά^[5].

Table 5 – Chemical Inactivation of Certain Toxins ⁽¹⁾				
Complete Inactivation of Different Toxins with a 30 Minute Exposure Time to Varying Concentrations of Sodium Hypochlorite (NaOCl) + Sodium Hydroxide (NaOH)				
Toxin	2.5% NaOCl + 0.25 N NaOH	2.5% NaOCl	1.0% NaOCl	0.1% NaOCl
T-2 Mycotoxin	Yes	No	No	No
Brevetoxin	Yes	Yes	No	No
Microcystin	Yes	Yes	Yes	No
Tetrodotoxin	Yes	Yes	Yes	No
Saxitoxin	Yes	Yes	Yes	Yes
Palytoxin	Yes	Yes	Yes	Yes
Ricin	Yes	Yes	Yes	Yes
Botulinum Toxin	Yes	Yes	Yes	Yes
Staphylococcal Enterotoxin B	Yes (?)	Yes (?)	Yes (?)	Yes (?)

Table 6 – Autoclave Inactivation of Certain Toxins ⁽¹⁾					
Complete Inactivation of Different Toxins by Autoclaving or 10 Minute Exposure to Varying Temperatures of Dry Heat					
Toxin	Autoclaving	Dry Heat (°F)			
		200	500	1000	1500
T-2 Mycotoxin	No	No	No	No	Yes
Brevetoxin	No	No	No	No	Yes
Microcystin	No	No	Yes	Yes	Yes
Tetrodotoxin	No	No	Yes	Yes	Yes
Saxitoxin	No	No	Yes	Yes	Yes
Palytoxin	No	No	Yes	Yes	Yes
Ricin	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Botulinum Toxin	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Staphylococcal Enterotoxin B	Yes (?)	Yes (?)	Yes (?)	Yes (?)	Yes (?)

Σχήμα 2.7 Είδη απολυμαντικών και οι δράσεις τους^[5].

2.2.6 Τεχνικές απολύμανσης

Απολύμανση με ψεκασμό χαμηλής πίεσης

Κατά την απολύμανση εξωτερικών χώρων συνίσταται ψεκασμός με αντλία χαμηλής πίεσης. Πρόκειται για μια διαδικασία που επιτρέπει τον καθαρισμό ακόμα και δύσκολων επιφανειών, όπως σχισμών και σημείων που είναι δύσκολα προσβάσιμα.

Απολύμανση με ψεκασμό υψηλής πίεσης

Η μέθοδος αυτή χρησιμεύει για τον καθαρισμό κυρίως εξωτερικών χώρων. Έτσι, με ψεκασμό σε υψηλή πίεση καθαρίζονται χώροι όπως: βιομηχανίες, έλη, εργοστάσια, κήποι, φρεάτια και χώροι απορριμμάτων.

Απολύμανση χώρου με νεφελοψεκασμό

Κατά την απολύμανση με νεφελοψεκασμό, χρησιμοποιείται μια συσκευή η οποία το καθαριστικό σε μικρά δημιουργώντας μια μικρή ομίχλη. Υπό αυτή τη μορφή η απολυμαντική ουσία μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματικότερη όσον αφορά δύσκολες επιφάνειες εσωτερικών χώρων που απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια^[6].



Σχήμα 2.8 Χημική απολύμανση^[7].

Πεδία εφαρμογής της χειρωνακτικής χημικής απολύμανσης

Η απολύμανση με χημικά μέσα μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλες περιστάσεις, όπως: γραφεία, γυμναστήρια, εξοπλισμό γυμναστικής, επιφάνειες σε τουαλέτες, χώροι εστίασης, στον ιατρικό τομέα, σε καταστήματα, ξενοδοχεία, σχολεία, ψυκτικές αποθήκες και πόμολα^[7].

Πεδία εφαρμογής της απολύμανσης με ψεκασμό

Η απολύμανση με ψεκασμό είναι μέθοδος κατάλληλη για καθαρισμό μεγάλων χώρων, καθώς και χώρων υψηλού κινδύνου, όπως: γηροκομεία, γυμναστήρια και σχετικός εξοπλισμός, εγκαταστάσεις μεταφορών, εστιατόρια και κυλικεία, καταστήματα, κλινικές, κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, σχολεία, τουαλέτες, αποδυτήρια και χειρουργεία^[7].

Πεδία εφαρμογής της χημικής απολύμανσης με μηχανήματα καθαρισμού υψηλής πίεσης

Ο καθαρισμός υψηλής πίεσης αφορά μεγάλες επιφάνειες από τις οποίες μπορεί να αποστραγγιστεί το νερό. Τέτοιες είναι: αγροτικές ή αθλητικές εγκαταστάσεις, γυμναστήρια, δοχεία ή μάντες μεταφοράς, ξενοδοχεία, ράφια, τουαλέτες χώροι επεξεργασίας τροφίμων, κρεοπωλεία ή σφαγεία, ψυκτικές αποθήκες^[7].

2.3 Αποστείρωση

Σε αντίθεση με την απολύμανση, κατά την αποστείρωση καταστρέφονται όλα τα μικρόβια. Τα χρησιμοποιούμενα μέσα μπορούν να είναι τόσο φυσικά όσο και χημικά. Το σημαντικό είναι πως μειώνονται ακόμα και σπόρια με μεγάλη ανθεκτικότητα.

Χημικό αποστειρωτικό: Πρόκειται για μέσα που εξοντώνουν με χημικό τρόπο όλα τα μικρόβια με το επιπρόσθετο πλεονέκτημα ότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια δραστηριότητας (τρεις έως δώδεκα ώρες).

Εξαλείφονται ακόμα και μικρόβια όπως:

- γλουταραλδεϋδη
- ορθο-φθαλαλδεϋδη
- υπεροξείδιο του υδρογόνου
- υπεροξικό οξύ
- υποχλωριώδες
- υποχλωριώδες οξύ

2.3.1 Τρόποι αποστείρωσης

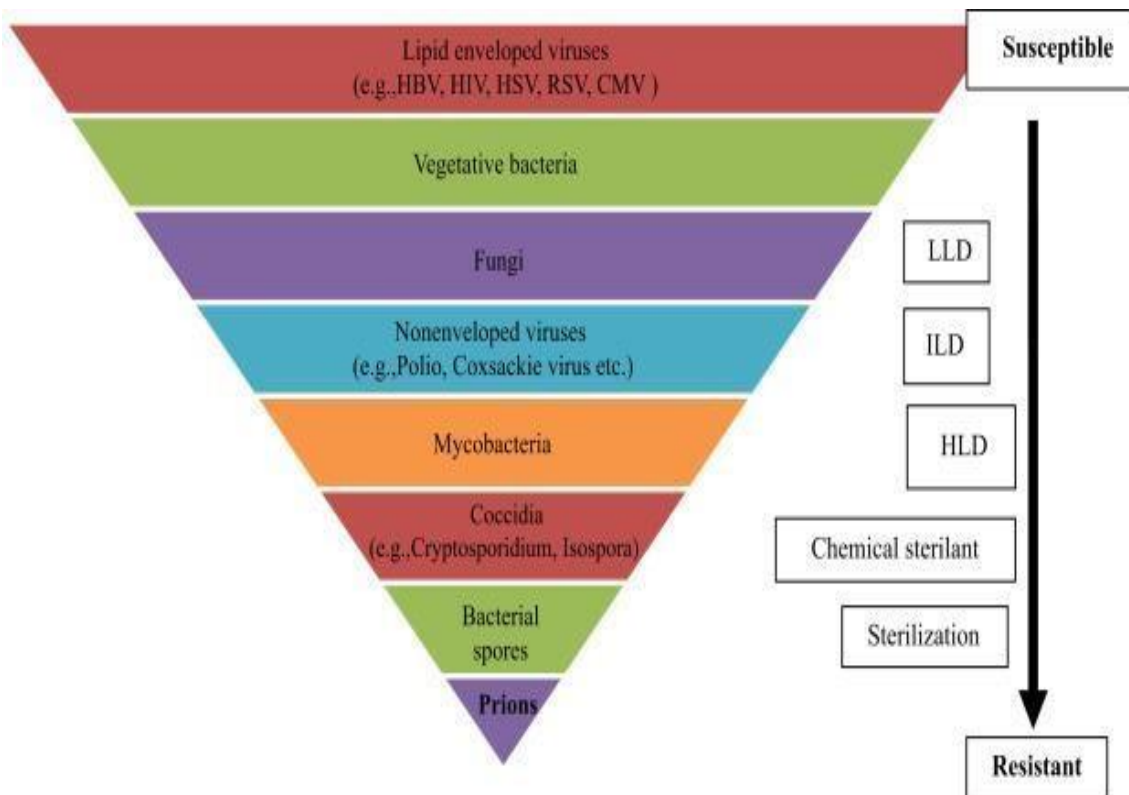
Η αποστείρωση είναι δυνατόν να διενεργηθεί με δυο τρόπους ^[8]:

A) με χημικά μέσα

- αέρια
- υγρά

B) με φυσικά μέσα

- ακτινοβολία
- διήθηση
- θερμότητα
- υπέρηχοι



Σχήμα 2.9 Επίπεδα ανθεκτικότητας μικροοργανισμών και συνιστώμενα απολυμαντικά^[9].

Αεροστεγής λέβητας ζέσεως

Με το εργαλείο αυτό ασκείται υψηλή πίεση με αποτέλεσμα να παράγεται υγρή θερμότητα πάνω από το σημείο ζέσεως του νερού στην ατμόσφαιρα υπό κανονικές συνθήκες.

Βιοκτόνο

Μέσα που καταστρέφουν βιολογικούς και χημικούς οργανισμούς.

Εξυγίανση

Με την μέθοδο της εξυγίανσης δεν είναι υποχρεωτική η αποστείρωση, ενώ εξασφαλίζεται η ελάττωση της μικροβιακής μόλυνσης και η διατήρηση σε ένα επιτρεπτό «ασφαλές» επίπεδο.

Αποστείρωση με ατμό

Η αποστείρωση με ατμό συνδυάζει την αποστείρωση με την εφαρμογή ατμού που έχει θερμανθεί υποβληθείς σε πίεση. Η διαδικασία αυτή είναι αποτελεσματική όσον αφορά την καταστροφή των μικροοργανισμών και των σποριών.

Συνθήκες διεξαγωγής μεθόδου:

- Προτεινόμενη θερμοκρασία: 121°C
- Πολύ ψηλή πίεση
- Ενδεικτικός χρόνος εφαρμογής: 15 λεπτά

Πριν αποστειρωθεί μια επιφάνεια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι παράγοντες:

- pH
- διάρκεια αλληλεπίδρασης καθαριστικού και επιφάνειας ή αντικειμένου
- είδος μικροβιακής μόλυνσης
- θερμοκρασία
- ποσοστό συγκέντρωσης οργανικής ύλης
- συγκέντρωση δραστικής ουσίας
- υγρασία

2.4. Επικινδυνότητα καθαριστικών και προφυλάξεις

Ο προσεκτικός χειρισμός κατά την εφαρμογή της απολύμανσης είναι απαραίτητος για να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα και να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του αντικειμένου προς απολύμανση, καθώς και του προσωπικού. Αν η απολύμανση δεν διενεργηθεί σωστά και δεν

ληφθούν όλες οι απαραίτητες προφυλάξεις, μπορεί να προκληθεί επιπλοκή από μικρόβια και χημικούς ή φυσικούς παράγοντες.



Σχήμα 2.10 Επικινδυνότητα^[1].

Πριν την χρήση οποιουδήποτε καθαριστικού οφείλουμε να έχουμε λάβει πλήρη ενημέρωση των ιδιοτήτων του και της περιεκτικότητάς του. Με άλλα λόγια οι ουσίες αυτές πρέπει να είναι εγκεκριμένες, ενώ παράλληλα ιδιαίτερα προσεκτικοί πρέπει να είμαστε κατά την πρόσμειξη πολλαπλών διαφορετικών ουσιών. Οι εν λόγω προσμειξεις πέρα από το γεγονός ότι μπορούν να ενισχύσουν ή να μειώσουν την δραστηριότητα των καθαριστικών, συχνά αυξάνουν και το κόστος τους.

Εξίσου απαραίτητη είναι η επαρκής προετοιμασία των καθαριστών, οι οποίοι είναι αναγκαίο να φορούν τον ανάλογο εξοπλισμό σε περιπτώσεις χρήσης χλωρίου. Η φορμαλδεΰδη και γλουταραλδεΰδη θεωρούνται κι αυτές με την σειρά τους πολύ επικίνδυνες. Επομένως, ενδείκνυται η χρήση ώστε να αποφεύγονται οι ερεθισμοί του δέρματος. Παράλληλα, οι χώροι εργασίας και καθαρισμού πρέπει να αερίζονται επαρκώς και τακτικά για να προστατεύεται τι προσωπικό από την εισπνοή ανθυγιεινών ουσιών οι οποίες μπορούν να επιφέρουν ακόμα και αναπνευστικά προβλήματα ή και την πρόκληση άσθματος.

2.5 Δράση τμήματος Μικροβιολογίας ελληνικού Ινστιτούτου Παστέρ

Στην Ελλάδα το Ινστιτούτο Παστέρ είναι αρμόδιο για την εξέταση των πιο σπουδαίων παθογόνων μικροοργανισμών. Ανάμεσα σε άλλα μελετώνται τα χλαμύδια, οι ερπητοϊοί, το ελικοβακτηρίδιο του πυλωρού, ο ιός της ηπατίτιδας Γ, και ορισμένα παράσιτα ή παθογόνους μικροοργανισμούς συχνούς στον ιατρικό τομέα και τις νοσοκομειακές μονάδες.

Το Ινστιτούτο διεξάγει έρευνες αναφορικά με την σύσταση και τον μηχανισμό εξάπλωσης των εν λόγω μικροοργανισμών. Η εκ των έσω μελέτη της δραστηριότητας και ανάπτυξής τους θα δώσει τρόπους αντιμετώπισης και επαρκούς αδρανοποίησής τους.

Παράλληλα, σημαντική είναι η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των οργανισμών αυτών με άλλους ή με τον άνθρωπο. Η μελέτη της άμυνας τόσο της δικής τους όσο και του ανθρώπου και οι συνθήκες διαβίωσής τους ή η επιβίωσή τους σε διάφορα περιβάλλοντα^[10].

3. Υπεριώδης ακτινοβολία UV

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία της οποίας η συχνότητα υπερβαίνει το ιώδες χρώμα, όπως φαίνεται κι από το όνομά της.

3.1 Τύποι υπεριώδους ακτινοβολίας

Διακρίνονται τρία είδη υπεριώδους ακτινοβολίας:

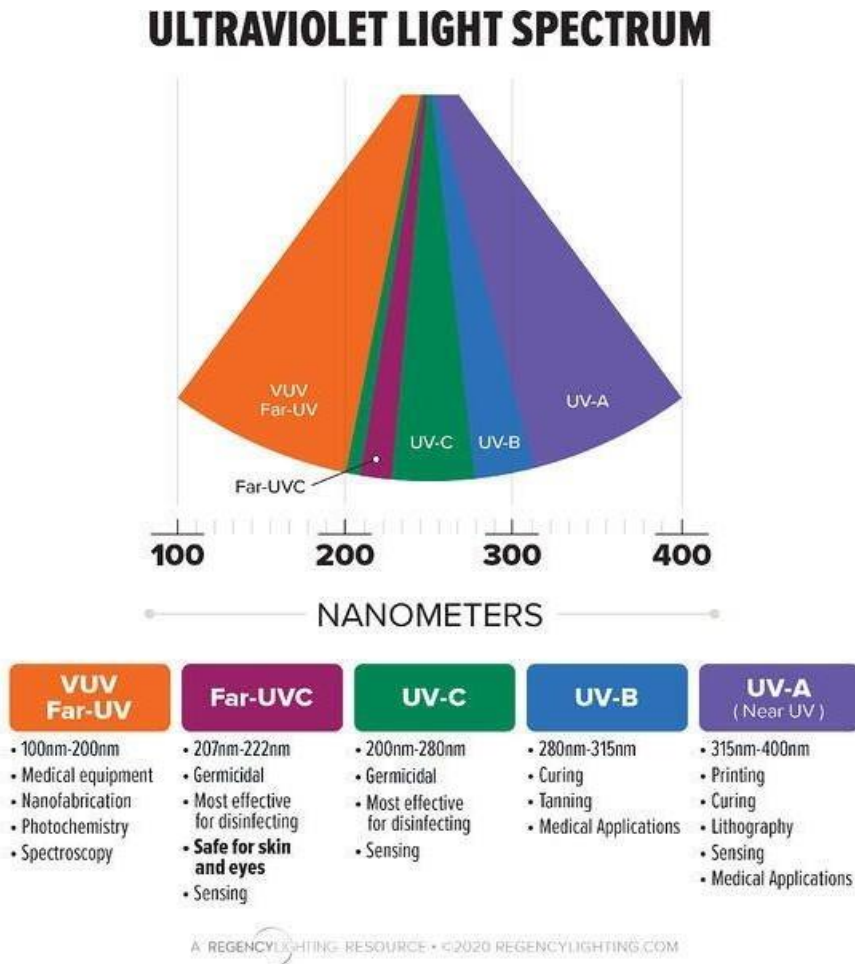
- **UV-A:** Η UV-A κυμαίνεται ανάμεσα σε 315 και 400 nm και είναι γνωστή κυρίως επειδή προκαλεί σοβαρά εγκαύματα ή ακόμα και μελανώματα του δέρματος.
- **UV-B:** Η UV-B κυμαίνεται ανάμεσα σε 280 και 315 nm. Χάρη σε αυτή τη μορφή ακτινοβολίας ο άνθρωπος επιτυγχάνει μαύρισμα του δέρματος κατά τους θερινούς κυρίως μήνες. Η UV-B τροφοδοτεί επίσης τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνη D. Σε αντίθεση με την UV-A που προκαλεί σοβαρά εγκαύματα, η UV-B είναι δυνατόν να προκαλέσει επιφανειακά μόνο εγκαύματα.
- **UV-C:** Η UV-C κυμαίνεται ανάμεσα σε 40 και 280 nm και έχει το υψηλότερο ποσοστό κινδύνου συγκριτικά με τις άλλες δυο.

Η υπεριώδης ακτινοβολία προέρχεται από τον ήλιο και φτάνει στην γη. Καθώς είναι πολύ επικίνδυνη όμως, η γη προστατεύεται από αυτήν χάρη στο στρώμα του όζοντος. Η τρύπα αυτού καθιστά τη γη ευάλωτη στην υπεριώδη ακτινοβολία και επιφέρει καταστροφικές συνέπειες για την ζωή πάνω σε αυτήν.

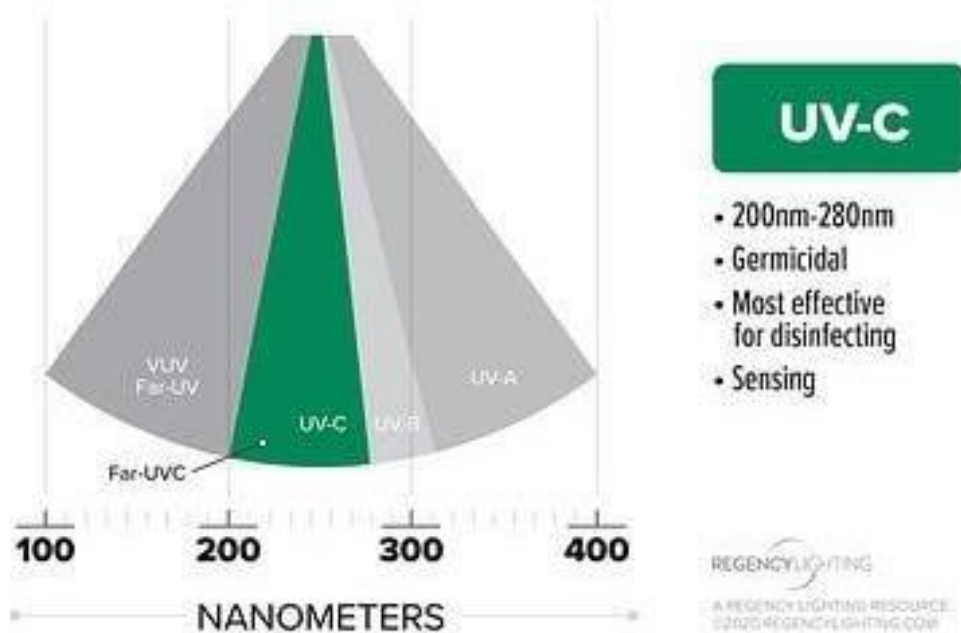
Όσον αφορά τα τρία είδη ακτινοβολίας, η UVC έχει το πιο μικρό μήκος κύματος, γεγονός που σημαίνει ότι είναι η πιο επικίνδυνη. Παρ' όλα αυτά, ευτυχώς η UVC απορροφάται εξ ολοκλήρου από το στρώμα του όζοντος, οπότε δεν καταφέρνει να φτάσει ως την γη.

Ωστόσο, υπάρχουν ανόργανες πηγές από τις οποίες αντλείται ακτινοβολία UVC. Τέτοιες πηγές είναι οι λαμπτήρες με υδράργυρο αλλά και οι φακοί συγκόλλησης, που θα πρέπει να

χρησιμοποιούνται με προσοχή. Τέλος η UVC μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την καταπολέμηση των μικροβίων^[11].



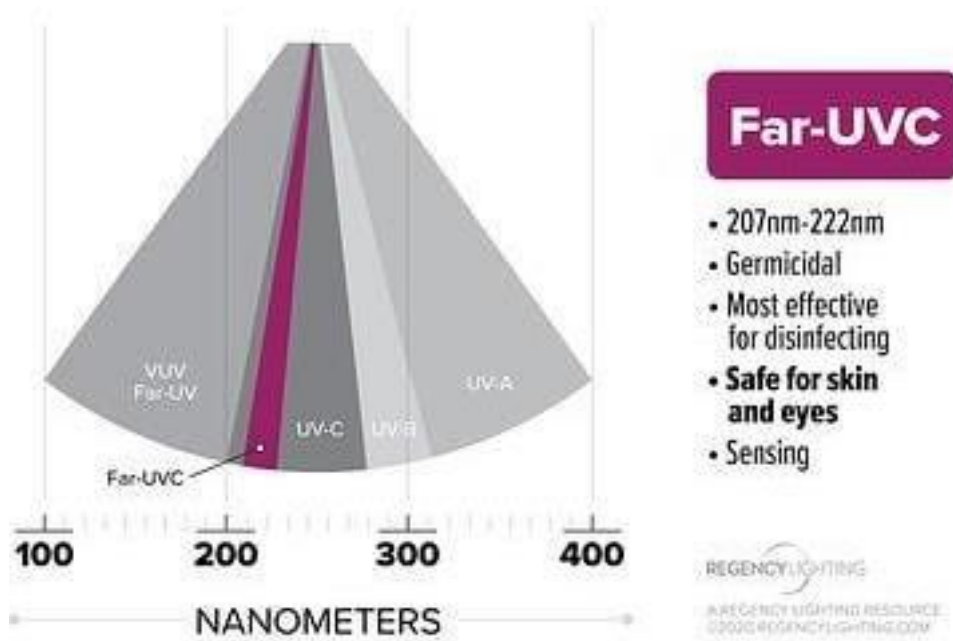
Σχήμα 3.1 Είδη υπεριώδους ακτινοβολίας και τα χαρακτηριστικά τους^[43].



Σχήμα 3.2 Η ακτινοβολία UVC και τα χαρακτηριστικά της^[11].

Η UVC είναι πολύ διαδεδομένη στην επιστημονική κοινότητα, καθώς εφαρμόζεται σε εργαστηριακές μεταλλάξεις, αλλά και για την απολύμανση, του αέρα, των επιφανειών και του νερού. Αυτός ο τύπος ακτινοβολίας εξολοθρεύει μύκητες, βακτήρια, μούχλα, ιούς και γενικά όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών με πολύ αποτελεσματικό τρόπο. Πρόκειται όμως για μια ιδιαίτερα επιβλαβή ουσία που μπορεί να βλάψει τα μάτια και το δέρμα και γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται τα ανάλογα μέτρα προστασίας, ώστε να αποφεύγονται τυχόν εγκαύματα.

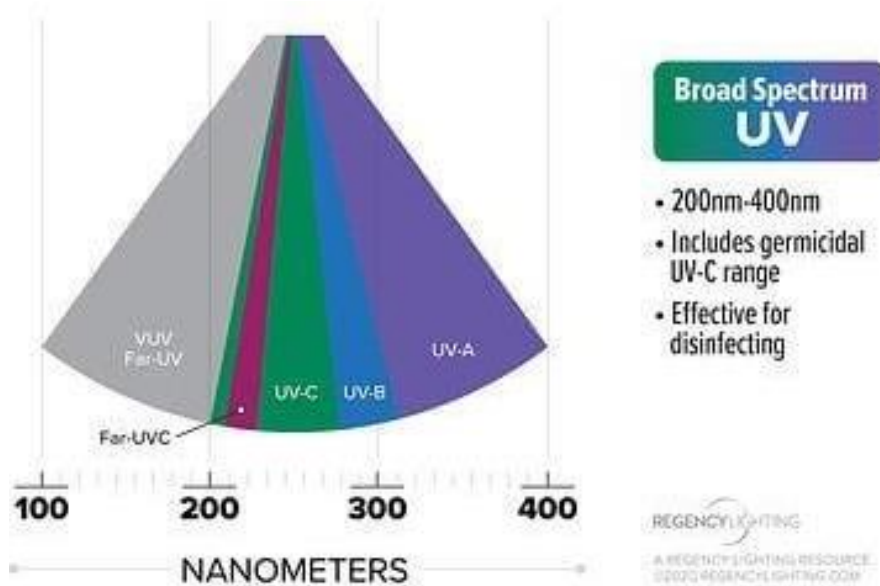
Για την μέγιστη δυνατή ασφάλεια μάλιστα, ο χώρος πρέπει να εκκενώνεται κατά την απολύμανση με χρήση UVC.



Σχήμα 3.3 ΗFar-UVCαποτελείένα μικρό μέρος τηςUV-C^[11].

Σε αντίθεση με την συνήθη μορφή UV-C της ακτινοβολίας, το τμήμα far-UVC αυτής αντιμετωπίζει βακτήρια και ιούς δίχως να εισχωρεί βαθιά στο δέρμα. Έτσι μειώνονται οι επιβλαβείς παρενέργειες.

Σχετικές μελέτες και πειράματα της εφαρμογής της farUV-C έδειξαν ότι έχει λιγότερες παρενέργειες και δυνατότητα μεγαλύτερης συχνότητα εφαρμογής στον ίδιο χρόνο και χώρο εντείνοντας έτσι την απολυμαντική διαδικασία ενός χώρου.

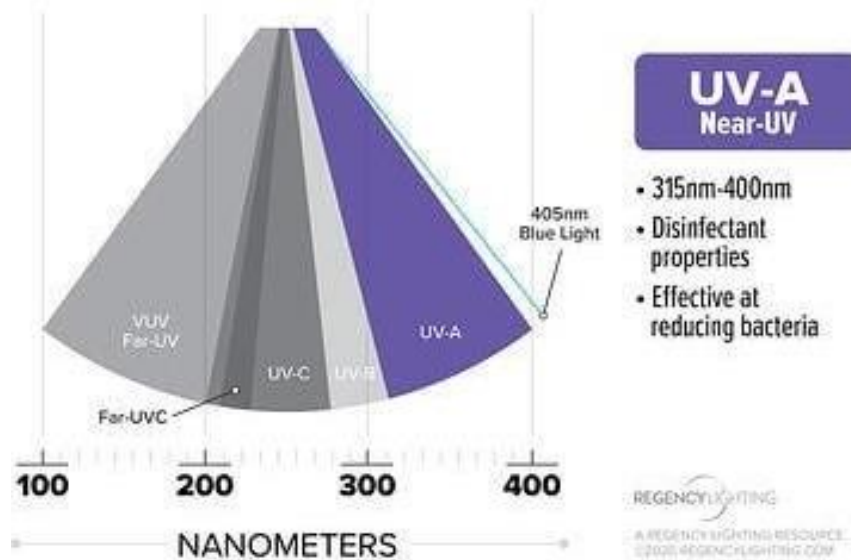


Σχήμα 3.4 Η υπεριώδης ακτινοβολία ευρέος φάσματος συνδυάζει και τους τρεις τύπους ακτινοβολίας UV-A, UV-B και UV-C^[11].

Η υπεριώδης ακτινοβολία ευρέως φάσματος είναι πολύ αποτελεσματική καθώς αντιμετωπίζει πολλούς τύπους μικροοργανισμών.

Όσον αφορά την λειτουργία των συσκευών και λαμπών UCV, αυτές είναι δυνατό να διαθέτουν αισθητήρα ο οποίος ανιχνεύει την κίνηση και σταματά την λειτουργία του φωτός. Υπάρχει ακόμη η δυνατότητα λειτουργίας με χρονοδιακόπτη, όταν το δωμάτιο έχει εκκενωθεί κι δεν υφίσταται πια ανθρώπινη κίνηση.

Τέλος, οι μονάδες απολύμανσης αυτού του τύπου μπορεί να είναι είτε κινητές είτε εγκατεστημένες σε κάποια βάση.



Σχήμα 3.5 Η Near UV έχει μήκη κύματος της UV-A μεταξύ 300 και 400nm καταστρέφει βακτήρια, όχι όμως και ιούς, όπως η UVC^[11].

Η Near UV μπορεί να καταστείλει την ανάπτυξη των βακτηρίων σε ιατρικούς χώρους και μάλιστα κατά τρόπο ασφαλή συγκριτικά με την UVC^[12].

3.2 Τεχνητή δημιουργία υπεριώδους ακτινοβολίας

Οι κύριες πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας στα εργαστήρια είναι:

- οι τράπεζες υπεριώδους ακτινοβολίας
- οι μικροβιοκτόνοι λαμπτήρες

Στις τράπεζες υπεριώδους ακτινοβολίας παράγεται UVB ακτινοβολία μήκους κύματος 312nm, η οποία είναι επιζήμια για τα μάτια και το δέρμα. Κατά τη χρήση της τράπεζας υπεριώδους ακτινοβολίας από τον άνθρωπο απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός, όπως προστατευτική ποδιά, ώστε να μην περάσει στα ενδύματα του ανθρώπου η ακτινοβολία,

προστατευτικά γυαλιά για να προστατεύσουν την όραση, καθώς και γάντια για την ασφάλεια των χεριών, ενώ η χρήση πρέπει να γίνεται αποκλειστικά από εξειδικευμένο προσωπικό.

Ο θάλαμος στρωτής ή αλλιώς *νηματικής* ροής διαθέτει λάμπα με μικροβιοκτόνο δράση που παράγει υπεριώδη ακτινοβολία UV-Cμήκους κύματος 253,7nm.

Η λάμπα του θαλάμου νηματικής ροής χρησιμοποιείται για αποστείρωση των χώρων, οι οποίοι ωστόσο πρέπει προηγουμένως να εκκενωθούν. Αφού απομακρυνθούν οι άνθρωποι, ο χώρος εκτίθεται έως και δέκα λεπτά σε υπεριώδη ακτινοβολία UVCεκλύοντας όζον. Για τον λόγο αυτό συνίσταται επαρκής αερισμός μετά το πέρας της διαδικασίας.

Δεδομένου ότι η υπεριώδης ακτινοβολία τύπου UVCδεν μπορεί να φτάσει στην γη, καθώς την απορροφά εξ ολοκλήρου το στρώμα του όζοντος, ο μόνος τρόπος συλλογής αυτής είναι κατά τρόπο τεχνητό, έπειτα δηλαδή από παρέμβαση του ανθρώπου^[11].

Κάποιες τεχνητές πηγές UVCείναι οι παρακάτω:

- Δάδες συγκόλλησης
- Λαμπτήρες υδραργύρου
- Λείζερ
- Μικροβιοκτόνος φωτισμός UV-C
- Σολάριουμ

Αν και οι εφαρμογές της UVCακτινοβολίας ποικίλουν και διευρύνονται σε αρκετούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, δεν είναι ωστόσο όλες το ίδιο αναγκαίες για τον άνθρωπο. Δεδομένης της επικινδυνότητας αυτού του τύπου ακτινοβολίας, κάποιες από αυτές τις δραστηριότητες μπορούν να αποφεύγονται ή να υλοποιούνται με χρήση άλλου τύπου υπεριώδους ακτινοβολίας, λιγότερο επικίνδυνου.

Η μέθοδος της συγκόλλησης αποτελεί μια διαδεδομένη και πολύ χρήσιμη πρακτική με ποικίλες εφαρμογές σε δομικά έργα. Είναι κάτι που δεν μπορεί να αποφευχθεί, μπορεί όμως να προληφθεί ο κίνδυνος και να ληφθούν οι απαραίτητες προφυλάξεις. Οι εργαζόμενοι είναι

άτομα καταρτισμένα που διαθέτουν προστατευτικό εξοπλισμό και προστατεύουν δέρμα και μάτια κατά την επαφή τους με την UVC.

Από την άλλη το solariumβρίσκει ευρεία διάδοση κυρίως στις γυναίκες οι οποίες επιθυμούν για αισθητικούς λόγους να αποκτήσουν μαυρισμένη επιδερμίδα. Πρόκειται για μια μη αναγκαία διαδικασία, η οποία είναι δυνατόν να αποφευχθεί και η οποία έτσι κι αλλιώς δεν είναι κατάλληλη για όλους τους τύπους δέρματος. Ασφαλώς απαιτούνται και σε αυτή την περίπτωση μέτρα προφύλαξης για την αποφυγή ανεπιθύμητων παρενεργειών.

Μια άλλη πολύ σημαντική χρήση της UVCείναι η εφαρμογή της για μικροβιοκτόνο δράση. Η UVCέχει τη δυνατότητα καταστροφής των μικροοργανισμών σε ποσοστό μέχρι και 99,99%. Ωστόσο όπως προαναφέρθηκε απαιτούνται άτομα καταρτισμένα, με εξειδικευμένο εξοπλισμό, προσεκτικός χειρισμός, εκκένωση του χώρου προς απολύμανση από τους ανθρώπους και καλός αερισμός.

Δεδομένου ότι τεχνητές πηγές UVCβρίσκουν διαφορετικές εφαρμογές ανάλογα με την ανάγκη που εξυπηρετούν κάθε φορά, φτάνουν και σε διαφορετικό μήκος κύματος κάθε φορά. Για μεγάλη δραστηριότητα, προτιμάται UVCμικρού μήκους κύματος^[11].

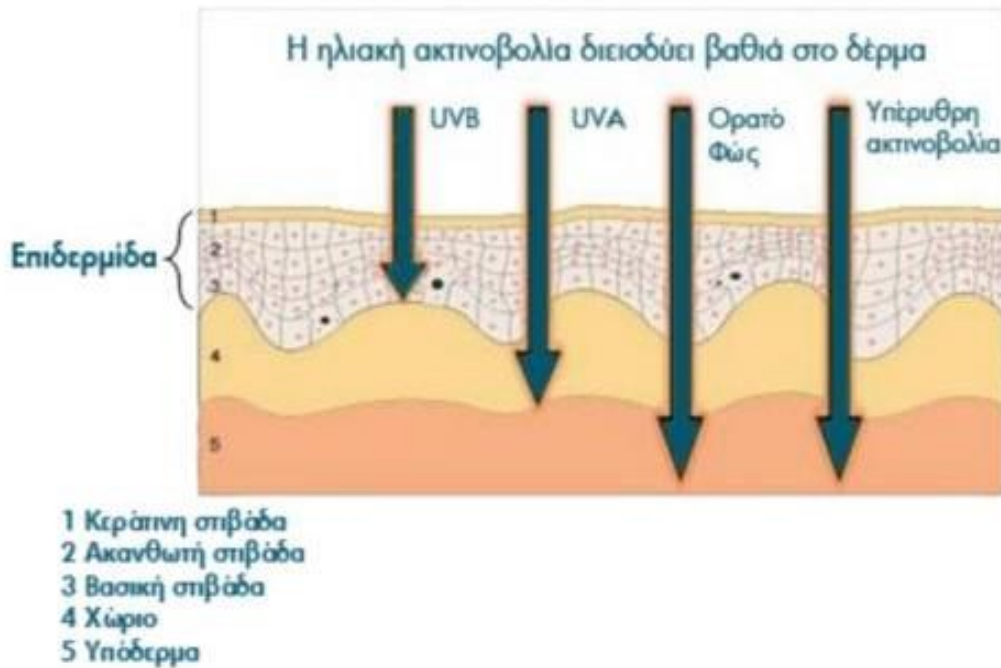
3.3Επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα

Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν πλήττει τα μαλλιά και τα νύχια, όσο πλήττει τα μάτια και το δέρμα. Η παρατεταμένη έκθεση στην εν λόγω ακτινοβολία, μπορεί μακροπρόθεσμα να επιφέρει μόνιμες βλάβες, να αλλοιώσει το DNAή να πλήξει το ανοσοποιητικό.

Ωστόσο, η πιο γνωστή συνέπεια της έκθεσης του δέρματος στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι τα εγκαύματα, ο καρκίνος και η πρόωρη γήρανση, ενώ των ματιών η κερατοπάθεια, ο καταρράκτης, η φωτοκερατίτιδα και το πτερύγιο.

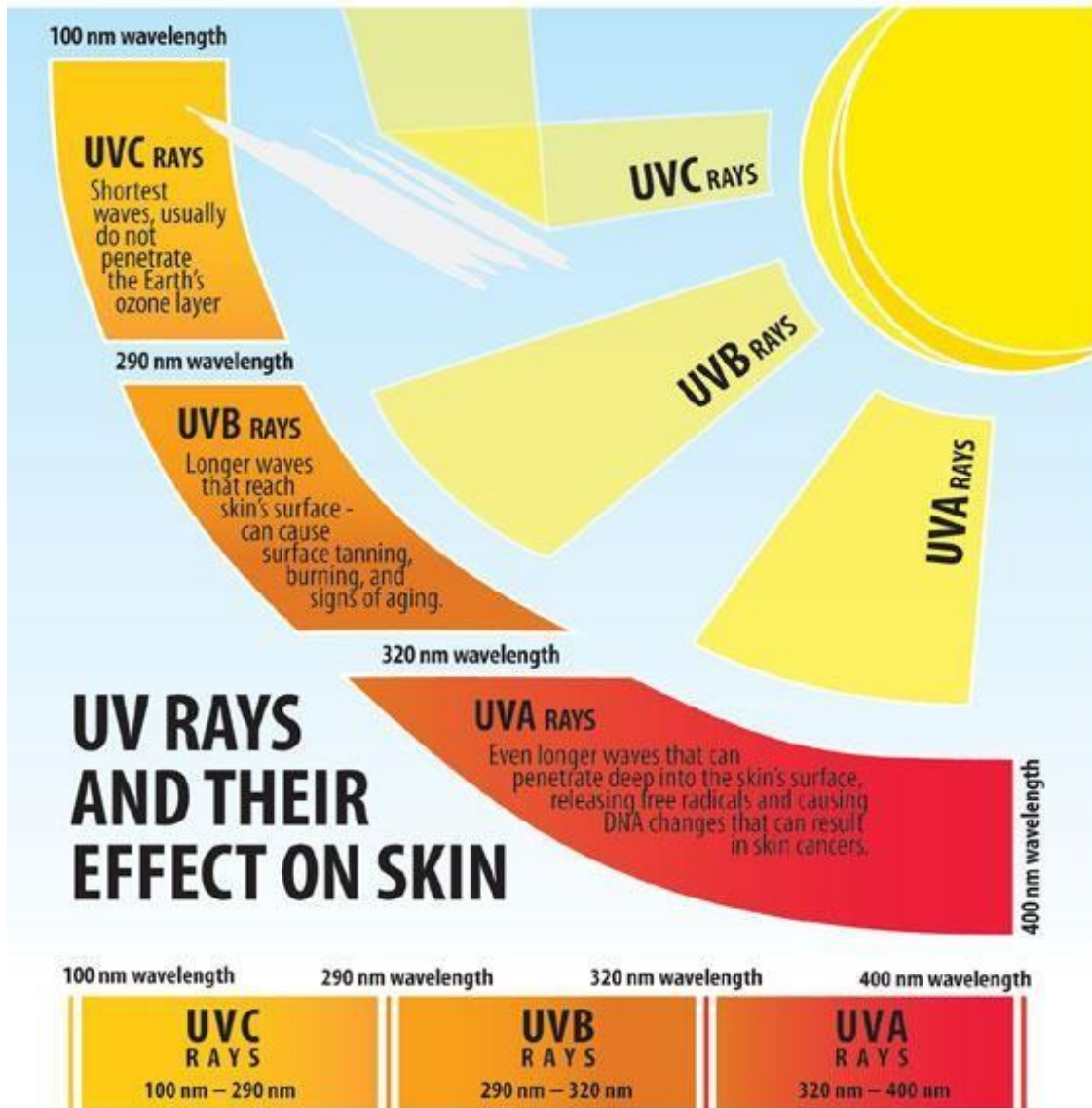
Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως το δέρμα έχει την ικανότητα χάρη στη μελανίνη να απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία σε αντίθεση με τα μάτια που δεν διαθέτουν ανάλογο μηχανισμό.

Για την γήρανση του δέρματος υπεύθυνη είναι η ακτινοβολία Α που μεταβάλλει τη συγκέντρωση κολλαγόνου στο δέρμα, ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία Β επιφέρει εγκαύματα και μελανώματα.



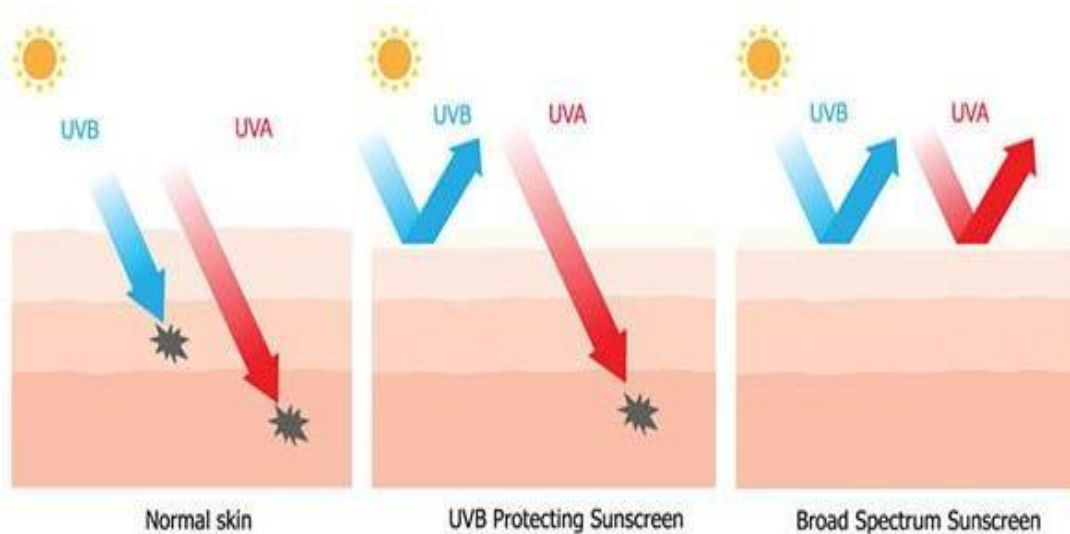
Σχήμα 3.6 Διείσδυση υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα ανάλογα τη μορφή της^[13].

Ανάλογα με τη μορφή της υπεριώδους ακτινοβολίας αυτή διεισδύει περισσότερο ή λιγότερο στο δέρμα και προκαλεί διαφορετικού τύπου φθορές. Μάλιστα όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας, τόσο επικίνδυνη είναι για τον άνθρωπο. Ο ανθρώπινος οργανισμός είναι φτιαγμένος με άμυνες, ωστόσο με το πέρασμα του χρόνου αυτές πέφτουν, ενώ παράλληλα υπάρχουν και άτομα μικρής ηλικίας με φωτοευαισθησία λόγω γενετικών παραγόντων ή λήψης κάποιου φαρμάκου.



The wavelength of UV (ultraviolet) rays is measured in nanometers (or billionths of a meter), abbreviated as "nm."

Σχήμα 3.7 Συνέπειες στο δέρμα ανά κατηγορία υπεριώδους ακτινοβολίας^[14].



Σχήμα 3.8 Επίπτωση UVA και UVB στο δέρμα^[14].

3.4 Επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας στα μάτια

Όσον αφορά τα μάτια, αυτά διαθέτουν τους δικούς τους μηχανισμούς προστασίας απέναντι στην ακτινοβολία UV. Ωστόσο η προστασία αυτή είναι πολύ πιο περιορισμένη συγκριτικά με εκείνη του δέρματος που εξασφαλίζεται από την μελανίνη.

Συγκεκριμένα:

- Ο φακός του ματιού απορροφά την UVA ακτινοβολία.
- Ο κερατοειδής σε συνδυασμό με τον φακό απορροφούν την UVR ακτινοβολία.
- Ο κερατοειδής χιτώνας προστατεύει από την UVB.
- Οι ανώτερες στιβάδες του κερατοειδούς εξασφαλίζουν προστασία από την UVC.

Παρά τους μηχανισμούς αυτούς ωστόσο, η παρατεταμένη επαφή των ματιών με την υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να αποβεί μοιραία στην πρόκληση βλαβών που σχετίζονται με την όραση.

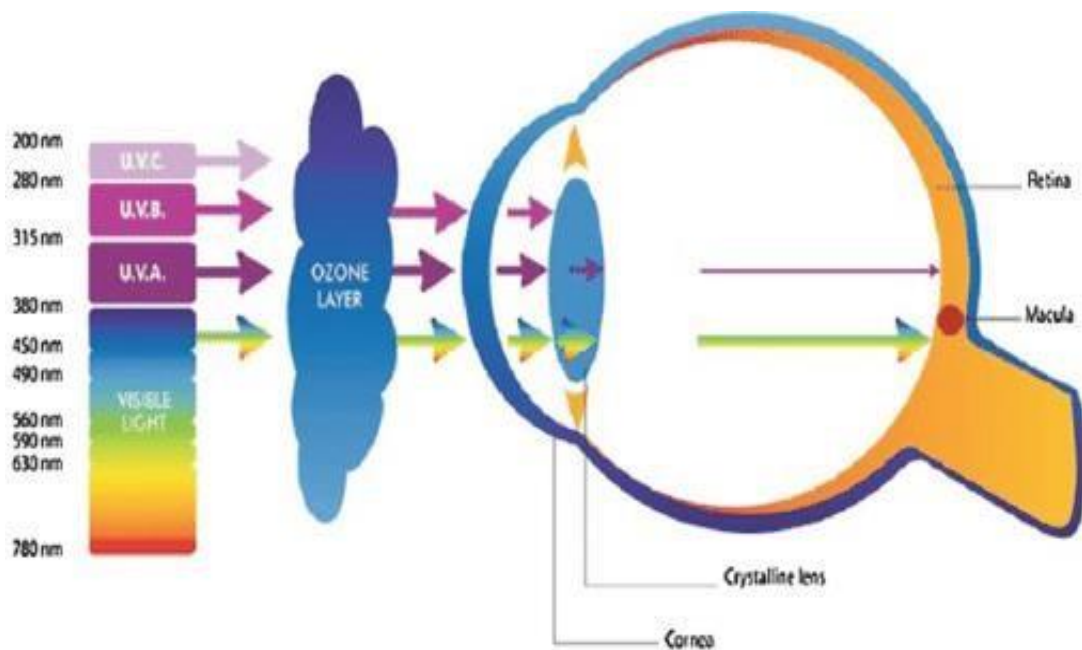
Έτσι, η υπερβολική έκθεση των ματιών στην UVR μπορεί να επιφέρει βλάβη του επιπεφυκότα και του κερατοειδούς. Τα συνήθη συμπτώματα είναι πόνος και ο ερεθισμός, η

παραγωγή δακρύων και τα λεγόμενα «χιόνια» κατά την όραση, συμπτώματα που εμφανίζονται την επόμενη μέρα αλλά τις πιο πολλές φορές είναι ιάσιμα.

Η δομή των πρωτεϊνών ενός ματιού εκτεθειμένου για πολλά χρόνια στην υπεριώδη ακτινοβολία τύπου UVA και UVB επιφέρει μέχρι και καταρράκτη. Μια πολύ μικρή ποσότητα UVΑ εισέρχεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα και απορροφάται από τον εξωτερικό ιστό του ματιού.

Κάποια άνθρωποι ωστόσο δεν διαθέτουν τον φακό αυτό για προστασία. Πρόκειται για παράδειγμα για ασθενείς που υπεβλήθησαν σε χειρουργείο καταρράκτη και κινδυνεύουν να βλαφθεί ο αμφιβληστροειδής τους από την εκπομπή επιτιθέμενων ελεύθερων ριζών. Τέλος, άνθρωποι που η εργασία τους το απαιτεί, μοιραία είναι εκτεθειμένοι στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Η ακτινοβολία UVR ευθύνεται επίσης για αλλοιώσεις του επιπεφυκότα και του κερατοειδούς όπως το πτερύγιο, η κερατοπάθεια και η pinguecula.



Σχήμα 3.9 Διείσδυση διαφορετικών μορφών υπεριώδους ακτινοβολίας στο μάτι^[15].

3.5 Αξιολόγηση και έλεγχος του κινδύνου της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας

- Απαραίτητος είναι ο εφοδιασμός εκ των προτέρων με τον εξειδικευμένο εξοπλισμό προφύλαξης του εκπαιδευμένου προσωπικού.
- Κατά την επαφή και χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη ο επιλεγόμενος κάθε φορά τύπος ακτινοβολίας. Τα διαφορετικά μήκη κύματος των διαφορετικών μορφών ακτινοβολίας επιφέρουν και διαφορετικό ποσοστό επικινδυνότητας για τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ θέλουν και διαφορετικό χειρισμό.
- Πριν από κάθε εφαρμογή ορίζεται η ένταση εκπομπής της ακτινοβολίας, ανάλογα με τη χρήση και την σοβαρότητα του σκοπού για τον οποίο αυτή προορίζεται.
- Προτού αρχίσει η εφαρμογή της υπεριώδους ακτινοβολίας πρέπει να έχει προβλεφθεί ο χρόνος δράσης της και η συχνότητα εφαρμογής της, αναφορικά πάντα με την χρήση για την οποία προορίζεται.
- Τα προστατευτικά εξαρτήματα των συσκευών φωτός υπεριώδους ακτινοβολίας δεν θα πρέπει να αφαιρούνται κατά τη λειτουργία τους.

3.6 Προσωπικός προστατευτικός εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που ενδείκνυται κατά την έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία είναι^[16]:

- Γυαλιά με απορροφητική ικανότητα και UV φίλτρο
- Ειδικές ολόσωμες φόρμες
- Προστατευτικά γάντια
- Προστατευτική ασπίδα προσώπου.
- Φακοί επαφής με UV φίλτρο



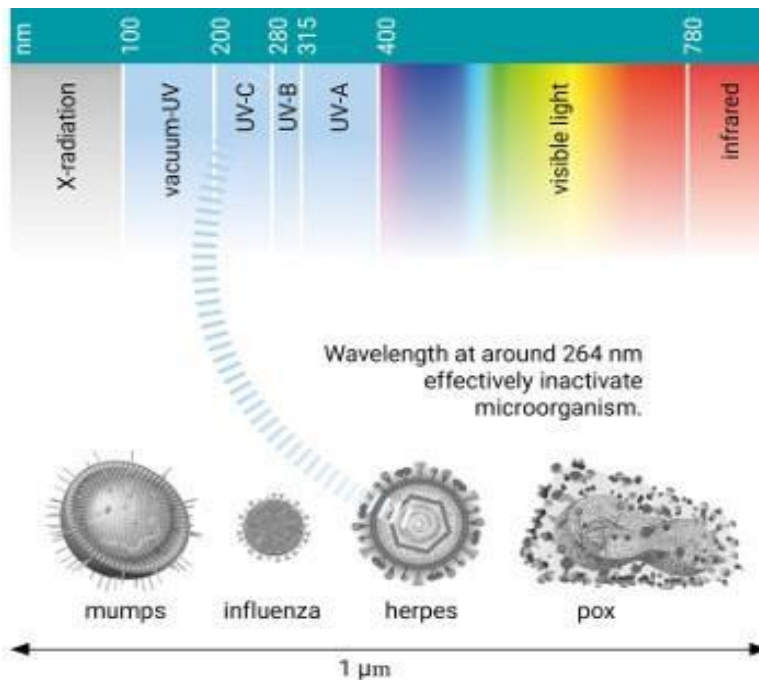
Σχήμα 3.10 Προστατευτικός εξοπλισμός κατά την έκθεση με την υπεριώδη ακτινοβολία UVC^[17].

4. Καθαρισμός επιφανειών «υψηλού κινδύνου» με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

Η υπεριώδης ακτινοβολία τύπου UVC, ανάμεσα στις άλλες χρήσεις της μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τους παθογόνους μικροοργανισμούς σε ποσοστό που ανέρχεται σχεδόν το 100%. Χρησιμοποιείται δηλαδή μικροβιοκτόνος φωτισμός τεχνητών πηγών με ρυθμισμένο μήκος κύματος και ρυθμιζόμενη δράση. Με αυτό τον τρόπο καταστρέφονται τα μικρόβια τόσο στον αέρα αλλά ιδιαίτερα επάνω στις επιφάνειες.

Οι πιο διαδεδομένες εφαρμογές χρήσης μικροβιοκτόνου φωτισμού UVC είναι οι εξής:

- Σε αθλητικούς χώρους, ιδιαίτερα σε κλειστά γυμναστήρια όπου η συγκέντρωση ατόμων είναι συχνά μεγάλη.
- Στο περιβάλλον του σχολείου, όπου οι χώροι είναι επίσης κλειστοί και πολυσύχναστοι.
- Στον ιατρικό τομέα, σε νοσοκομεία και μονάδες φροντίδας ηλικιωμένων, καθώς και για την αντιμετώπιση του Covid-19^[11].



Σχήμα 4.1 Δραστηκότητα UVC ακτινοβολίας έναντι διαφορετικών ειδών παθογόνων μικροοργανισμών^[18].

Η υπεριώδης ακτινοβολία τύπου UVC αντιμετωπίζει δραστικά τους παθογόνους μικροοργανισμούς καταστρέφοντας το DNA των κυττάρων τους, άρα και την ικανότητά τους για αναπαραγωγή και πολλαπλασιασμό. Φως σκοτώνει τα κύτταρα καταστρέφοντας το DNA τους. Η δράση αυτή επιτυγχάνεται σε κατάλληλα μήκη κύματος και με τη δημιουργία ουρακίλης στο RNA των μικροβίων και κυστοςίνης και θυμίνης στο DNA τους που αδρανοποιεί την γενετική τους πληροφορία για αναπαραγωγή.

Όπως αναφέρει το Κέντρο Ελέγχου Νοσημάτων η ακτινοβολία UVC είναι αποτελεσματική ακόμα και έναντι των πιο ανθεκτικών βακτηρίων. Μάλιστα το μέγεθος της ακτινοβολίας που θα εφαρμοστεί ποικίλει και διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος των κυττάρων των μικροοργανισμών που πρέπει να καταπολεμηθούν. Ωστόσο, δεν υπάρχουν έρευνες που να αναφέρουν ανάπτυξη μηχανισμών ανοσίας των παθογόνων μικροβίων έναντι του φωτισμού με υπεριώδη ακτινοβολία τύπου UVC^[11].

Η υπεριώδης μικροβιοκτόνος ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση του νερού, της τροφής ή ακόμα και του εισπνεόμενου αέρα από τους αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς. Η εν λόγω ακτινοβολία καθίσταται αποτελεσματική στην αδρανοποίηση της μούχλας, των βακτηρίων, των μυκήτων και των ιών. Οι συσκευές που εκπέμπουν ακτίνες υπεριώδους φωτός επιδέχονται τοποθέτηση ενισχυτικού φίλτρου προκειμένου να απολυμανθεί το νερό ή ο αέρας.

Η μικροβιοκτόνος υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκει εφαρμογή σε χώρους εργασίας, σε κοινόχρηστους και πολυσύχναστους χώρους καθώς και σε ιατρικούς χώρους και νοσοκομειακές κλίνες.

- Από το 1998 και εξής η χρήση της μικροβιοκτόνου δράσης της υπεριώδους ακτινοβολίας επεκτάθηκε και στην Ευρώπη και την Αμερική.

- Σχετικές μελέτες διεξήχθησαν και από τους Blunt και Downes για την καταπολέμηση των βακτηριακών λοιμώξεων από την υπεριώδη ακτινοβολία, λίγο νωρίτερα, το 1878.

- Το 1903, ο Finsen εφευρέθηκε τη μέθοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας για να αντιμετωπίσει την δερματική φυματίωση. Η προσπάθειά του απέδωσε καρπούς και γι' αυτό τιμήθηκε με βραβείο Νόμπελ.

- Το 1910 πραγματοποιήθηκε σε γαλλικό εργαστήριο η απολύμανση νερού με την έκλυση υπεριώδους ακτινοβολίας.

-Το 1955 η Ελβετία και η Αυστρία χρησιμοποίησαν υπεριώδη ακτινοβολία για την απολύμανση των υδάτων.

Όσο περνούν τα χρόνια και η τεχνολογία εξελίσσεται ανακαλύπτονται νέες μέθοδοι αξιοποίησης της υπεριώδους ακτινοβολίας με μικρότερο κόστος, ενώ η παρατεταμένη χρήση οδηγεί σε πιο έμπειρο και προσεγμένο χειρισμό.

Η υπεριώδης ακτινοβολία αποτελεί ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μεγαλύτερο μήκος κύματος από αυτό των ακτινών X, και διατίθεται σε ποικίλα μήκη κύματος. Όσο μικρότερα είναι τα μήκη κύματος στα οποία εκπέμπεται η ακτινοβολία τόσο πιο δραστική είναι όσον αφορά την κυτταρική αδρανοποίηση του μηχανισμού αναπαραγωγής των παθογόνων μικροοργανισμών που επιτυγχάνεται με τα διμερή πυριμιδίνης^[19].

4.1 Παράγοντες δραστηριότηταςUV-C

Η δραστηριότητα της μικροβιοκτόνου δράσης του υπεριώδους φωτός σχετίζεται άμεσα με τους παρακάτω παράγοντες:

-Η ακτινοβολία πρέπει να πλήττει απευθείας το αντικείμενο ή την επιφάνεια που υπόκειται σε καθαρισμό, χωρίς την μεσολάβηση εμποδίων, για πλήρη αποτελεσματικότητα.

-απαιτείται ακριβής τοποθέτηση της συσκευής εκπομπής ακτινοβολίας και κοντά στην επιφάνεια που πρέπει να απολυμανθεί.

-Η ανακλαστική ιδιότητα που διαθέτει η επιστρωση του λαμπτήρα είναι δυνατό να εντείνει την αποτελεσματικότητα της συσκευής

-Επαναλαμβανόμενη υποβολή ενός αντικειμένου ή μιας επιφάνειας σε υπεριώδη ακτινοβολία

-Οι λαμπτήρες δεν πρέπει να είναι παλιοί, για να μην χάνουν τις ιδιότητές τους

-Απαιτείται μέγιστη αποδοτικότητα λαμπτήρα, που σημαίνει ότι αν επικαλύπτονται από σκόνες ή άλλες ουσίες θα πρέπει να αλλάζονται.

-Αν η λάμπα ψυχθεί, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μειώνεται.

-Ο χρόνος επαφής της ακτινοβολίας με την επιφάνεια πρέπει να είναι επαρκής και ανάλογος των αναγκών καθαρισμού.

-Όσο μικρότερο το μήκος κύματος τόσο αποτελεσματικότερη η υπεριώδης ακτινοβολία

-Η ανθεκτικότητα των παθογόνων μικροοργανισμών είναι πιθανό να μειώσει την αποτελεσματικότητα της δράσης της ακτινοβολίας, αν και ξέρουμε πως η UVC είναι δραστική ακόμα και σε περιπτώσεις πολύ ανθεκτικών μικροοργανισμών.

-Προτιμάται επίστρωση λάμπας από αλουμίνιο καθώς διαθέτει μεγάλο βαθμό ανακλαστικότητας

Η δόση υπεριώδους ακτινοβολίας καθορίζει το ποσοστό αποτελεσματικότητάς της. Η δόση αφορά τα παρακάτω^[19]:

- Διαπερατότητα φωτός
- Θολότητα
- Ηλικία του λαμπτήρα και υποβάθμιση της έντασης του φωτός
- διάρκεια επαφής

$$\text{Δόση UV (}\mu\text{W}\cdot\text{s/cm}^2\text{)} = \text{ένταση UV (}\mu\text{W/cm}^2\text{)} \times \text{χρόνος έκθεσης σε sec}^{[19]}$$

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι αποτελεσματική για αποστάσεις του ενός μέτρου, ενώ η δράση της μειώνεται όσο απομακρύνεται το αντικείμενο ή η επιφάνεια.

Πολύ σημαντικό είναι να ελέγχεται και το όριο ζωής του λαμπτήρα. Οι επιστρώσεις είναι εξίσου σημαντικές και προστατεύουν τις λάμπες από φθορές ή σπασίματα. Ωστόσο, αυτές οι

προστατευτικές επιστρώσεις, αν και αυξάνουν τον χρόνο ζωής της λάμπας, μειώνουν τελικά το ποσό της εκλυόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας.

Τέλος, η ένταση της ακτινοβολίας ορίζεται σε σχέση κάθε φορά με τον τύπο του μικροοργανισμού που αντιμετωπίζεται^[19].

4.2 Τύποι λαμπτήρων εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

Στο εμπόριο διατίθενται δυο κύριοι τύποι λαμπτήρων με σκοπό την απολύμανση με φωτισμό UVC ακτινοβολίας. Οι λαμπτήρες αυτές καλύπτουν τα απαιτούμενα μήκη κύματος, τις απαραίτητες δηλαδή προϋποθέσεις για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των παθογόνων μικροοργανισμών. Ενδεικτικά, τα μήκη κύματος που θεωρούνται κατάλληλα είναι εκείνα που υπερβαίνουν τα 280nm.

Οι εν λόγω λάμπες είναι είτε γραμμικές είτε αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου συστήματος καθαρισμού.

Οι πιο γνωστοί τύποι τέτοιων λαμπτήρων είναι:

A) Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης

Οι λάμπες αυτού του τύπου είναι φτιαγμένες από τηγμένο χαλαζία και δίνουν τη δυνατότητα στο φως να διαπερνάει το γυαλί της λάμπας και να μένει αλώβητο, διατηρώνοντας όλες τις απαιτούμενες ιδιότητές του. Με άλλα λόγια, αυτού του τύπου ο λαμπτήρας δεν διαθέτει βιορροπυριτικό γυαλί ούτε φθορισμό φωσφόρου.

B) Παλμικό xenon

Αυτού του τύπου οι λάμπες επιτρέπουν στον ηλεκτρισμό να διαπεράσει το ιονισμένο αέριο xenon δημιουργώντας έτσι φως. Ο φωτισμός αυτός έχει τη μορφή φλας και ενεργοποιείται ανά έξι δευτερόλεπτα. Ο φωτισμός UVC μπορεί ακόμα να συνδυαστεί με το παλμικό ξένο και να «κάψουν» τα τοιχώματα των κυττάρων των παθογόνων μικροοργανισμών.

Διαφορές λαμπτήρα παλμικού xenon και υδραργύρου χαμηλότερης πίεσης

Οι λαμπτήρες χαμηλής πίεσης Hg (LPM)

- δεν ενδείκνυνται για τον καθαρισμό επιφανειών από μεγάλη απόσταση.
- Πρέπει να αντικαθίστανται συχνά – κάθε μισό χρόνο- γιατί χάνουν την αποτελεσματικότητά τους.
- Βρίσκονται αναμμένοι για μεγάλο χρονικό διάστημα με σκοπό οι λαμπτήρες LPM παρέχουν επίσης μια «σταθερή» δόση φωτισμού UV-C, που σημαίνει ότι καταστρέφεται πλήρως το DNA των μικροβίων. Ωστόσο, στο διάστημα αυτό η υπεριώδης UVCακτινοβολία είναι δυνατό να καταστεί επιζήμια για άλλα υλικά (ιδιαίτερα τα πολυμερή) στο χώρο φθείροντάς τα.

Από την άλλη, οι παλμικοί λαμπτήρες xenon:

- Έχουν μεγαλύτερη ένταση, αντιμετωπίζουν τα μικρόβια ακόμα και των πιο απομακρυσμένων επιφανειών, είναι περισσότερο ακριβείς και διατηρούν μεγάλη ένταση.
- Έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στον χρόνο και δεν χρειάζονται τόσο συχνή αντικατάσταση.
- Μπορούν να φτάσουν μήκη κύματος ακόμα και μικρότερα των 200 nm που σημαίνει πως ελαττώνονται γρηγορότερα τα βακτήρια που παράγουν σπόρους.
- Δεν φθείρουν το υλικό των υπλοίπων αντικειμένων του περιβάλλοντα χώρου.

Με άλλα λόγια, θα λέγαμε πως το παλμικό xenon θυμίζει ηλεκτρικό πλυντήριο, ενώ οι λάμπες υδραργύρου χαμηλής πίεσης θυμίζουν δομικά σωλήνες. Οι λάμπες με παλμικό xenon εφαρμόζουν παλμική κίνηση εν αντιθέση με τη σταθερή ροή, με αποτέλεσμα ο φωτισμός να είναι εντονότερος. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των φορτίων του ηλεκτρισμού και απελευθέρωσης του φωτός της υπεριώδους ακτινοβολίας με ισχυρά φωτόνια που «χτυπά» τα κύτταρα των μικροβίων και εμποδίζει την αναπαραγωγή τους^[11].

Λαμπτήρες ατμού υδραργύρου

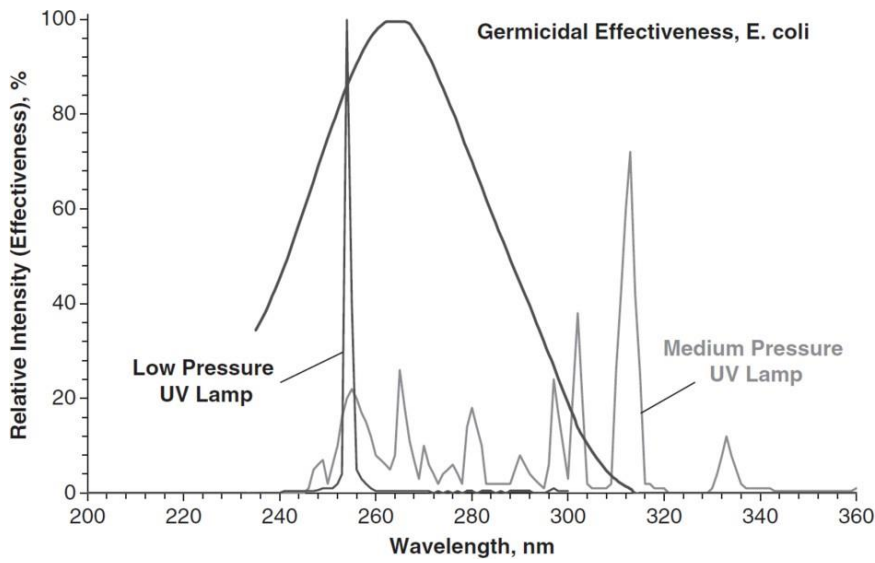
Για την απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία χρησιμοποιείται λαμπτήρας ατμού υδραργύρου χαμηλής πίεσης, καθώς αυτός φτάνει μήκη κύματος κοντά στα 260 nm, τιμή που εξασφαλίζει αποτελεσματικότητα έναντι των μικροοργανισμών.

Υπάρχουν δυο είδη λαμπών ατμού υδραργύρου: α) εκείνες που εφαρμόζουν μέση πίεση και β) εκείνες που εφαρμόζουν χαμηλή.

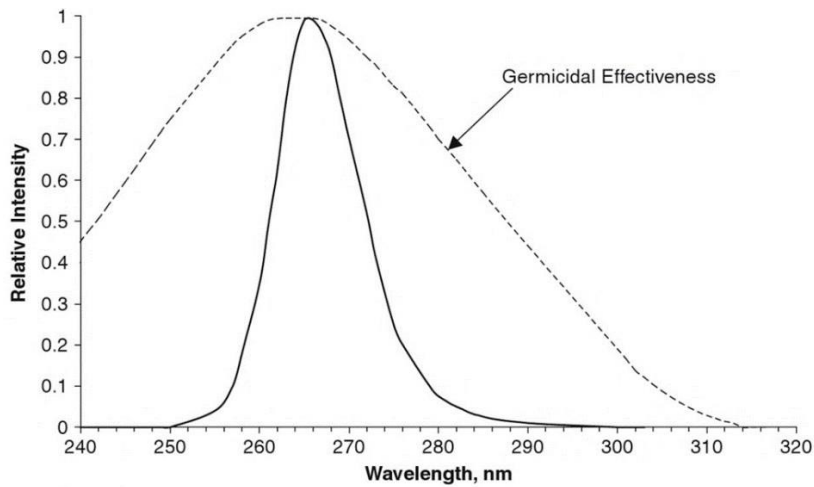
Αν και οι λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας χαμηλής πίεσης έχουν μικρότερη ισχύ είναι ωστόσο πιο αποδοτικές ως προς την εκπομπή υπεριώδους φωτός. Ακόμη, οι λαμπτήρες που κάνουν χρήση υδραργύρου είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουν επιπρόσθετα και αμάλαμα για μεγαλύτερη ισχύ. Μάλιστα, η επιλογή του γυαλιού κάθε φορά καθορίζει και το μήκος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας^[19].

Λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας τεχνολογίας LED

Οι λάμπες LED είναι μικρότερης απόδοσης από εκείνες του υδραργύρου και φτάνουν μήκη κύματος από 225 έως 280 nm. Συνήθως εφαρμόζονται σε ιατρικούς χώρους και συσκευές. Ωστόσο, οι κατασκευαστές μπορούν να προσαρμόσουν τον φακό LED τροποποιώντας τις ιδιότητές του ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στις συγκεκριμένες ανάγκες απολύμανσης^[19].



Σχήμα 4.2 Μέγεθος μικροβιοκτόνου δράσης υπεριώδους ακτινοβολίας σε περιπτώσεις μέσης και χαμηλής πίεσης ατμού υδραργύρου^[19].



Σχήμα 4.3 Ενίσχυση μικροβιοκτόνου δράσης της υπεριώδους ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος στο οποίο αυτή εκπέμπεται^[19].

4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

Πλεονεκτήματα

- Η UV-C χρησιμοποιείται με τρόπο που να μην έρχεται σε επαφή με τον άνθρωπο. Έτσι καθίσταται ένα ασφαλές μέσο καθαρισμού.
- Αποτελεί έναν ταχύ τρόπο εξάλειψης βακτηρίων
- Καταστρέφει το DNA των κυττάρων των μικροοργανισμών σε ποσοστό 99,9%
- Έχει χαμηλό κόστος
- Δεν επηρεάζει τη σύσταση και τη δομή του περιβάλλοντος χώρου, ενώ με την κατάλληλη προσοχή δεν φθείρει το υλικό των αντικειμένων
- Δεν καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας και δεν καταστρέφει το περιβάλλον

Μειονεκτήματα

- Χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια για να τεθεί σε εφαρμογή
- Δεν καταπολεμούνται όλες οι ουσίες, όπως για παράδειγμα τα φυτοφάρμακα και το αρσενικό
- Συχνά οι ακτίνες έχουν περιορισμένη εμβέλεια
- Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να καταστεί καταστροφική για πλαστικά αντικείμενα και επιφάνειες ή αντικείμενα από καουτσούκ, των οποίων καταστρέφει τους χημικούς δεσμούς ικανή να διασπάσει τους χημικούς δεσμούς. Γι' αυτό τα υλικά πρέπει να περιβάλλονται με μέταλλα.
- Με κάποιο ταύπο λαμπτήρων Hg παράγεται και το αέριο όζον (O₃) το οποίο σε ποσότητες στον αέρα > 0,1 ppm μπορεί να είναι από ερεθιστικό έως τοξικό.

4.4 Προφυλάξεις ^[20]

- Απαιτείται η τήρηση αποστάσεων από τον λαμπτήρα εκπομπής ακτινών κατά τη λειτουργία της αλλά και αμέσως μετά το σβήσιμό της, καθώς θερμαίνεται και μπορεί να κάψει το δέρμα αν έρθει σε επαφή με αυτό^[20].

- Η οσμή της εκπεμπόμενης από τον λαμπτήρα ακτινοβολίας (σχηματισμός όζοντος-Ο₃) μπορεί να αναπτύξει περίεργη μυρωδιά που όμως εκλύεται σε μικρές δόσεις και δεν κρίνεται ιδιαίτερα επικίνδυνη για το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου^[20].
- Η συσκευή εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας πρέπει να κρατείται μακριά από εύφλεκτα υλικά και ύφασμα ή χαρτί, τα οποία μπορεί να καούν^[20].
- Η συσκευή πρέπει να φυλάσσεται μακριά από υγρασία για να μην υπάρξει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.
- Η χρήση πρέπει να είναι ελεγχόμενη ώστε να μην προκληθεί φθορά του υλικού προς απολύμανση.
- Οι γυναίκες που βρίσκονται σε περίοδο εγκυμοσύνης πρέπει να προφυλάσσονται^[20]

4.5 Χειρωνακτική απολύμανση ΑΤΜ με καθαριστικά του εμπορίου

Κατά τον καθαρισμό των πληκτρολογίων ΑΤΜ απαιτείται η χρήση προστατευτικών γαντιών από το προσωπικό. Επίσης είναι σημαντικό το ΑΤΜ να βρίσκεται σε λειτουργία και να μην είναι κλειστό. Τότε ο καθαριστής χρησιμοποιεί βαμβακερό πανί για την πλύση με ισοπροπυλική αλκοόλη περιεκτικότητας 70% και δεν εφαρμόζει σε καμιά περίπτωση το απολυμαντικό διάλυμα απευθείας πάνω στον πληκτρολόγιο ή την οθόνη του ΑΤΜ χωρίς τη χρήση πετσέτας^[21].

4.6 Καθαρισμός ΑΤΜ με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας τύπου UV-C

Το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων προειδοποιεί πως οι παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν στο ανθρώπινο δέρμα μέχρι και πέντε λεπτά αφότου έρθουν σε επαφή με αυτό. Χαρακτηριστικό όμως είναι πως στις επιφάνειες που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος στην καθημερινότητά του, οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν να επιβιώσουν ακόμα και για τρεις ημέρες. Η διαπίστωση αυτή καθίσταται ακόμη πιο κρίσιμη αν αναλογιστεί κανείς τις πλέον κοινόχρηστες επιφάνειες που χρησιμοποιεί ο

άνθρωπος καθημερινά και οι οποίες μπορεί να αξιοποιηθούν για οποιαδήποτε χρήση από ένα πολύ μεγάλο πλήθος ανθρώπων σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα, φιλοξενώντας ένα υπέρογκο πλήθος μικροβίων πάνω τους.

Για τον λόγο αυτό, η απολύμανση πρώτα απ' όλα των χεριών των χρηστών πρέπει να είναι τακτική και σχολαστική με ελάχιστη διάρκεια πλυσίματος τα είκοσι δευτερόλεπτα, ώστε να προλάβει να δράσει η απολυμαντική ουσία έναντι των μικροβίων.

Δεδομένου ότι η υπεριώδης UVCακτινοβολία αντιμετωπίζει τους μικροοργανισμούς σε ποσοστό σχεδόν 100%, κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή του σε περιπτώσεις καθαρισμού περιοχών υψηλού κινδύνου, όπως είναι το πληκτρολόγιο ΑΤΜτο οποίο χρησιμοποιείται καθημερινά από μεγάλο πλήθος χρηστών. Σε μια εποχή κατά την οποία μάλιστα παρουσιάζεται και έξαρση του Covid-19, η εφαρμογή των πλέον αποτελεσματικών μεθόδων απολύμανσης πρέπει να είναι η πρώτη επιλογή.

Ο φωτισμός του πληκτρολογίου με ακτινοβολία UVCπραγματοποιείται αμέσως μόλις ολοκληρωθεί η συναλλαγή και ο χρήστης παραλάβει την κάρτα του. Πρόκειται με άλλα λόγια για ένα αυτοματοποιημένο σύστημα καθαρισμού που εφαρμόζεται χωρίς να έρχεται σε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια του ανθρώπου^[22].



Σχήμα 4.4 Απολύμανση πληκτρολογίων ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UVC^[23].



Σχήμα 4.5 Απολύμανση ηλεκτρολογίου ATM με τη χρήση φωτισμού UVC^[24].

Όσον αφορά την τεχνολογία καθαρισμού με UVC που είναι ενσωματωμένη στα ηλεκτρολόγια ATM, στην ουσία πρόκειται για συνδυασμό λαμπτήρων LED μωβ χρώματος και ακτινοβολίας far-UVC που όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι μια υποκατηγορία της UVC σε μήκος κύματος 222 nm προκειμένου. Η χρήση του συγκεκριμένου μήκους κύματος αποσκοπεί στην αποφυγή φθοράς του ανθρώπινου οργανισμού ακόμα και σε περίπτωση άμεσης επαφής με αυτόν. Το σημαντικό είναι ότι παρά την ασφαλέστερη αυτή επιλογή για τον άνθρωπο, η δραστηριότητα έναντι των μικροβίων παραμένει η ίδια.



Σχήμα 4.6 Λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας^[11].

4.7 Χειρωνακτική απολύμανση τουαλέτας

Για τον χειρωνακτικό καθαρισμό της τουαλέτας απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό, ειδικός εξοπλισμός και κατάλληλες απολυμαντικές ουσίες. Οι προσμείξεις πολλών διαφορετικών καθαριστικών θα πρέπει να αποφεύγονται, ενώ σημαντικό είναι να λαμβάνεται υπόψη η δραστηριότητα και οι ιδιότητες των καθαριστικών σε σχέση με τα υλικά των

αντικειμένων και των επιφανειών που υπόκεινται σε καθαρισμό ώστε να μην φθαρθούν και αλλοιωθούν.

Ο προστατευτικός εξοπλισμός πρέπει επίσης να απολυμαίνεται ή να πετιέται. Για καθημερινούς λεκέδες και συντήρηση συνίστανται μη όξινα απολυμαντικά, ενώ σε δύσκολες περιπτώσεις, όπως στην σκουριά προτιμώνται όξινα απολυμαντικά.

Οι επιφάνειες οι οποίες είναι υψίστης σημασίας κατά τη χειρωνακτική απολύμανση είναι ασφαλώς εκείνες που χρησιμοποιούνται πιο πολύ. Τέτοιες είναι τα πόμολα, το δάπεδο, οι πάγκοι, οι βρύσες, το κάθισμα, οι συσκευασίες χαρτιού και σαπουνιού και οι πόρτες.

Εξίσου σημαντικός είναι και ο καθαρισμός του εξοπλισμού. Οι σκούπες, οι σφουγγαρίστρες, οι λεκάνες, οι πετσέτες, τα γάντια πρέπει να αποστειρώνονται ξεχωριστά ή να πετιούνται. Τέλος, οι πόρτες και οι τοίχοι μπορούν επίσης να απολυμανθούν^[25].

4.8 Απολύμανση δημόσιων τουαλετών με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

Μια από τις βιολογικές ανάγκες του ανθρώπου είναι κι αυτή της χρήσης της τουαλέτας. Δεδομένου ότι ένας άνθρωπος χρησιμοποιεί την τουαλέτα πολλές φορές την ημέρα (έως και έξι) πρέπει να φροντίζει για τον τακτικό καθαρισμό της. Τα πράγματα αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα όταν η τουαλέτα χρησιμοποιείται από περισσότερα του ενός άτομων – για παράδειγμα από μια οικογένεια- πόσο μάλλον όταν πρόκειται για κοινόχρηστες τουαλέτες στις οποίες η συχνότητα χρήσης είναι ιδιαίτερα μεγάλη και τα άτομα που μπαινοβγαίνουν πολλά και διαφορετικά κάθε φορά.

Συνεπώς, αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η συσσώρευση εξαιρετικά μεγάλου πλήθους παθογόνων μικροοργανισμών, οι οποίοι πρέπει να αντιμετωπιστούν δραστικά προκειμένου να εξασφαλιστεί η δημόσια υγεία.

Είναι χαρακτηριστικό πως στα κόπρανα του ανθρώπου εμπεριέχονται πολλά βακτήρια και μικροοργανισμοί. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω μικροοργανισμοί:

- *Enterococcus faecalis*

- Escherichia coli
- Serratia marcescens

Μάλιστα, όσον αφορά περιπτώσεις μολυσμένων ανθρώπων, εκείνοι παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση βακτηρίων στα κόπρανά τους. Ουσίες που επίσης μπορεί να εντοπισθούν σε περιπτώσεις τέτοιων ατόμων είναι:

- SARS-CoV
- ο ιός Έμπολα
- ο νοροϊός
- οι ιοί της γρίπης των πτηνών

Μια απλή έκπλυση της τουαλέτας (όταν χρησιμοποιείται δηλαδή το καζανάκι) προκαλεί αερολύματα και δημιουργεί μεγάλο πλήθος σταγονιδίων που εμπεριέχουν παθογόνα μικρόβια. Η απότομη ανατάραξη του νερού που πέφτει με πίεση είναι δυνατό να προκαλέσει ακόμα και εκατομμύρια τέτοια αερολύματα.

Έχουν διεξαχθεί σχετικές έρευνες οι οποίες αποδεικνύουν και αριθμητικά την ραγδαία και απότομη αύξηση του συνόλου των σταγονιδίων που σκορπίζονται στον αέρα μετά από κάθε έκπλυση. Έχει υπολογιστεί πως ακόμα και σε μια οικιακή τουαλέτα, η συγκέντρωση των μικροοργανισμών είναι μεγάλη.

Τέτοιοι μικροοργανισμοί των οποίων οι συγκεντρώσεις είναι υψηλές μετά από κάθε έκπλυση μπορεί να είναι ο Clostridium difficile ή ακόμα και ο S. Marcescens.

Όλα αυτά τα στοιχεία, οδηγούν στο συμπέρασμα πως η έκπλυση της τουαλέτας αποτελεί από μόνη της πιθανή πηγή μόλυνσης.

Υπάρχουν δύο τρόποι μόλυνσης στον χώρο της τουαλέτας: ο **πρωτογενής** και ο **δευτερογενής**.

Κατά την πρωτογενή μόλυνση οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και οι ιοί του εντέρου αερομεταφέρονται μετά την έκπλυση της τουαλέτας και το άτομο μπορεί να τους εισπνεύσει μαζί με τον αέρα.

Από την άλλη, η δευτερογενής μόλυνση συμβαίνει όταν ο άνθρωπος έρθει σε επαφή με μια επιφάνεια με υψηλή συγκέντρωση παθογόνων μικροβίων. Τέτοιες επιφάνειες μπορεί να είναι

το πάτωμα, τα καθίσματα τη λεκάνης, οι πόρτες, τα πόμολα, οι νεροχύτες ή το χερούλι της βρύσης.

Και στις δυο περιπτώσεις ο άνθρωπος μπορεί να μολυνθεί από το στόμα, τη μύτη, τα χέρια, ακόμα και από τα μάτια.

Για την απολύμανση των τουαλετών έχουν ήδη ληφθεί κάποια μέτρα αντιμετώπισης των μικροοργανισμών και καθαρισμού του χώρου. Όσον αφορά τις επιφάνειες, χρησιμοποιούνται καθαριστικά του εμπορίου για την απολύμανση όλων των επιφανειών, ή ακόμα και καλύμματα λεκάνης. Συχνές είναι και οι ταμπλέτες που τοποθετούνται εσωτερικά.

Ωστόσο αυτοί οι τρόποι απολύμανσης αφορούν περισσότερο την επαφή με τις εν λόγω επιφάνειες παρά την αντιμετώπιση των μικροοργανισμών που αιωρούνται στον αέρα που εισπνέουμε. Στην περίπτωση αυτή η συνήθης τακτική είναι ο συχνός αερισμός του μπάνιου, ωστόσο αυτός από μόνος του δεν είναι πάντοτε αρκετός για την καταπολέμηση των μικροοργανισμών, ειδικά όταν οι συγκεντρώσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές.

Στο πρόβλημα της καταπολέμησης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών μπορεί να δώσει λύση η χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C. Η τελευταία έχει χαμηλό κόστος και μεγάλη δραστηριότητα που μπορεί να αγγίξει ακόμα και το ποσοστό του 100%. Επίσης δρα αποτελεσματικά και για την απολύμανση των διαφόρων επιφανειών. Η μέθοδος απολύμανσης με χρήση UV-C είναι εγκεκριμένη από το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων, το οποίο τη συνιστά ακόμα και για την πρόληψη ή και αντιμετώπιση της φυματίωσης σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης.

Η συσκευή εκπομπής ακτινοβολίας UV-C πρέπει να είναι μικρού μεγέθους και σε κοντινή απόσταση με την επιφάνεια που είναι προς καθαρισμό. Η στόχευση πρέπει να είναι ακριβής και προσανατολισμένη και η δραστηριότητα μεγάλη. Ωστόσο, σημαντικό είναι πως η τοποθέτηση της συσκευής πρέπει να είναι τέτοια που να αποτρέπει την επαφή της ακτινοβολίας με τον άνθρωπο.



Σχήμα 4.7 Λαμπτήρας καθαρισμού τουαλέτας με χρήση UV Cακτινοβολίας^[26].

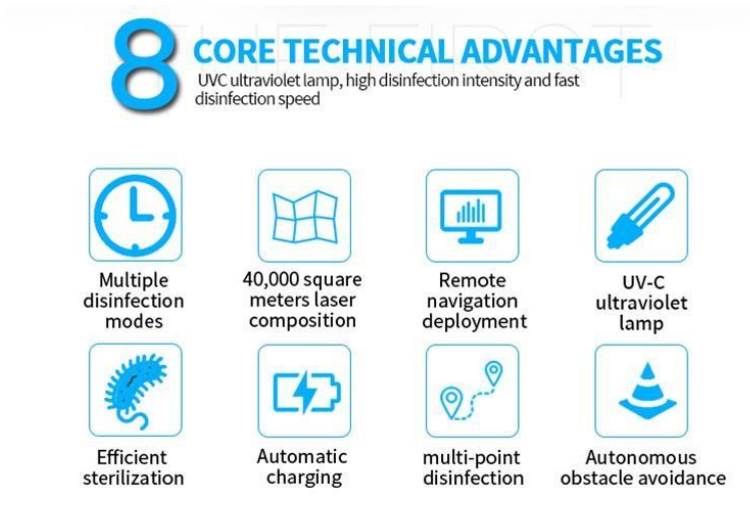
4.9 Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής UV-C στο εμπόριο

4.9.1 Συσκευή UV-C Intelligent Disinfection Robot KWR-768

Ανάμεσα στις συσκευές που χρησιμοποιούν λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας για την απολύμανση των επιφανειών κατατάσσεται και η συσκευή UVC Intelligent Disinfection Robot KWR-768. Το παράδειγμα της εν λόγω συσκευής είναι ενδεικτικό και αποσκοπεί στην βαθύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της παρούσας τεχνολογίας σε πραγματικές συνθήκες και κατά την πρακτική εφαρμογή.

Όπως φαίνεται κι από το όνομα της συσκευής, πρόκειται στην ουσία για ένα «ρομπότ», υπό την έννοια ότι η δράση της συσκευής είναι αυτοματοποιημένη όσον αφορά την εκπομπή ακτινοβολούμενου φωτός.

Με την χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας, οι μικροοργανισμοί αδρανοποιούνται σχεδόν εντελώς. Η λειτουργία της συσκευής είναι ευρέως φάσματος, αντιμετωπίζει ακόμα και τους πιο ανθεκτικούς μικροοργανισμούς και είναι φιλική προς το περιβάλλον.



Σχήμα 4.8 Πλεονεκτήματα μεθόδου απολύμανσης με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας^[27].



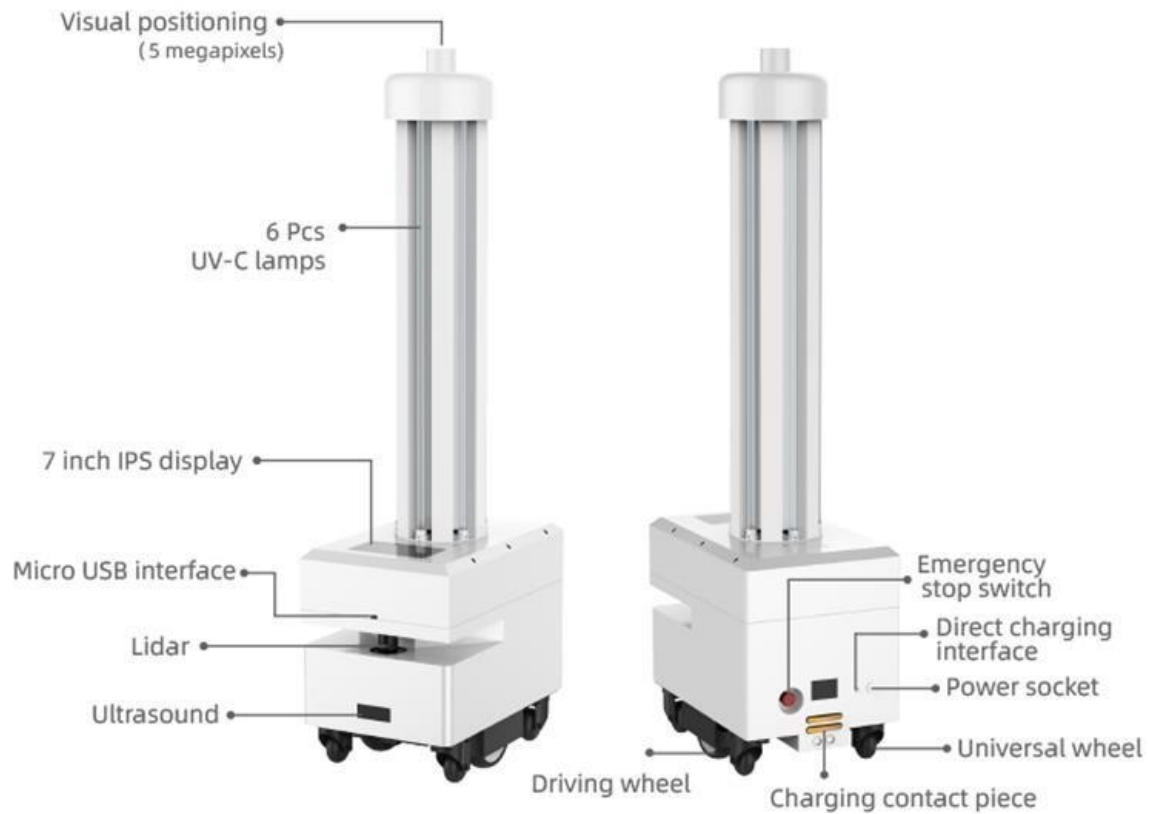
Σχήμα 4.9 Συσκευή UVC Intelligent Disinfection Robot KWR-768^[27].

Χαρακτηριστικά συσκευής UVC Intelligent Disinfection Robot

Η συσκευή τεχνολογίας UVC:

- ❖ Αποτελείται από έξι σωλήνες των 90 εκατοστών ο καθένας
- ❖ Αυτοματοποιημένη κίνηση της συσκευής για αποτελεσματικότερη απολύμανσης μεγαλύτερης εμβέλειας
- ❖ Γρήγορη λειτουργία και εξοικονόμηση χρόνου
- ❖ Δεν προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντος
- ❖ Διαθέτει αισθητήρα που ανιχνεύει την ανθρώπινη κίνηση διακόπτοντας την εκπομπή ακτινών όταν είναι παρών ο άνθρωπος. Αυτό σημαίνει πως η δράση της συσκευής πραγματοποιείται με τρόπο που δεν έρχεται σε επαφή με το δέρμα και δεν βλάπτει τον ανθρώπινο οργανισμό.
- ❖ Δυνατότητα αυτόματης λειτουργίας
- ❖ Είναι κατασκευασμένη ώστε να αντέχει στον χρόνο (μέχρι και 8κώρες)
- ❖ Εύκολη εγκατάσταση και απεγκατάσταση
- ❖ Έχει ικανότητα περιστροφής έως και 360° καθώς και απόκρουσης εμποδίων
- ❖ Έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα έναντι της αντιμετώπισης των μικροοργανισμών σε ποσοστό που πλησιάζει το 100%.
- ❖ Ικανότητα χειρισμού της συσκευής από απόσταση
- ❖ Με την κατάλληλη επιλογή laserμπορεί να φτάσει ακόμα και πιο απομακρυσμένα σημεία μεγαλύτερων σε τετραγωνικά χώρων.
- ❖ Παρακολούθηση και ικανότητα ρύθμισης πορείας απολύμανσης
- ❖ Συνδυασμός ακτινών Laser
- ❖ Υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της διάρκειας απολύμανσης.
- ❖ Φτάνει μήκη κύματος ακόμα και 254 nm υπεριώδους ακτινοβολίας

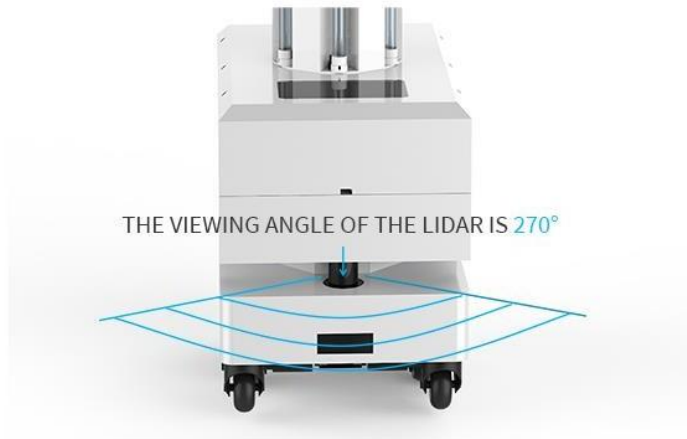
product structure



Lamp Model: TUV T8	Battery life: 2.5-3h
Total lamp power: 180W	Screen size: 7 inches
Lamp length: 90cm	Support language: Chinese, English
UV output: 12W*6=72W UVC	Product weight: 50kg
Type of battery: 20800 mAh/37V	Product Size: 540mm*360mm*1550mm

Σχήμα 4.10 Δομή συσκευής εκπομπής ακτίνων UVCακτινοβολίας^[27].

The field of view of the radar is 270°, and the scanning range is the horizontal plane of the radar height; the scanning distance is 20 meters



HOSPITAL CORRIDORS, WARDS



COMPANY

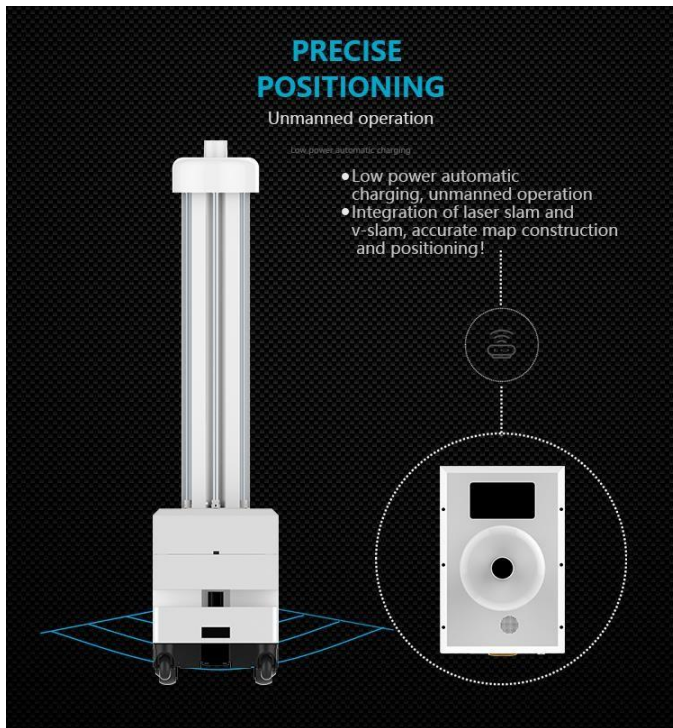


SHOPPING MALL PUBLIC PLACE



4.STATION PUBLIC PLACE

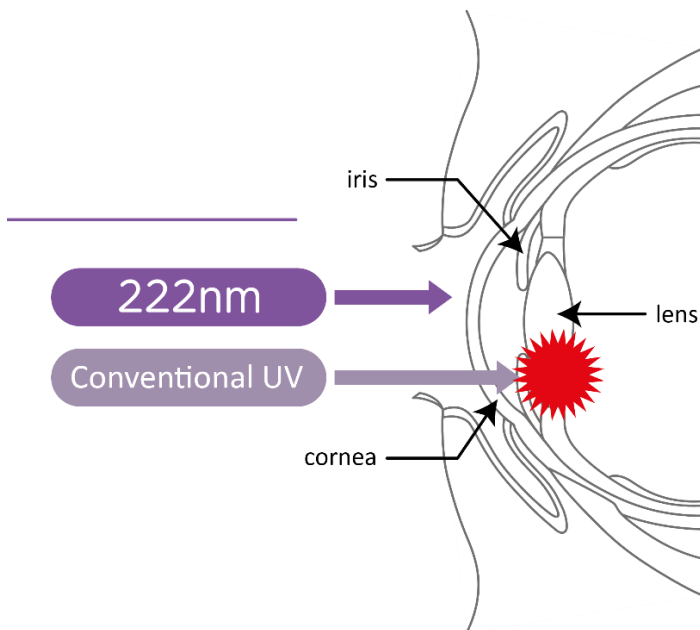
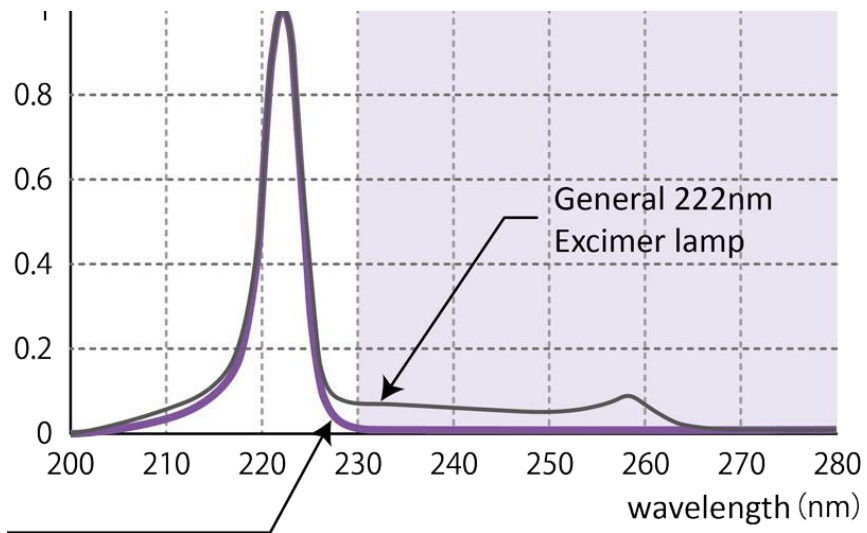
Σχήμα 4.11 Κοινόχρηστοι και πολυσύχναστοι χώροι ανθρώπινης δραστηριότητας στους οποίους εφαρμόζεται η συσκευή εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας UVC^[27].



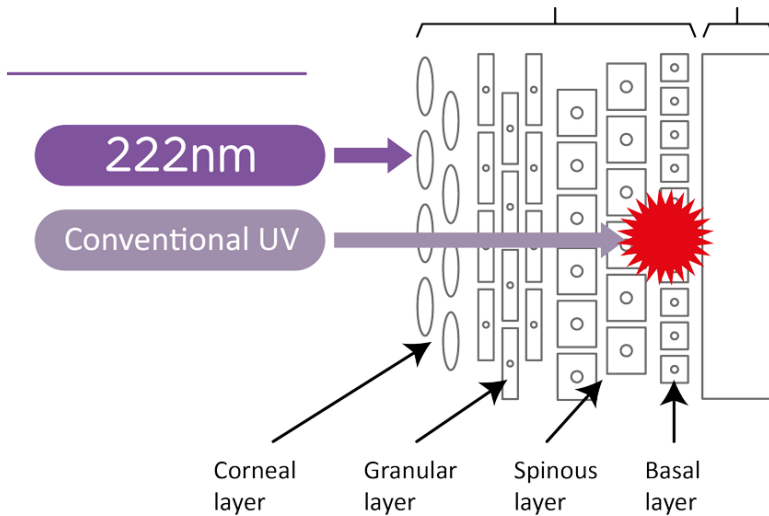
Σχήμα 4.12 Ακριβής τοποθέτηση και στόχευση συσκευής για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα εκπομπής ακτινοβολούμενου φωτός UVC ακτινοβολίας και αυτόματη φόρτιση συσκευής^[27].

4.9.2 Τεχνολογία e VIO αναφορικά με τη χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

Ένα άλλο σύγχρονο ενδεικτικό παράδειγμα της εν λόγω τεχνολογίας είναι η τεχνολογία e VIO. Πρόκειται με άλλα λόγια για την προτίμηση της χρήσης ενός μόνο συγκεκριμένου τμήματος της UVC, της far UVC και των αντίστοιχων μηκών κύματος αυτής. Ο περιορισμός στην χρήση του συγκεκριμένου τμήματος της υπεριώδους ακτινοβολίας εξυπηρετεί στην προστασία του ανθρώπου από την επαφή του με αυτήν, καθώς όπως είναι γνωστό, η Far UVC είναι λιγότερο επικίνδυνη για το δέρμα και τα μάτια, χωρίς αυτό να σημαίνει όμως ότι στερείται σε αποτελεσματικότητα έναντι της καταπολέμησης των μικροοργανισμών. Μάλιστα το μήκος κύματος που φτάνει είναι τα 222 nm UV.

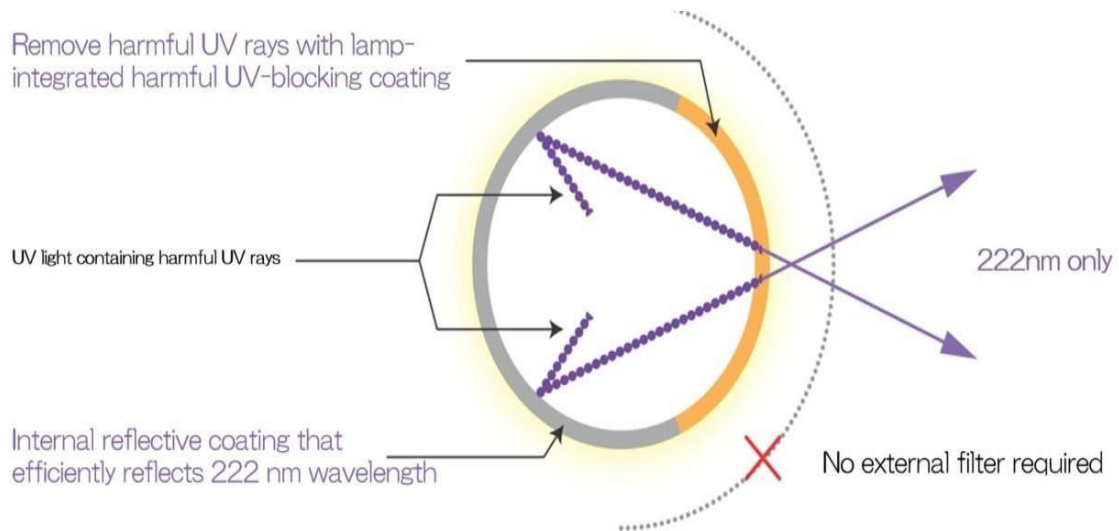


Σχήμα 4.13 Μήκος κύματος 222 nm υπεριώδους ακτινοβολίας για ασφαλέστερη χρήση από τον άνθρωπο ^[20].

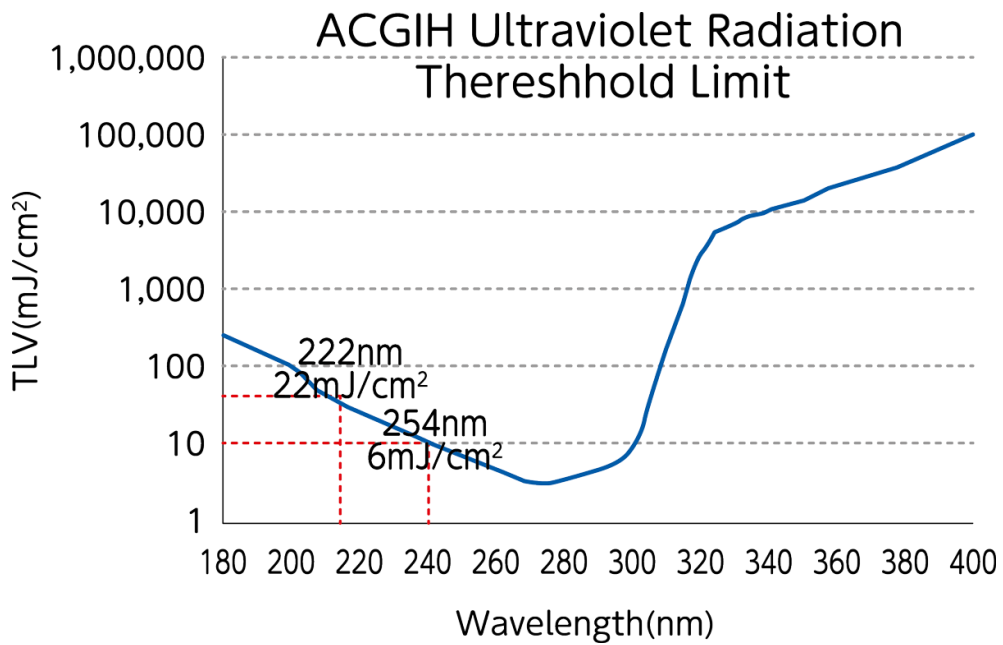


Σχήμα 4.14 Η far UVC μήκους κύματος 222nm παραμένει στα εξωτερικά στρώματα των ματιών και του δέρματος χωρίς να διεισδύει στο εσωτερικό όπως συμβαίνει με την συμβατική UVC^[20].

Προκειμένου να περιοριστεί η υπεριώδης ακτινοβολία σε μήκος κύματος 222 nm απαιτείται πιο εξελιγμένη τεχνολογία που να επιμένει σε αυτή την τιμή. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην ειδική επίστρωση που διατίθεται. Με την επίστρωση όχι μόνο εξασφαλίζεται ότι εκπέμπεται ακτινοβολία 222 nm, αλλά παράλληλα εξαλείφεται το επιβλαβές φως των λαμπτήρων με αποτέλεσμα αυτός να διατηρείται περισσότερο. Τέλος, οι συσκευές που εφαρμόζουν την εν λόγω τεχνολογία διαθέτουν ενσωματωμένο αισθητήρα για εντοπισμό κίνησης και αποφυγή εμποδίων ή επαφής με τον ανθρώπινο οργανισμό.



Σχήμα 4.15 Ανακλαστική ικανότητα φακού υπεριώδους ακτινοβολίας 222nm χάρη στην ειδική επίστρωση του φακού^[20].



	TLV	
222nm	22mJ/cm ²	27%
254nm	6mJ/cm ²	100%

Σχήμα 4.16 Μήκος κύματος υπεριώδους ακτινοβολίας farUVC και επιτρεπόμενη οριακή τιμή TLV^[20].

Σύμφωνα με την Αμερικανική Διάσκεψη Κυβερνητικής Βιομηχανικής Υγείας, ένας άνθρωπος μπορεί να αντέξει μέχρι και 22 mJ/Cm² βλαβερής υπεριώδους ακτινοβολίας εντός ενός 24ώρου και σε απόσταση ενός μέτρου από την πηγή εκπομπής ακτινοβολούμενου υπεριώδους φωτός.

4.10 ΕφαρμογήUV-Cσε ποντίκια από το Ινστιτούτο Παστέρ για την αντιμετώπιση της *Candida albicans* σε εγκαύματα τρίτου βαθμού

Καθώς είναι αλήθεια πως οι ασθενείς που έχουν υποστεί κάποιο έγκαυμα είναι περισσότερο ευάλωτοι σε μόλυνση από μύκητες, το Ινστιτούτο Παστέρ διενέργησε έρευνα σχετικά με την αξιοποίηση της υπεριώδους ακτινοβολίας στην πρόληψη και αντιμετώπιση μιας τέτοιας λοίμωξης. Μάλιστα, τα πράγματα φαίνεται να είναι ακόμα πιο κρίσιμα αν αναλογιστεί κανείς πως ορισμένοι από τους μύκητες που αναπτύσσονται μετά το έγκαυμα μπορούν να διεισδύσουν αρκετά βαθιά μέσα στο δέρμα και συχνά αποδεικνύονται εξαιρετικά ανθεκτικοί και δύσκολα αντιμετωπίσιμοι.

Κατά το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκε υπεριώδης ακτινοβολία UVCμήκους κύματος 254nm. Η μέθοδος της εκπομπής ακτινοβολούμενου μικροβιοκτόνου φωτός στράφηκε συγκεκριμένα στην αντιμετώπιση της *Candida albicans* που προέκυψε από εγκαύματα τρίτου βαθμού. Η εφαρμογή έγινε σε ποντίκια.

Πρώτα απ' όλα η υπεριώδη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκε σε μήκος κύματος ικανό να καταστρέψει τον *Candida Albicans*. Ως μοντέλο εφαρμογής επιλέχθηκε ποντίκι που εκτίθεται σταθερά και επαναλαμβανόμενα σε υπεριώδη ακτινοβολία και έχει νοσήσει πολλές φορές από τον συγκεκριμένο μύκητα. Οι ερευνητές παρακολούθησαν την πορεία της ανάπτυξης του μύκητα και της εξέλιξης της λοίμωξης πάνω στο τρωκτικό.

Η έρευνα έδειξε πως εντός ενός 24ώρου το επίπεδο των μυκήτων μειώθηκε δραστικά και η μόλυνση που προερχόταν από το έγκανμα περιορίστηκε. Η ίαση ήταν όχι μόνο αισθητή αλλά και ανώτερη ακόμα και της νυστανίνης και άλλων φαρμακευτικών σκευασμάτων με αντιμυκητιακή δράση.

Η ακτινοβολία UV εφαρμόστηκε για τον ίδιο χρόνο (μια ημέρα) ακόμα και σε ποντίκια με υγιές δέρμα χωρίς να επιφέρει μεγάλη βλάβη σε αυτό, παρά μόνο μεταβολή του DNA των κυτταρικών μεμβρανών.

Δεδομένου ότι η UVB ακτινοβολία αξιοποιείται ήδη για την καταπολέμηση της λεύκης, της ψωρίασης και της δερματίτιδας, η χρήση ακτινών υπεριώδους ακτινοβολίας δεν είναι κάτι εντελώς καινούριο, αν και βρίσκεται ακόμα σε αρκετά πρώιμο στάδιο και αναμένονται ποικίλες εφαρμογές της μεθόδου αυτής στο μέλλον.

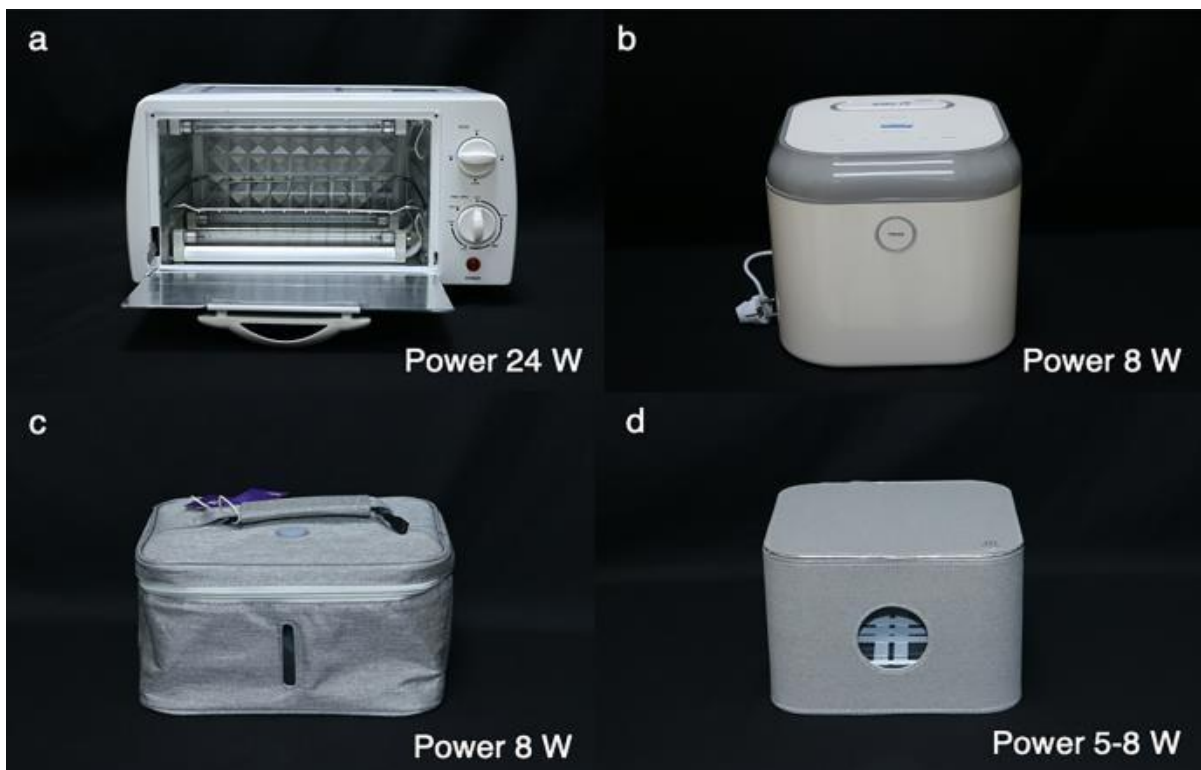
Η αντιμετώπιση των μολύνσεων που επακολούθησαν το καυτηριασμένο δέρμα είναι ένα κρίσιμο και δύσκολο εγχείρημα. Η κατάσταση κρίνεται πραγματικά ιδιάζουσα, καθώς η μόλυνση πάνω σε καμένο δέρμα πρέπει να αντιμετωπιστεί γρήγορα, δεδομένου ότι το δέρμα έχει πια χάσει τους φυσικούς μηχανισμούς άμυνας και ανάπλάσής του. Έτσι η UV δεν μπορεί να καταστεί περισσότερο επιζήμια για το ήδη καμένο δέρμα. Επίσης, η ελεγχόμενη εφαρμογή της δεν θα βλάψει σημαντικά ούτε το υγιές δέρμα.

Επίσης, σε δύσκολες περιπτώσεις στις οποίες οι μύκητες που αναπτύσσονται κατά την λοίμωξη παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά, η εφαρμογή της UV κρίνεται πραγματικά η κατάλληλη και επαρκέστερη μέθοδος αντιμετώπισης.

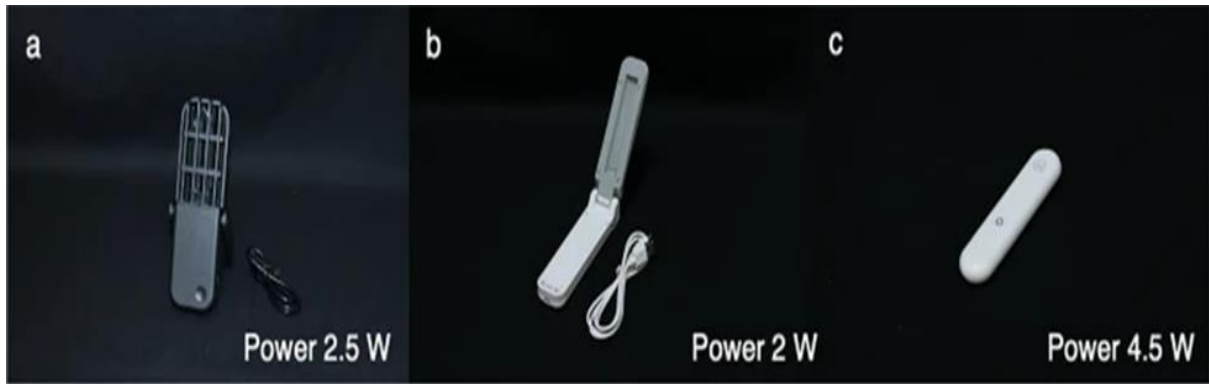
Τέλος, πριν από κάθε χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το μέγιστο όριο που μπορεί να αντέξει ο ανθρώπινος οργανισμός, ώστε να καθοριστούν, η ένταση, το μήκος κύματος, η συχνότητα και το είδος της υπεριώδους ακτινοβολίας που θα χρησιμοποιηθεί^[28].

4.11 Πειραματική μελέτη αναφορικά με τις συσκευές εκπομπής UV-C στην Ταϊλάνδη

Στην παρούσα μελέτη, αξιολογήθηκε το κατά πόσο οι οικιακές συσκευές υπεριώδους ακτινοβολίας είναι αποδοτικές. Για τις ανάγκες της έρευνας μάλιστα χρησιμοποιήθηκαν διάφορες συσκευές όμοιου τύπου και συγκρίθηκαν μεταξύ τους. Όλες οι συσκευές πωλούνταν στο εμπόριο. Η επιλογή και ο διαχωρισμός των συσκευών σε ομάδες πραγματοποιήθηκε βάσει του τύπου του λαμπτήρα και του αντικειμένου εφαρμογής. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες LED και LPML^[29].



Σχήμα 4.17 Λαμπτήρες LPML (α και b) και LED (c και d) οικιακών συσκευών^[29].



Σχήμα 4.18 Οικιακές συσκευές χρήσης UVC που συγκρίθηκαν αναμεταξύ τους ^[29].

Η αποτελεσματικότητα των συσκευών κρίθηκε αφού λήφθηκαν υπόψη διάφοροι παράγοντες:

- Μήκος κύματος
- Ένταση φωτός
- Είδος λαμπτήρα

Η έρευνα απέδειξε πως το υπεριώδες φως ήταν αντιστρόφως ανάλογο της απόστασης. Μάλιστα, η σχέση αυτή επηρεαζόταν και αναλόγως την συσκευή που χρησιμοποιούνταν κάθε φορά.

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ποικίλες και αποτύπωναν κάθε κατηγορία συσκευών που κυκλοφορούν στο εμπόριο, ώστε να αξιολογηθούν και να αποτυπωθούν τα χαρακτηριστικά τους ^[29].



Σχήμα 4.19 Σύγκριση τριών συσκευών υπεριώδους ακτινοβολίας για τον καθαρισμό επιφανειών και του μολυσμένου αέρα^[29].

Δυο στοιχεία πιστοποιούν την καταλληλότητα μιας συσκευής:

A) Το είδος το λαμπτήρα

LED

-Ημιαγωγική συσκευή διαφορετικής κάθε φορά διάταξης και υλικού

-Άμεσα εκκίνηση λειτουργίας

-Φιλικό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον

LPML

-αντανακλά φως υψηλής έντασης

-η συσκευή αργεί να ενεργοποιηθεί

-ο χρόνος ζωής του δεν είναι μεγάλος

-ο υδράργυρος που εμπεριέχει είναι τοξικός, κάτι που οι καταναλωτές οφείλουν να το γνωρίζουν και το εργοστάσιο να το αναφέρει

-παράγει ακτινοβολούμενο φως σε ένα ποσοστό 30%

B) η εφαρμογή

Τρεις είναι οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές:

➤ θάλαμοι απολύμανσης

-μικρή διάρκεια εφαρμογής

-φιλικό προς τον άνθρωπο

➤ κινητοί καθαριστές αέρα και επιφανειών

-είναι τοξικοί για τον άνθρωπο

-έχει την ικανότητα να σκορπά την εκπεμπόμενη υπεριώδη ακτινοβολία

-συνίσταται περιορισμένος χρόνος εφαρμογής

-επιβλαβής για τα μάτια και το δέρμα

➤ φορητός εξοπλισμός

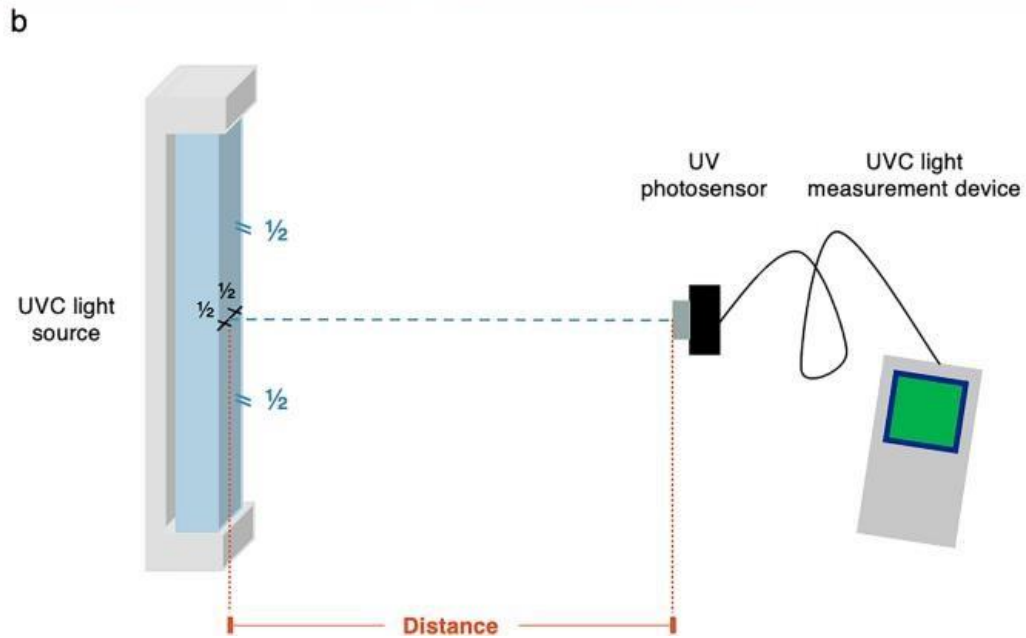
-μικρή συσκευή

- εκπέμπει ελάχιστο υπεριώδες εκπεμπόμενο φως για την καταπολέμηση του Covid-
- ιδανική για τον καθαρισμό δύσκολων και περιορισμένης έκτασης επιφανειών
- καθαρίζει επιφάνειες εντός 10cm
- δεν διαθέτει μεγάλο εύρος εφαρμογής

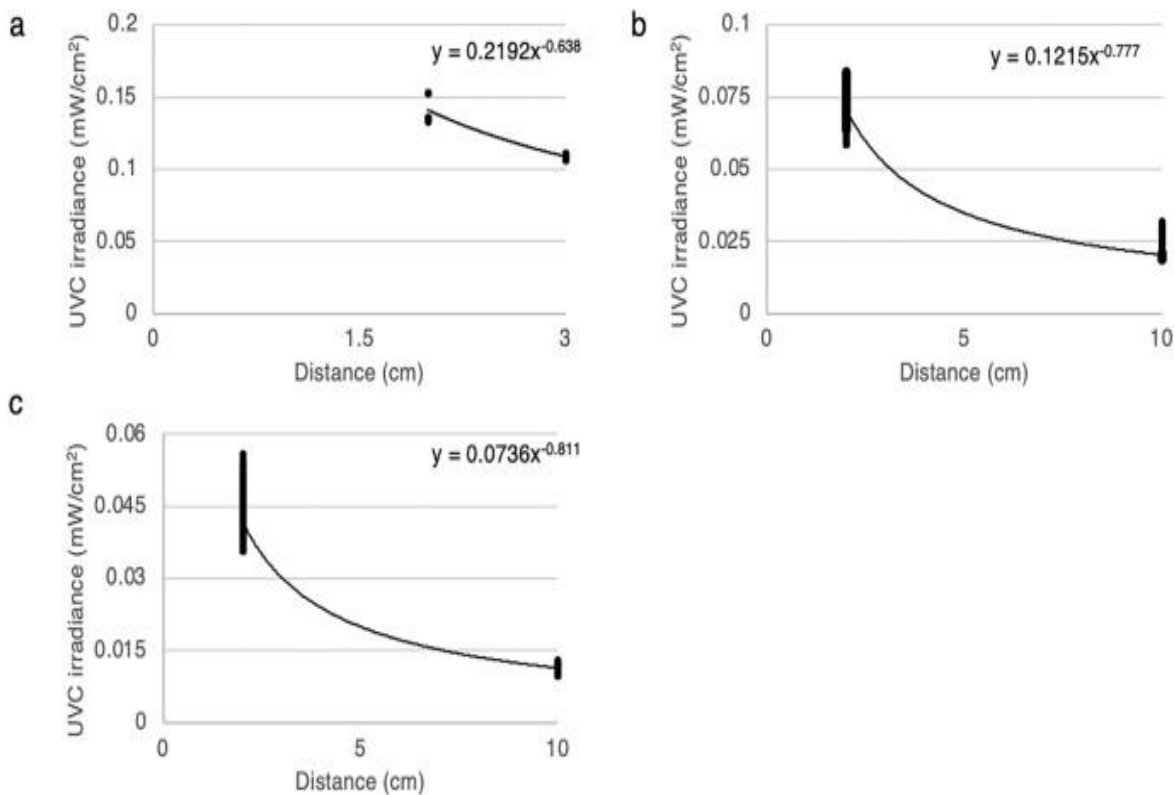
Εκτός όλων των άλλων παραμέτρων, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η κατεύθυνση της συσκευής εκπομπής UVC, παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα, το ποσό εκπομπής της UVC και το ποσοστό ακρίβειας εφαρμογής της. Με άλλα λόγια, όταν η στόχευση είναι απευθείας πάνω στο αντικείμενο, τότε η ακτινοβολία που αυτό δέχεται εντείνεται.

Συμπερασματικά:

- ο φορητός εξοπλισμός καθαρισμού διαθέτει ένα κατώτατο όριο εκπεμπόμενης ακτινοβολίας για την αντιμετώπιση του Covid-19
- οι υπόλοιποι, δηλαδή οι θάλαμοι απολύμανσης με λάμπες υδραργύρου χαμηλής πίεσης, καθώς και οι κινητοί καθαριστές αέρα και επιφανειών απέδωσαν ικανοποιητική ποσότητα ακτινοβολίας UV-C^[29].



Σχήμα 4.20 Ρύθμιση θέσης και αισθητήρα σε σχέση με την πηγή ώστε να διεξαχθούν μετρήσεις αναφορικά με τις αποστάσεις εφαρμογής και να γίνουν συγκρίσεις ως προς την αποτελεσματικότητα της γωνίας και της απόστασης εκπομπής υπεριώδους φωτός ^[29].



Σχήμα 4.21 Σχέση απόστασης και υπεριώδους ακτινοβολίας ^[29].

Όπου:

y: η ακτινοβολία

x: η απόσταση

Το συμπέρασμα από τα παραπάνω διαγράμματα είναι πως οι συσκευές χρήσης LEDUVC λειτουργούν για απόσταση έως και 10 cm από την πηγή ακτινοβολίας με την απόδοσή τους να μειώνεται εκθετικά όσο μεγαλώνει η απόσταση.

4.12 Πειραματική χρήση της UV-C για την αντιμετώπιση της μόλυνσης από στηθοσκόπιο

Δεδομένου ότι τα στηθοσκόπια που προορίζονται για την εξέταση των ασθενών είναι εργαλεία που η χρήση τους είναι εκτεταμένη και αφορά την διάγνωση πολλών διαφορετικών

ατόμων, η επιφάνεια τους συλλέγει πλήθος μικροβίων και πρέπει να καθαρίζεται. Η παρούσα έρευνα εξέτασε την καταπολέμηση των μικροβίων αυτών με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C, ώστε να διαπιστωθεί εάν είναι αποτελεσματική.

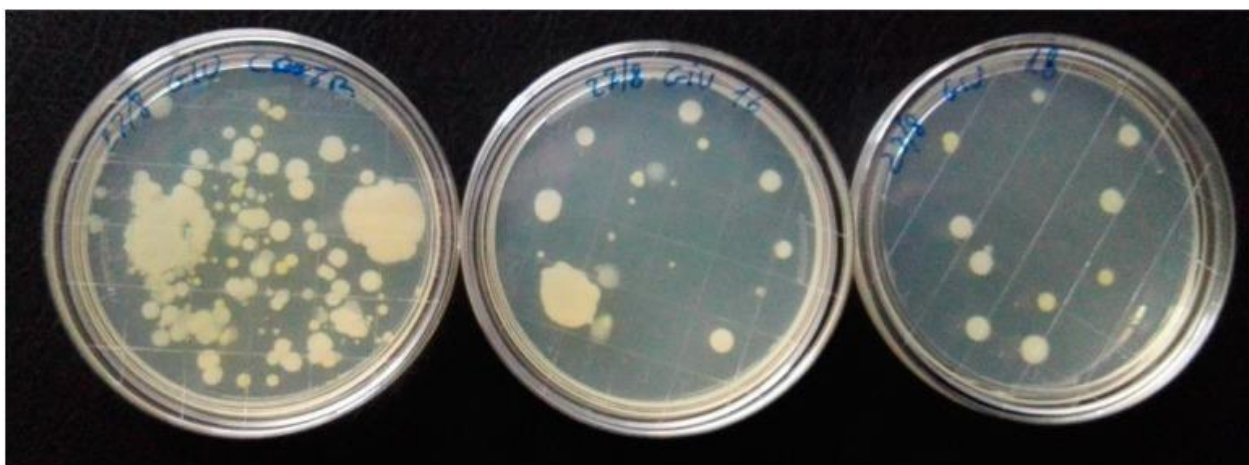
Χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες LED και επιχειρήθηκε να αντιμετωπιστούν οι παρακάτω παθογόνοι μικροοργανισμοί που φιλοξενούνται στην μεμβράνη του στηθοσκοπίου και έχουν αποδειχθεί ως οι συχνότεροι:

- Escherichiacoli
- Pseudomonasaeruginosa
- Staphylococcus aureus

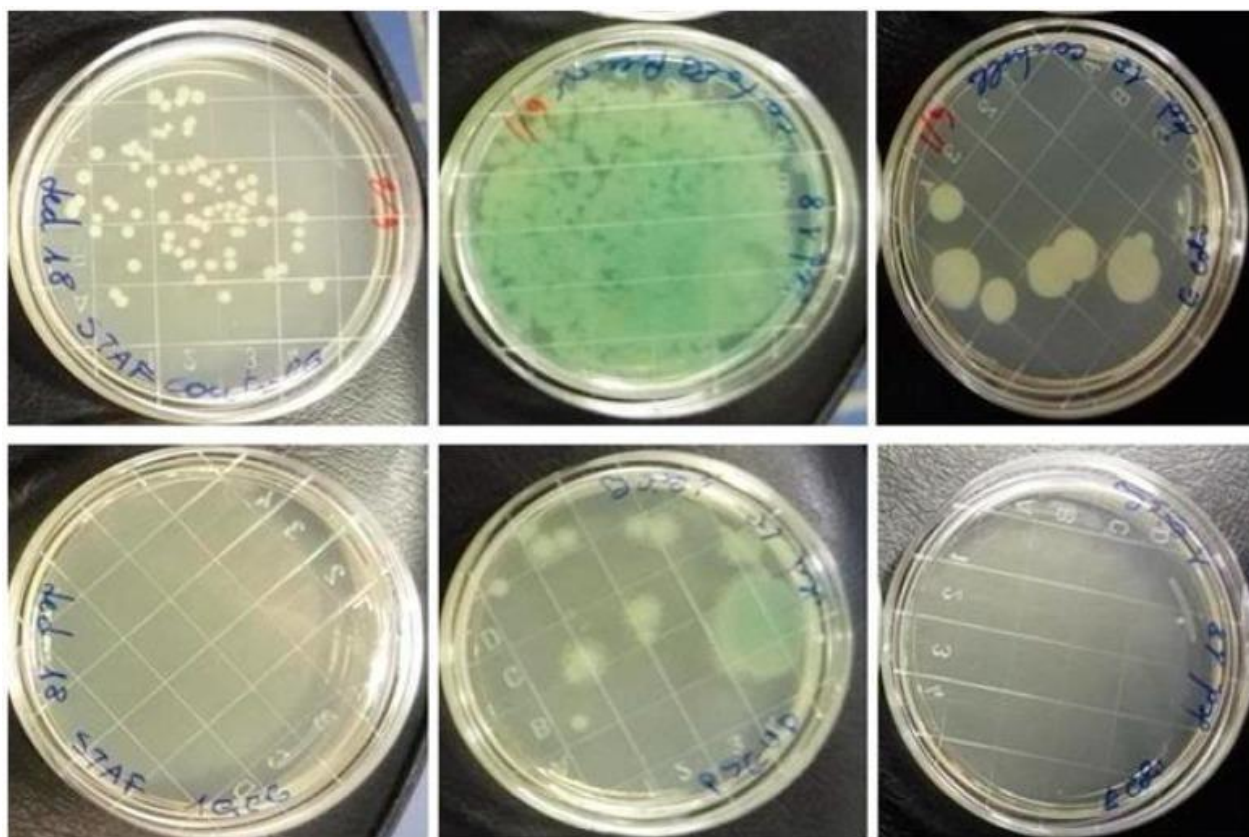
Τα αποτελέσματα έδειξαν ελάττωση ορισμένων βακτηρίων με διάρκεια ακόμα και για 240 ώρες από την ώρα εφαρμογής ^[30].



Σχήμα 4.22 Εφαρμογή κεφαλής στο στηθοσκόπιο για τη διαδικασία καθαρισμού με υπεριώδες φως ^[30].



Σχήμα 4.23 Σταδιακή εξασθένηση των παθογόνων μικροοργανισμών έπειτα από εφαρμογή υπεριώδους UV_C ακτινοβολίας ^[30].



Σχήμα 4.24 Οι ανώτερες εικόνες αφορούν τη μολυσμένη μεμβράνη, ενώ οι κατώτερες την μεμβράνη του στηθοσκοπίου που έχει υποστεί απολύμανση με τη χρήση υπεριώδους φωτός UVC ^[30].

Η έρευνα προσέγγισε πραγματικές συνθήκες και βασίστηκε στο γεγονός της μετάδοσης μικροβίων από το δέρμα στο στηθοσκόπιο, αλλά και από το στηθοσκόπιο στο δέρμα.

Κάποιοι λόγοι μόλυνσης θα μπορούσαν να είναι:

- η βακτηριακή χλωρίδα
- η εφίδρωση
- οι τρίχες του σώματος
- το σμήγμα

Κάποια βακτήρια μάλιστα είναι δύσκολα ανιχνεύσιμα ακόμα και στα χέρια, γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερα προσοχή έπειτα από κάθε ακρόαση των ασθενών^[30].

Τόσο η απόσταση της μεμβράνης από την πηγή της ακτινοβολίας όσο και η ένταση αυτής, καθορίζουν εν τέλει την αποτελεσματικότητα της εν λόγω πρακτικής.

Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τεχνολογίας LED εν αντιθέσει με τους συνηθισμένους λαμπτήρες υδραργύρου. Η συγκεκριμένη επιλογή πραγματοποιήθηκε διότι:

- δεν απαιτείται θέρμανση εκ των προτέρων
- δεν εκλύει θερμότητα
- δεν χρησιμοποιούν χεονη ή υδράργυρο με αποτέλεσμα να είναι φιλικό προς το περιβάλλον
- έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε φθορές
- λειτουργούν ακόμα και με μικρή τάση
- μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών
- πραγματοποιούν κύκλους ενεργοποίησης/απενεργοποίησης
- υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της έντασης της ακτινοβολίας

Η συσκευή εκπομπής υπεριώδους φωτός συνίσταται να προσαρτάται στην μεμβράνη του στηθοσκοπίου, ώστε να την απολυμαίνει και παράλληλα να αποφεύγεται η επαφή με τα μάτια και το δέρμα του ασθενούς^[30].

Αν και οι συσκευές της τεχνολογίας αυτής έχουν αυξημένο κόστος, ωστόσο δεν απαιτείται περαιτέρω εξοπλισμός η συντήρηση. Η τιμή αγοράς ποικίλει ανάλογα με τα υλικά και τα χαρακτηριστικά του λαμπτήρα και της συσκευής.

Από την παρούσα έρευνα προέκυψαν και ορισμένες αδυναμίες της συσκευής αυτής.

- δεν παράγεται μεγάλη ένταση
- η ακτινοβολία κρίνεται δραστική μόνο για τις επιφάνειες στις οποίες προσάπτει
- συχνά δεν απολυμαίνεται η μεμβράνη κατά τρόπο ομοιόμορφο
- δεν αντιμετωπίζεται η βρωμιά και η σκόνη

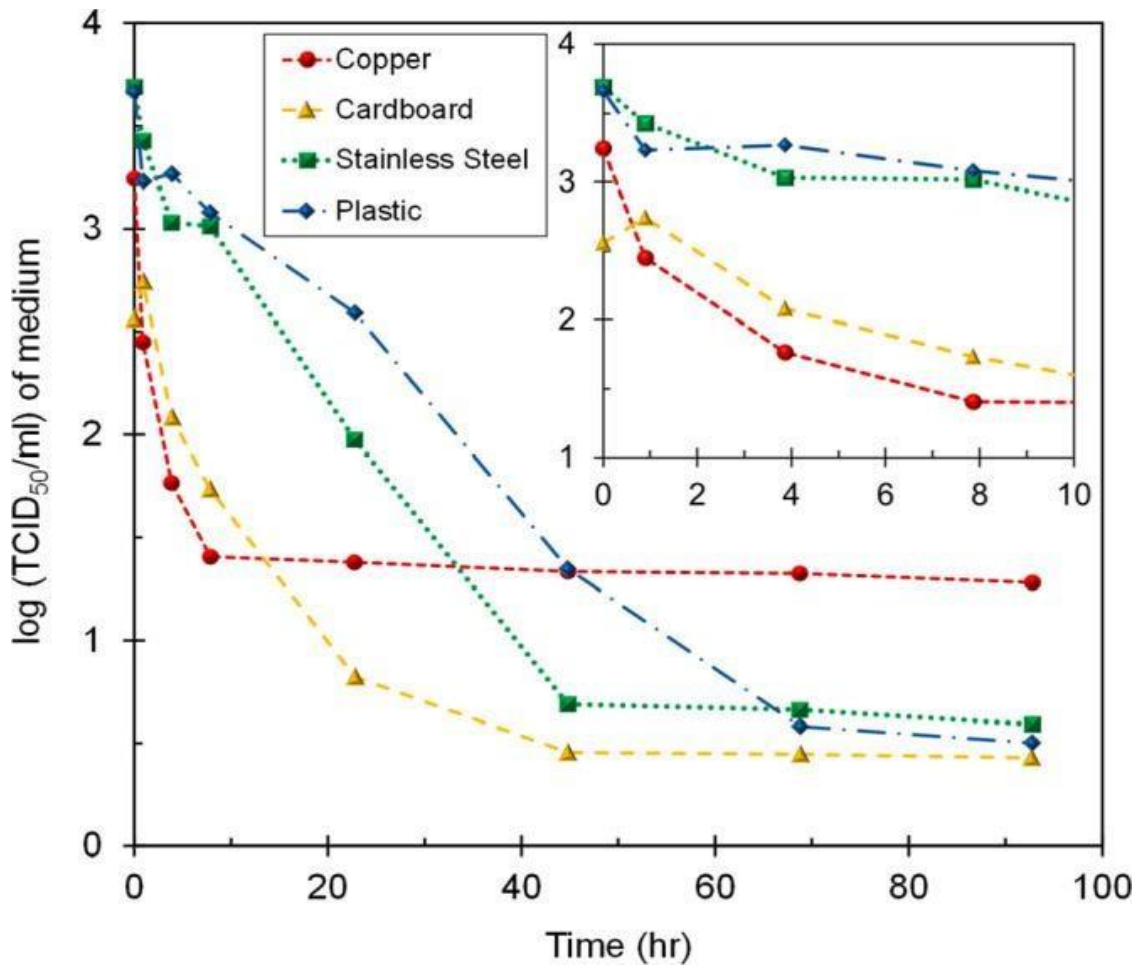
Για τους παραπάνω λόγους, είναι σκόπιμο να αφαιρείται η σκόνη με κοινά καθαριστικά και να σκουπίζεται καλά η επιφάνεια.

Ο χρόνος εφαρμογής της υπεριώδους ακτινοβολίας κατά την πειραματική διαδικασία ήταν τα 5 λεπτά. Ωστόσο, σε πραγματικές συνθήκες, ειδικά στο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών, ο χρόνος που διατίθεται συχνά είναι πολύ μικρότερος, οπότε μια καλή λύση θα ήταν η χρήση και τοποθέτηση περισσότερων λαμπών LED. Ωστόσο η ένταση και η χρήση πρέπει να είναι ελεγχόμενες για να μη φθαρεί η μεμβράνη, η οποία καλό είναι να αντικαθίσταται ανά τακτά χρονικά διαστήματα από νέα^[30].

4.13 Εφαρμογή υπεριώδους UV-C ακτινοβολίας για την αντιμετώπιση του COVID-19

Καθώς ο Covid-19 έχει αποτελέσει μια ακμάζουσα και απειλητική πανδημία των τελευταίων χρόνων, εξετάζονται οι βέλτιστοι τρόποι αντιμετώπισής του. Πρόκειται για έναν ιό που πλήττει σοβαρά το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και έχει υψηλή μεταδοτικότητα. Παράλληλα, αναπτύσσει νέα, ανθεκτικότερα στελέχη και μεταλλάσσεται. Μια πιθανή λύση είναι η UV- C, καθώς είναι ιδανική για τον καθαρισμό τόσο των επιφανειών όσο και του αέρα.

Ίχνη του ιού εντοπίζονται σε επιφάνειες, σε συρρικνωμένα σταγονίδια στον αέρα, ακόμα και στο νερό, αν και το τελευταίο δεν αποτελεί αποδεδειγμένο τρόπο μετάδοσης του ιού^[31].



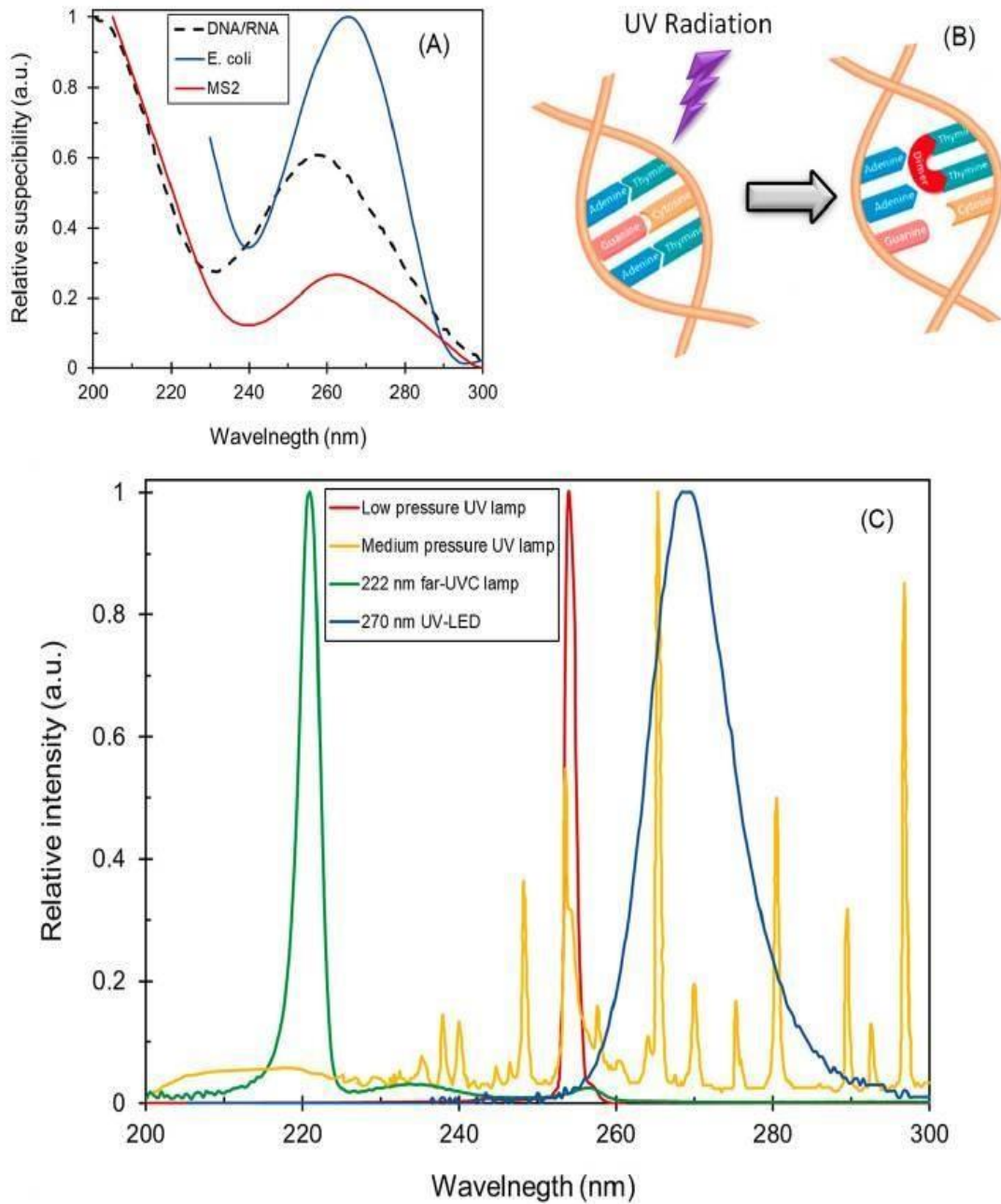
Σχήμα 4.25 Διάρκεια ζωής του Covid-19 σε διάφορες επιφάνειες [31].

Το θετικό αναφορικά με την υπεριώδης ακτινοβολία είναι πως επιφέρει καταστολή του πολλαπλασιασμού των μικροοργανισμών σε κάθε επιφάνεια και μέσο μετάδοσης, διαθέτει με άλλα λόγια υψηλή δραστηριότητα και αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο καθαρισμού.

Στο εμπόριο ήδη κυκλοφορούν συσκευές που κάνουν χρήση UVC και μάλιστα κάποιες χρησιμοποιήθηκαν και κατά την πανδημία. Η εφαρμογή αυτή πραγματοποιήθηκε σε ποικίλους επαγγελματικούς χώρους, με διαφορετικές ανάγκες και ποσοστό μολυσματικότητας ο καθένας.

Παρ' όλα αυτά, η διάδοση της εν λόγω τεχνολογίας και η διευρυμένη χρήση των σχετικών συσκευών δεν εξασφαλίζουν πάντα πως η διαδικασία διεκπεραιώνεται με τον σωστό τρόπο. Τόσο οι καταναλωτές όσο και οι κατασκευαστικές εταιρείες οφείλουν να έχουν μελετήσει

επαρκώς τις ιδιότητες της ακτινοβολίας αυτής ώστε να την χρησιμοποιούν σωστά και με ασφάλεια.



Σχήμα 4.26 Ένταση και μήκη κύματος λαμπτήρων εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας ^[31].

Η αποτελεσματικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας έγκειται στο ότι επεμβαίνει στο DNA των παθογόνων μικροοργανισμών -οι οποίοι έχουν φωτοευαισθησία με αποτέλεσμα να απορροφούν την ακτινοβολία- και προκαλεί μεταλλάξεις, ακόμα και στους πιο ανθεκτικούς από αυτούς εμποδίζοντάς τους να αναπτυχθούν. Η λανθασμένη ωστόσο χρήση της μπορεί να προκαλέσει διαφορετικού τύπου μεταλλάξεις, οδηγώντας ακόμα και στον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών αυτών.

Σύμφωνα με την εν λόγω έρευνα, δύο στοιχεία καθορίζουν την αποτελεσματικότητα ή μη της αντιμετώπισης των μολυσμένων επιφανειών και του αέρα: τα *χαρακτηριστικά μέσου στόχου* και τα *εγγενή μικροβιακά χαρακτηριστικά*^[31].

Εγγενή Μικροβιακά Χαρακτηριστικά

Δεδομένου ότι όπως προαναφέρθηκε η υπεριώδης ακτινοβολία χτυπά στο γενετικό υλικό των παθογόνων μικροοργανισμών και δημιουργεί μεταλλάξεις με σκοπό την μη αναπαραγωγή του, είναι απαραίτητο να διερευνηθεί κάθε φορά η φύση και η ευαισθησία τουγενετικού υλικού κάθε φορά ώστε να προσδιοριστεί και το απαιτούμενο ποσό της εκπεμπόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας^[31].

Εξετάζοντας την ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών σε αυτή την έρευνα, καταλήγουμε στα κάτωθι συμπεράσματα:

- όσοι ιοί δεν έχουν περίβλημα έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία
- πρέπει να εξετάζεται τόσο το μοριακό βάρος και το μέγεθος των ιών όσο και το γενετικό τους υλικό
- οι μονόκλωνοι ιοί είναι πιο ευαίσθητοι στο υπεριώδες φως
- πρέπει να μελετηθεί η ευαισθησία τους σε συνάρτηση με την αύξηση της έντασης της ακτινοβολίας

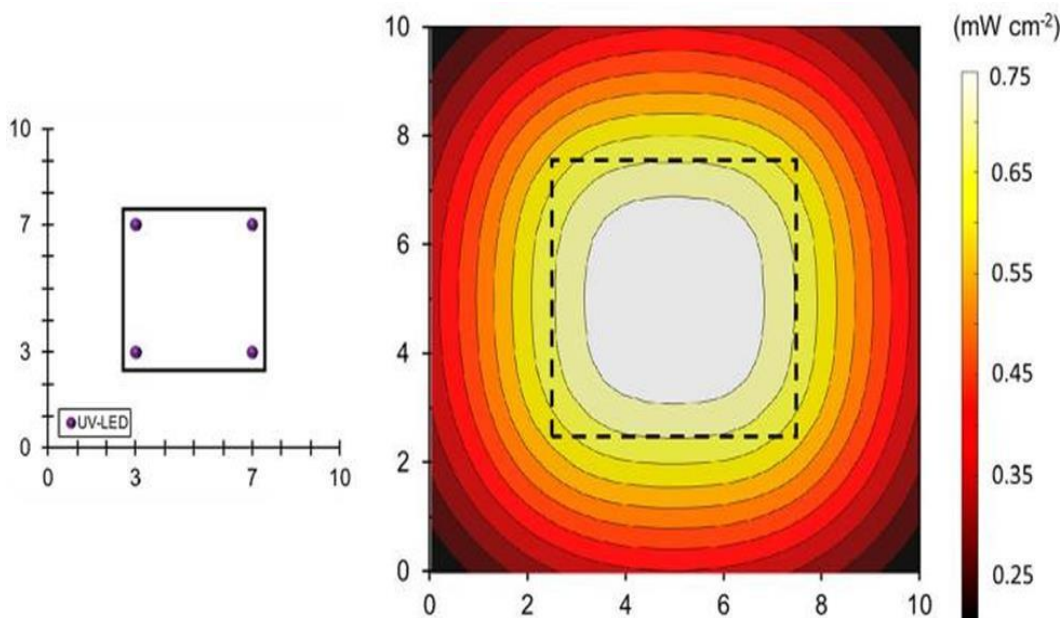
Χαρακτηριστικά μέσου στόχου

Η απορρύθμιση του DNA των μικροοργανισμών σχετίζεται με:

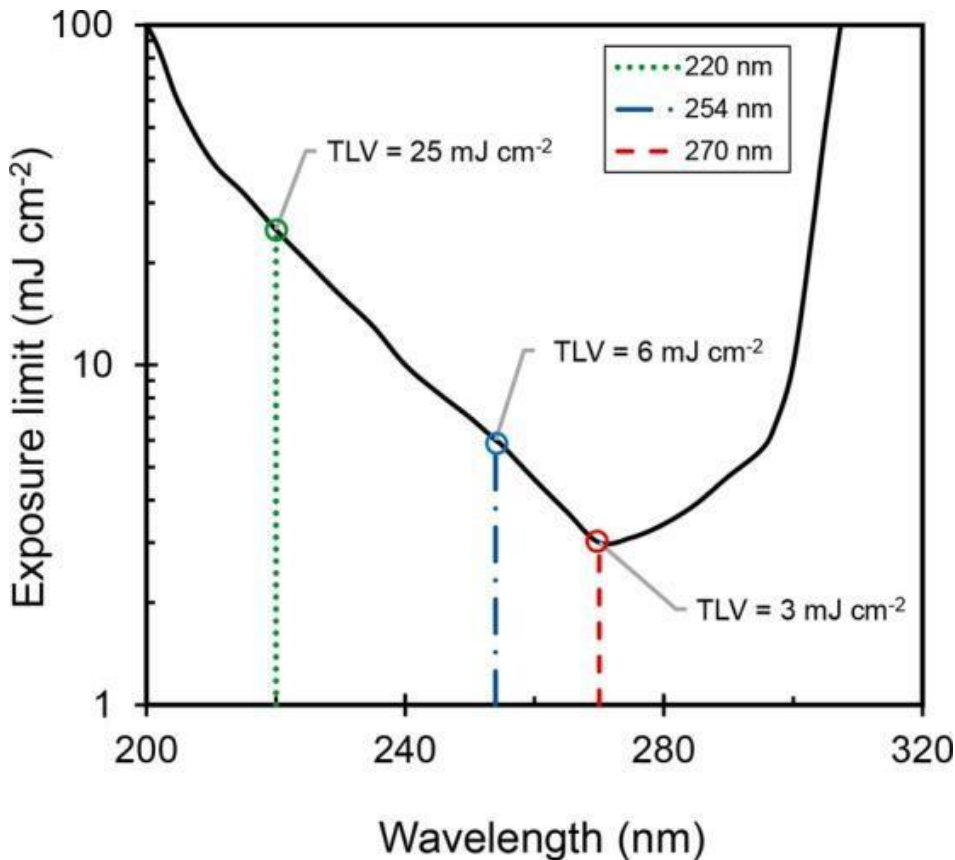
- τη θολότητα του ρεύματος αέρα
- την προσκόλληση των μικροβίων στη σκόνη. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αυξηθεί η ένταση της ακτινοβολίας
- τις περιβαλλοντικές συνθήκες
- το υλικό και τη δομή της επιφάνειας. Είναι χαρακτηριστικό πως κάποιες επιφάνειες παρουσιάζουν τραχύτητα ή σκιάσεις που αποτελούν εμπόδια στην πρόσπτωση της ακτινοβολίας. Παράλληλα, οι μεταλλικές επιφάνειες είναι δυνατόν να αποτρέψουν την σώρευση μικροοργανισμών, ενώ μια βαμμένη επιφάνεια να τους συγκεντρώσει. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα και διαφορετική απαιτούμενη δόση υπεριώδους ακτινοβολίας προκειμένου να μειωθούν.

Πέρα από τις ποικίλες συσκευές χρήσης UVC που έχουν εφευρεθεί και κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια, συζητείται και η εφαρμογή LED με χρήση UVC σε μάσκες προσώπου.

Σημαντικοί συντελεστές αναφορικά με την αποτελεσματικότητα της UVC είναι ακόμα το μέγεθος της προσπίπτουσας επιφάνειας, αλλά και η απόστασή της από την πηγή υπεριώδους φωτός^[31].



Σχήμα 4.27 Απεικόνιση πρόσπτωσης UV-C^[31].



Σχήμα 4.28 Επιτρεπτές τιμές έκθεσης του ανθρώπου πάνω από τις οποίες υφίσταται οργανική βλάβη ^[31].

4.14 Άλλες εφαρμογές της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

4.14.1 Απολύμανση του εισπνεόμενου αέρα από την UV-C

Σχετική μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε σχολείο της Φιλαδέλφειας απέδειξε την αποτελεσματική καταπολέμηση της ιλαράς από την υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ αναμένεται να αντιμετωπιστεί εξίσου και ο COVID-19.

Είναι χαρακτηριστικό πως όσον αφορά την έκθεση το κορονοϊού σε ακτινοβολία, και οι τρεις τύποι αυτής κρίνονται αποτελεσματικοί στην καταπολέμησή του. Τόσο η UVA όσο και η UVB επιτυγχάνουν την καταστολή του εν λόγω ιού, γεγονός που εξηγεί και την μείωση κρουσμάτων κορονοϊού κατά τους θερινούς μήνες που η εκπομπή ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη.

Το ιδανικό μήκος κύματος για την αντιμετώπιση του Covid-19 είναι τα 222 nm. Τόσο η ένταση όσο και ο χρόνος δράσης πρέπει να επαρκούν για την ολοκληρωτική αντιμετώπιση του ιού. Παράλληλα, η χρήση ανεμιστήρα ευνοεί την επέκταση της απολυμαντικής ικανότητας, καθώς απολυμαίνεται κατ' αυτό τον τρόπο μεγαλύτερο μέρος αέρα επειδή η ώθηση του ανεμιστήρα τον φέρνει υποχρεωτικά σε επαφή με την ακτινοβολία. Οι συσκευές εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας είναι αυτοματοποιημένες και αποτελούνται από ειδικούς λαμπτήρες με επίστρωση και φίλτρο ώστε να διώχνουν τους νεκρούς μικροοργανισμούς από τη συσκευή^[19].

4.14.2 Απολύμανση νερού με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C

Μια από τις εφαρμογές της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C είναι κι εκείνη της απολύμανσης των υδάτων. Στην περίπτωση αυτή ο λαμπτήρας που χρησιμοποιείται είναι μεταφερόμενος και εκλύει ατμό υδραργύρου σε χαμηλή πίεση. Η ακτινοβολία UV-C είναι δυνατόν να δράσει μαζί με το υπεροξείδιο του υδρογόνου ή το όζον για μεγαλύτερη δραστικότητα^[19].

Με την εν λόγω μέθοδο^[19]:

- Αντιμετώπιση ακόμα και του μικροοργανισμού *Cryptosporidium*
- Καταπολεμούνται οι παρασιτικοί μικροοργανισμοί *Giardia* και *Cryptosporidium*
- Τα ύδατα δεν απαλλάσσονται από νεκρά μικρόβια
- Το νερό απαλλάσσεται από τη χλωραμίνη και το χλώριο μέσω φωτόλυσης
- Απολυμαίνονται λίμνες και ενυδρεία, καθώς το νερό διέρχεται μέσα από έναν ειδικό αποστειρωτή. Ωστόσο όσο πιο θολό είναι το νερό τόσο μειώνεται η αποτελεσματικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας, γι' αυτό ενδείκνυται η τοποθέτηση φίλτρου
- Υπόκειται σε επεξεργασία ακόμα και το πόσιμο νερό

4.14.3 Απολύμανση εξοπλισμού και εργαστηριακών χώρων με τη χρήση UV-C

Απαραίτητη κρίνεται και η απολύμανση του εξοπλισμού του εξειδικευμένου προσωπικού, η οποία επίσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Το ίδιο ισχύει και τους ποικίλους εργαστηριακούς χώρους^[19].

Η ΠΡΟΤΑΣΗ ΜΑΣ

Ανεξάρτητα από τα συστήματα UVC που κυκλοφορούν στην αγορά, για τα μηχανήματα ΑΤΜ καθώς και για τις δημόσιες τουαλέτες προτείνουμε το παρακάτω απλό σύστημα χαμηλού κόστους.

Το σύστημά αυτό αποτελείται από :

1. 1,2 ή και 3 λαμπτήρες χαμηλής πίεσης Hg ονομαστικής ισχύος 30 έως 80 W. Οι λαμπτήρες αυτοί (το γυάλινο περίβλημα) είναι από ειδικό γυαλί το οποίο έχει προσμίξεις σπάνιας γαίας (όπως Ytrium, η Gadolinium). Το γυαλί αυτό δρα ως οπτικό φίλτρο και δεν επιτρέπει την διέλευση μήκους κύματος μικρότερο των 240nm. Έτσι εξασφαλίζεται η μη δημιουργία αερίου όζοντος O₃.
2. 1 αισθητήρα υπερύθρου ανίχνευσης παρουσίας ανθρώπων (ή κίνησης).
3. 1 αναλογικό χρονοδιακόπτη (επιλογής χρονικών διαστημάτων από 15 λεπτά της ώρας έως 24 ώρες, ανά δεκαπεντάλεπτο).
4. 1 relay στα 220 V με ρεύμα έντασης μέχρι 10 A.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα σύνδεσης δεν θα πρέπει να το παρουσιάσουμε μολονότι απλό, γιατί ίσως να κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Ο λαμπτήρας ή οι λαμπτήρες τοποθετούνται σε τέτοιο σημείο και απόσταση ώστε να ακτινοβολείται όλη η επιφάνεια ενδιαφέροντος. Η απόσταση για μεν τα ΑΤΜ μπορεί να είναι 40 έως 50 cm από το πληκτρολόγιο ή την οθόνη, ενώ για τις τουαλέτες μπορεί να είναι 1 έως 2 μέτρα.

Το σύστημα διασυνδέεται με πηγή 220 V. Όταν το σύστημα βρίσκεται σε λειτουργία, ο λαμπτήρας θα είναι σε λειτουργία για χρονικό διάστημα 15 λεπτών (η το χρονικό διάστημα που έχει προεπιλεγεί από τον χρονοδιακόπτη). Εάν οποιαδήποτε όμως στιγμή ανιχνευθεί

κίνηση (ανθρώπινη παρουσία) από τον ανιχνευτή κίνησης, τότε αυτόματα ο λαμπτήρας διακόπτει την λειτουργία του.

Το σύστημα αυτό είναι πολύ πρακτικό, εφαρμόζεται εύκολα και είναι ιδιαίτερα χαμηλού κόστους.

Συμπεράσματα

Ό,τι επάγγελμα κι αν κάνει ο άνθρωπος, η υγεία του πάντα θα βρίσκεται στην πρώτη γραμμή. Για τον λόγο αυτό, τόσο η πρόληψη όσο κι η αντιμετώπιση των παθογόνων μικροοργανισμών κρίνονται διαδικασίες απαραίτητες ήδη από αρχαιοτάτων χρόνων. Τα φυσικά και χημικά καθαριστικά ποικίλλουν και παρέχουν πλήθος δυνατοτήτων κι ένα μεγάλο εύρος δράσεων. Παράλληλα, η επιστήμη έχει προχωρήσει διεκπεραιώνοντας σχετικές μελέτες αναφορικά τόσο με τη δραστηριότητα των ουσιών αυτών όσο και με την ανθεκτικότητα των μικροβίων.

Παρ' όλα αυτά, τα καθαριστικά αυτά απαιτούν πολύ συχνή εφαρμογή, και σε περιπτώσεις περιοχών υψηλού κινδύνου ενδεχομένως ορισμένες φορές να κρίνονται και ανεπαρκείς. Έτσι, δεδομένου ότι η εποχή είναι μια εποχή τεχνολογίας και αυτοματισμού, αλλά και εμφάνισης νέων, επικίνδυνων και πολύ μεταδοτικών ασθενειών όπως ο Covid-19, πρέπει να βρίσκονται νέες μέθοδοι απολύμανσης.

Υπό αυτό το πρίσμα, η αξιοποίηση της υπεριώδους ακτινοβολίας, και της UV-C εν προκειμένω, αποτελεί μια αποτελεσματική εναλλακτική στην αντιμετώπιση των μικροβίων και των δύσκολων και πολυσύχναστων επιφανειών. Αν και διαθέτει ορισμένα μειονεκτήματα όπως και η επικινδυνότητα, ωστόσο τα πλεονεκτήματά της υπερτερούν με κυριότερο τον αυτοματισμό των συσκευών εκπομπής της και την πολύ μεγαλύτερη συχνότητα εφαρμογής που προσφέρει. Πρόκειται για μια τεχνητά προερχόμενη ακτινοβολία η οποία όμως διαθέτει αποτελεσματικότητα έναντι των μικροβίων ακόμα και σε ποσοστό 99,99%, αντιμετωπίζοντας ακόμα και τους πιο ανθεκτικούς παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ παρέχει πλήθος εφαρμογών.

Παράλληλα, αξίζει να σημειωθούν και τα παρακάτω πορίσματα αναφορικά με την αποτελεσματικότητα των συσκευών χρήσης της UVC:

-Οι δυο πιο διαδεδομένοι λαμπτήρες εκπομπής UVC είναι οι λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης και οι LED που είναι νέας τεχνολογίας

-Πριν από κάθε εφαρμογή πρέπει να εξετάζονται τα γενετικά χαρακτηριστικά των μικροοργανισμών ώστε να ρυθμίζεται η ένταση της ακτινοβολίας

-Το μέγεθος της προσπίπτουσας επιφάνειας και η απόσταση από την πηγή της ακτινοβολίας καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της συσκευής

-Η UVCεμποδίζει τον πολλαπλασιασμό των παθογόνων μικροοργανισμών επεμβαίνοντας στο DNAτους σε ποσοστό σχεδόν 100%.

-Η far UVCείναι λιγότερο τοξική για τον άνθρωπο κι εξίσου αποτελεσματική απέναντι στα μικρόβια.

Το σύστημα το οποίο όμως προτείνουμε ίσως να είναι ένα εργαλείο για την εύκολη αντιμετώπιση του προβλήματος για την προστασία των ATM και των χώρων δημόσιας χρήσης-υγιεινής.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Για την διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας σημαντική υπήρξε η στήριξη σπουδαιών για μένα ατόμων που με κατηύθυναν και με εμπύχωσαν να συνεχίσω ως το τέλος.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Νικολαΐδη Γεώργιο, για όλη την καθοδήγηση, τις υποδείξεις, την υπομονή και τα πολύτιμα σχόλιά του από την αρχή μέχρι το τέλος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, χάρη στην οποία σπλίστηκα με κουράγιο και επιμονή να συνεχίσω.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- 1) Παπαϊωάννου, Α., 2017. *Απολύμανση – Αντισηψία – Αποστείρωση*. Αθήνα: Γραφείο Νοσοκομειακών Λοιμώξεων.
- 2) 4^η ΥΠΕ (Υγειονομική Περιφέρεια Μακεδονίας Θράκης), 2012. *Βασικές αρχές αποστείρωσης*. [Πρόσβαση στις 2/1/22]
- 3) <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/index.html>
- 4) <https://lab.dialynas.com/disinfectants/>
- 5) <https://www.colorado.edu/ehs/resources/disinfectants-sterilization-methods>
- 6) https://apofraxisvlachos.gr/apolimansi/?gclid=Cj0KCQjw1N2TBhCOARIsAGVHQc4UovvsI_3lyYuChWLKTWJHekrUTBjnTn7rbQtFCJo2skNr05lfeEaAtgPEALw_wcB&fbclid=IwAR0RAQb3Ivohpb5uZzQwsl3mcWerc8H2RxMv7j_vjYwnp4J8VpQu_fOdb0k#toc_6221fc85e8e5a
- 7) <https://www.kaercher.com/gr/professional/lyseis-apolymansis-kai-ygieinis/chimiki-apolymansis.html>
- 8) Βρυώνη, Γ., (χ.χ.). *Μέθοδοι ελέγχου μικροβιακής ανάπτυξης*. [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις]. ΕΚΠΑ: Εργαστήριο Μικροβιολογίας.
- 9) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7158362/>
- 10) https://www.pasteur.gr/mikroviologias/?fbclid=IwAR1D6znLLDaUIFj16W5Duo9u70CUuyCK_JLDjwT3Gqsl3MkeO9esS5h7gRg#
- 11) <https://www.stouchlighting.com/blog/uva-uvb-uvc-differences>
- 12) <https://insights.regencylighting.com/does-all-uv-light-kill-viruses>

- 13) <https://beasty.gr/osa-prepei-na-xerete-gia-htn-hliaki-aktinovia-tis-epiptwseis-alla-kai-toys-tropeys-profulaxis-sas-part-1/>
- 14) https://aktinovia.net/uva_uv.html
- 15) https://www.researchgate.net/figure/Absorption-and-transmission-of-solar-radiation-in-the-eye-The-cornea-and-crystalline_fig5_318159355
- 16) <https://www.certh.gr/32B73BBB.el.aspx>
- 17) <https://uwmadscience.news.wisc.edu/health/toasters-repurposed-for-ppe-in-fight-against-covid-19/>
- 18) <https://sterilize.gr/uv-%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B5%CE%AF%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/>
- 19) https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_germicidal_irradiation#/media/File:Germicidal_Effectiveness_for_LP_&_MP_mercury_lamp.png
- 20) https://www.teltec.com/evio.html?gclid=Cj0KCCQjw1N2TBhCOARIsAGVHQc7Er2oziFwU20Irt9O8Ua_UQon_BghacOhHC4rs5_2sgUSnOV5H_kaAs8EEALw_wcB&fbclid=IwAR029z4QWUCXjKgy9y4JkWjgNqku2ml55hlQPN91c2pETia2mt4aSiblorM
- 21) <https://www.ccul.org/news/153-additional-cu-weekly-articles/3973-stop-the-spread-of-germs-how-to-properly-clean-your-atms>
- 22) <https://www.atmmarketplace.com/news/uv-c-light-device-for-atm-keypads-kills-bacteria-viruses/>
- 23) <https://uvbyefsen.com/products/uv-bar/>
- 24) https://www.ledinside.com/news/2020/7/atm_disinfecting
- 25) <https://crewcare.co.nz/blog/cleaning-public-toilets/>
- 26) <https://www.zipy.gr/p/ali/uv-disinfection-lamp-shoe-cabinet-germicidal-lamp-uvc-sterilizer-home-for-toilet-garbage-can/4000857932166/?fs=>

- 27) <https://www.qinghemeta.com/ultraviolet-disinfection-robot/?fbclid=IwAR2plIx0gTKjRBBFquLWlj5Xcs0dRyskX5o-b0I6jUxBzrA2nG4CgYpv1wo>
- 28) https://hal.archives-ouvertes.fr/pasteur-01524660/?fbclid=IwAR2PNt90ztLRkHtmgkUQMk_B0iY2GC8BMfBHYK2UxGM8SI_RrUE7TFEm5rE
- 29) Palakornkitti, P. & Pinyowiwat, P. & Tanrattanakorn, S. & Rajatanavin, N. & Rattanaekmakorn, P., 2021. “The effectiveness of commercial household ultraviolet C germicidal devices in Thailand” at *Scientific Reports*.
- 30) Messina, G. & Fattorini, M. & Nante, N. & Rosadini, D. & Serafini, A. & Tani, M. & Cevenini, G., 2016. “Time Effectiveness of Ultraviolet C Light (UVC) Emitted by Light Emitting Diodes (LEDs) in Reducing Stethoscope Contamination” at *National Library of Medicine*, 13 (10).
- 31) Raeiszadeh, M. & Adeli, B., 2020. “A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations” at *National Library of Medicine*.
- 32) Βανταράκης, Α., 2005. *Η Εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογιών στον ποιοτικό έλεγχο τροφίμων, νερών και περιβαλλοντικών δειγμάτων*. Αρ.550, ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2005. [Πρόσβαση στις 2/1/22]
- 33) Καραπαναγιώτης, Γ., 2012. *Απολύμανση - Καθαρισμός – Σύγχρονες απαιτήσεις υγιεινής στη βιομηχανία τροφίμων*. Διπλωματική εργασία. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- 34) Ματζαβίνος, Δ. (χ.χ.). *Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Επεξεργασία Βιομηχανικών Υγρών Αποβλήτων: ενότητα 3: Υπεριώδης Ακτινοβολία UV*. [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις]. Πολυτεχνική Σχολή: Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- 35) Πολίτη, Ε. 2012. *Έλεγχος Απολύμανσης Νερού και Λυμάτων με Ηλεκτρόλυση και Φωτοηλεκτροκατάλυση*. Προπτυχιακή Διπλωματική εργασία. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.
- 36) Casini, B. & Tuvo, B. & Cristina, M. L. & Spagnolo, A. M. & Totaro, M. & Baggiani, A. & Privitera, G. P., 2019. ‘Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-

- Emitting Device for Disinfection of High Touch Surfaces in Hospital Critical Areas’ at *National Library of Medicine*, 16(19).
- 37) Welch, D. & Muro, M. & Buonanno, M. & Brenner, D., 2022. “Wavelength- dependent DNA Photodamage in a 3-D human Skin Model over the Far-UVC and Germicidal UVC Wavelength Ranges from 215 to 255 nm” at *National Library of Medicine*.
- 38) CIE position statement on the use of ultraviolet (UV) radiation to manage the risk of Covid-19 transmission
<http://cie.co.at/publications/cie-position-statement-use-ultraviolet-uv-radiation-manage-risk-covid-19-transmission>)
- 39) Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public: Myth busters
<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters>
- 40) ICNIRP Note on use of UVC lamps to kill/inactivate the coronavirus (SARS-CoV-2):
<https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/sars-cov-2-and-uvc-lamps.html>
- 41) <https://eeae.gr>
- 42) https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_germicidal_irradiation
- 43) https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_germicidal_irradiation#/media/File:UVC_LED_germicidal_effectivness_curve.png
- 44) <https://eody.gov.gr/odigies-gia-ton-katharismo-perivallontos-choron-parochis-ypiresion-ygeias-poy-echoyn-ektethei-ston-io-sars-cov-2/>
- 45) <https://pcosmidis.gr/content/27-basikoi-orismoi>

- 46) <https://treatment.gr/>
- 47) <https://www.disinfection.gr/apolymansai-kai-aposteirosi-me-uvc-light/>
- 48) <https://www.kathimerini.gr/society/561591988/oasth-apolymanseis-sta-leoforeia-me-aktinovolgia-uvc-vinteo/>
- 49) <https://www.qinghemeta.com/ultraviolet-disinfection-robot/?fbclid=IwAR2plIx0gTKjRBBFquLWlj5Xcs0dRyskX5o-b0I6jUxBzrA2nG4CgYpv1wo>
- 50) <https://www.qinghemeta.com/ultraviolet-disinfection-robot/?fbclid=IwAR2plIx0gTKjRBBFquLWlj5Xcs0dRyskX5o-b0I6jUxBzrA2nG4CgYpv1wo>
- 51) <https://www.sofokleousin.gr/yperiodes-fos-os-lysi-kata-tou-koronoiou-se%C2%A0kleistous-xorous>
- 52) <https://www.youtube.com/watch?v=unx2ze0ohpk>
- 53) <https://scitechdaily.com/uv-light-exposes-contagion-spread-from-improper-personal-protective-equipment-use/>
- 54) <https://eeae.gr>
- 55) <https://sterilize.gr/uvc-%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B5%CE%AF%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/>