



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS



ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Δοκιμές, μετρήσεις και έλεγχος καλής λειτουργίας μονάδας
Αποστειρωτή Επιφανειών & Αέρα UVC Wemax- CK1000 του οίκου
Zhuzhou Wavelane Technology Co.LTD

ΠΡΟΣ
THE RIGHT CHOICE IKE
Καραγεώργη Σερβίας 2, ΤΚ 10562

ΠΑΤΡΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2022

TERMINOLOGY / ΟΡΟΛΟΓΙΑ			
IRRADIANCE	RADIATION INTENSITY	ΕΝΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	W/m ²
UV	ULTRAVIOLET	ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ	10nm<400nm *
UVA	ULTRAVIOLET A-BAND	ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ Α	315nm-400 nm
UVB	ULTRAVIOLET B-BAND	ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ Β	280nm-315nm
UVC	ULTRAVIOLET C-BAND	ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ C	200nm-280nm
VUV	VACUUM UV	ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ ΚΕΝΟΥ	100nm-200nm
EUV	EXTREME UV	ΑΚΡΑΙΟ ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ	10nm-100nm
NUV	NEAR ULTRAVIOLET	ΕΓΓΥΣ ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ	300nm-400nm
VIS	VISIBLE	ΟΡΑΤΟ	400nm-700nm
IR	INFRARED	ΥΠΕΡΥΘΡΟ	0.7 μm -200μm
NIR	NEAR-INFRARED	ΕΓΓΥΣ ΥΠΕΡΥΘΡΟ	0.7 μm -3.0μm
EXPOSURE TIME	IRRADIATION TIME	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	sec
EXPOSURE DOSE	DOSE	ΔΟΣΗ ΕΚΘΕΣΗΣ	J/m ²
*NOTE /ΣΗΜΕΙΩΣΗ:	ALL SPECTRAL RANGE LIMITS ARE SET BY CONVENTION	ΟΛΑ ΤΑ ΟΡΙΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΣΥΜΒΑΣΗ	

Σύνοψη

Η παρούσα τεχνική έκθεση παρουσιάζει στα αποτελέσματα του έργου «Δοκιμές, μετρήσεις και έλεγχος καλής λειτουργίας μονάδας Αποστειρωτή Επιφανειών & Αέρα UVC Wemax-CK1000 του οίκου Zhuzhou Wavelane Technology Co.LTD» το οποίο υλοποιήθηκε τον Ιούνιο 2022 με πρωτοβουλία και για λογαριασμό της εταιρείας THE RIGHT CHOICE IKE στο Εργαστήριο Φωτονικής Νανοτεχνολογίας του Τμήματος Επιστήμης των Υλικών (Καθ. Ν. Βάϊνος) σε συνεργασία με το Εργαστήριο Βιολογικής Χημείας του Τμήματος Ιατρικής (Καθ. Κ. Σταθόπουλος) του Πανεπιστημίου Πατρών.

Το έργο αφορά στα:

1. **Δοκιμαστική λειτουργία** του μηχανήματος αποστείρωσης με ακτινοβολία UVC και συγκεκριμένα του τύπου WeMax- CK1000 S/N 2020043646
2. **Απόλυτες μετρήσεις ακτινοβολίας** (α) Ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας UVC [W/m^2] στην φασματική περιοχή $\lambda=200nm-300nm$ με χρήση διαπιστευμένων κατά NIST ανιχνευτών δύο τύπων. (α) Κβαντικός ανιχνευτής και (β) βολομετρικός ανιχνευτής. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον ελεύθερο χώρο συναρτήσει της απόστασης R και τις γωνίες εκπομπής $\varphi-\theta$ (αζιμούθιο-ύψος) ακτινοβολίας. (β) Φασματική ανάλυση της ακτινοβολίας (γ) Ανάλυση των μετρήσεων σε πολικές συντεταγμένες και καθορισμός συνθηκών αποστείρωσης σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα στο εγγύς πεδίο ($R\sim 1cm-50cm$) και απώτερου πεδίου ($R\sim 50cm-500cm$)
3. **Βιολογικές μελέτες αποστείρωσης** (α) Καλλιέργεια (άνω των 15) δειγμάτων e-coli και (άνω των 15) δειγμάτων staphylococcus με συγκεκριμένους πληθυσμούς. (β) Έκθεση των δειγμάτων σε ακτινοβολία UVC εκπεμπόμενη από το ως άνω μηχάνημα. Δοσομετρική έκθεση ακτινοβολίας [J/m^2] σε κατανεμημένα σημεία στον ελεύθερο χώρο. (γ) Καλλιέργεια ακτινοβολημένων δειγμάτων και μετρήσεις πληθυσμών.
4. **Ανάλυση αποτελεσμάτων-Τεχνική Έκθεση**

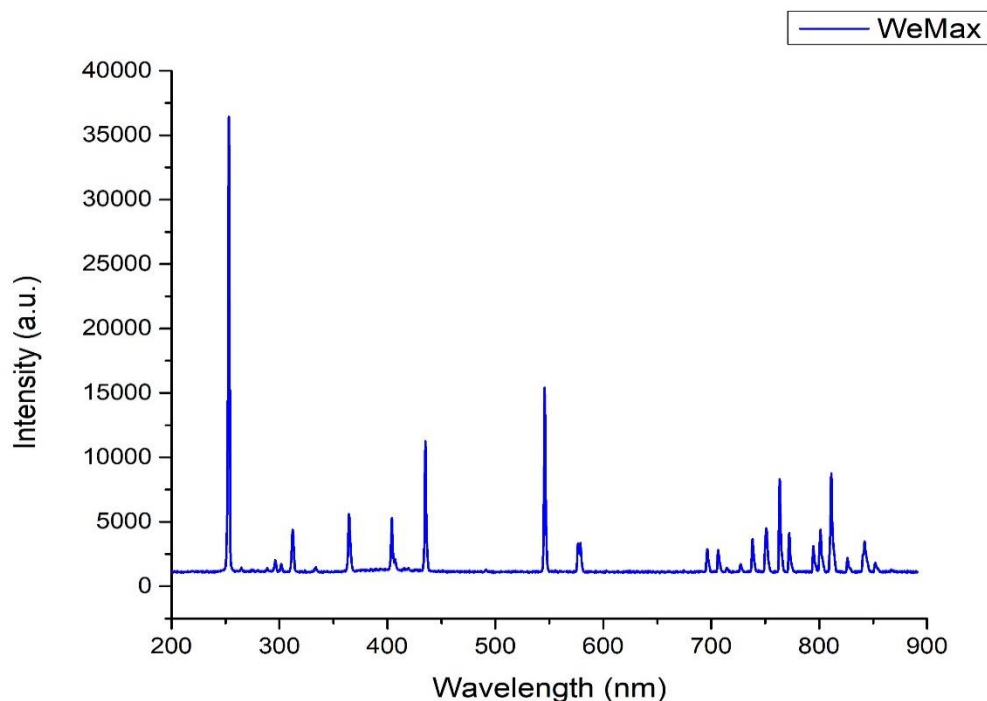
Οι μετρήσεις ακτινοβολίας δείχνουν εξαιρετικά υψηλά επίπεδα ισχύος στην φασματική περιοχή 200nm-300nm με κεντρική εκπομπή στην γραμμή $\lambda=253.7nm$ λυχνίας Hg χαμηλής πίεσης. Τα βιολογικά πειράματα αποδεικνύουν την μεγάλη αποστειρωτική ικανότητα του μηχανήματος σε καλλιέργειες staphylococcus aureus και e-coli ακόμη και σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 6m από την πηγή. Σημειώνεται ότι η ανθεκτικότητα των ιών (π.χ. Covid-19, Hepatitis, κτλ..) στην συγκεκριμένη ακτινοβολία είναι αμελητέα σε σύγκριση με τα ως άνω βακτήρια και δεν χρησιμοποιείται ως μετρήσιμη παράμετρος. Τα αποτελέσματα μετρήσεων ακτινοβολίας σύμφωνα με τις επίσημες σταθερές μικροβιακής επιβίωσης δίνουν εξαιρετικά επίπεδα αποστείρωσης και μηδενική επιβίωση των βακτηρίων στις συνθήκες των πειραμάτων που παρουσιάζονται εδώ.

1 Περιγραφή του αποστειρωτή

Ο αποστειρωτής UVC WeMax-CK1000 του οίκου Zhuzhou Wavelane Technology Co.LTD, περιλαμβάνει δύο σειρές λυχνιών εκκένωσης Hg αποτελούμενες από 8 και 7 λυχνίες 900X19mm, τοποθετημένες κατακόρυφα και εναλλάξ σε ανοξείδωτο τροχήλατο όχημα. Φέρει χρονοδιακόπτη και διακόπτη ON/OFF.

2 Φάσμα εκπομπής

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του φάσματος ακτινοβολίας με πολυκαναλικό αναλυτή φάσματος υπεριώδους-ορατού-εγγύς υπέρυθρου, τύπου Theta-metrisis / Ocean Optics και καταγράφηκε το φάσμα της Εικ.1 σε διάφορες χρονικές περιόδους λειτουργίας. Διαπιστώθηκε ισχυρή εκπομπή στην γραμμή UVC $\lambda=254\text{nm}$ με χρονική σταθερότητα και χωρίς σημαντικές αποκλίσεις ισχύος.



Εικ.1. Φάσμα εκπομπής του μηχανήματος WeMax- CK1000.

Το Φάσμα εκπομπής συμφωνεί απόλυτα με την τυπική απόκριση λυχνίας υδραργύρου (Hg) χαμηλής πίεσης. Η εκπομπή στην περιοχή 270nm θεωρείται αμελητέα. Η περιοχή των 270nm παρουσιάζει την υψηλότερη αποδοτικότητα θανάτωσης λόγω μεγαλύτερης διείσδυσης στο κύτταρο. Η ακτινοβολία της γραμμής 254nm έχει ~50% απόδοση σε σχέση με εκείνη της 270nm αλλά είναι η πλέον ασφαλής για τον χρήστη,

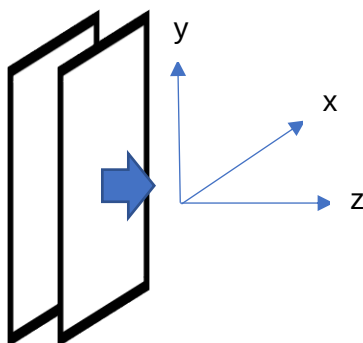
3 Μετρήσεις έντασης ακτινοβολίας (Irradiance)

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις έντασης ακτινοβολίας με μετρητή ισχύος τύπου Newport 2832C πιστοποιημένο κατά NIST, διπλής κεφαλής μέτρησης υπεριώδους – εγγύς

υπερύθρου (200nm-1100nm) και επικουρικά βολομετρικό ανιχνευτή τύπου Gentec. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε όλο το φάσμα (200nm-1100nm) και στην περιοχή εγγύς υπεριώδους-ορατού-εγγύς υπερύθρου (NUV-NIR)(300nm-1100nm) και υπολογίστηκε η ένταση ακτινοβολίας (Irradiance) I [mW/cm^2].

3.1 Παράθυρο εξόδου και εγγύς οπτικό πεδίο

Η εικόνα 2 παρουσιάζει τις συντεταγμένες των μετρήσεων αναφορικά με το παράθυρο εκπομπής (εμπρός-πίσω) και την γενικότερη γεωμετρία μετρήσεων.



Εικ. 2 Διάγραμμα συντεταγμένων

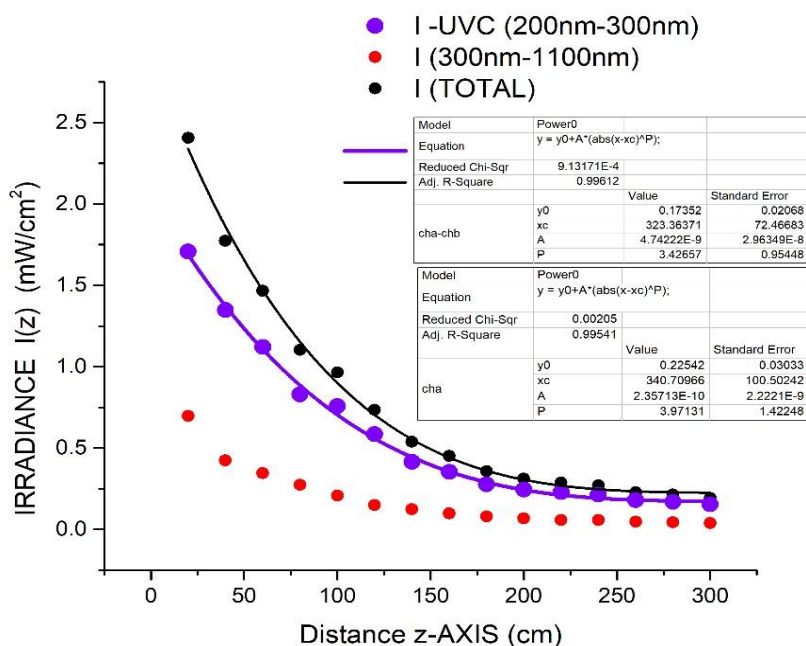
UVC IRRADIANCE [mW/cm^2]			
x(cm)	.-30	0	+.30
y(cm)	UVC IRRADIANCE 200nm-300nm at z=10cm		
120		1.284	
60	1.35	1.989	1.398
30		2.026	

NUV-NIR IRRADIANCE [mW/cm^2]			
x(cm)	.-30	0	+.30
y(cm)	NUV-NIR IRRADIANCE 300nm-1100nm at z=10cm		
120		0.605	
60	0.882	0.776	0.498
30		0.814	

Εικ. 3. Ένταση ακτινοβολίας σε απόσταση $z=10\text{cm}$ από το παράθυρο εξόδου σε ενδεικτικές θέσεις x-y: UVC $\lambda=200\text{nm}-300\text{nm}$ (άνω) και NUV-NIR $\lambda=300\text{nm}-1100\text{nm}$ (κάτω).

3.2 Μετρήσεις έντασης ακτινοβολίας μακρινού πεδίου

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις έντασης $I(z)$ κατά μήκος του κεντρικού άξονα διάδοσης z που παρουσιάζονται στην Εικ. 4 μαζί με τις εξισώσεις προσαρμογής.



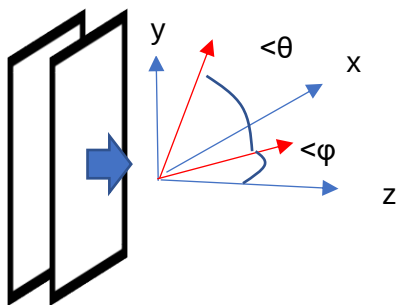
Εικ. 4 Μετρήσεις ακτινοβολίας κατά τον άξονα διάδοσης $I(x,y,z) \rightarrow I(0,0,z)$.

Η προσαρμογή στο πεδίο πέραν του $z = 300\text{cm}$ πραγματοποιείται από την εξίσωση.

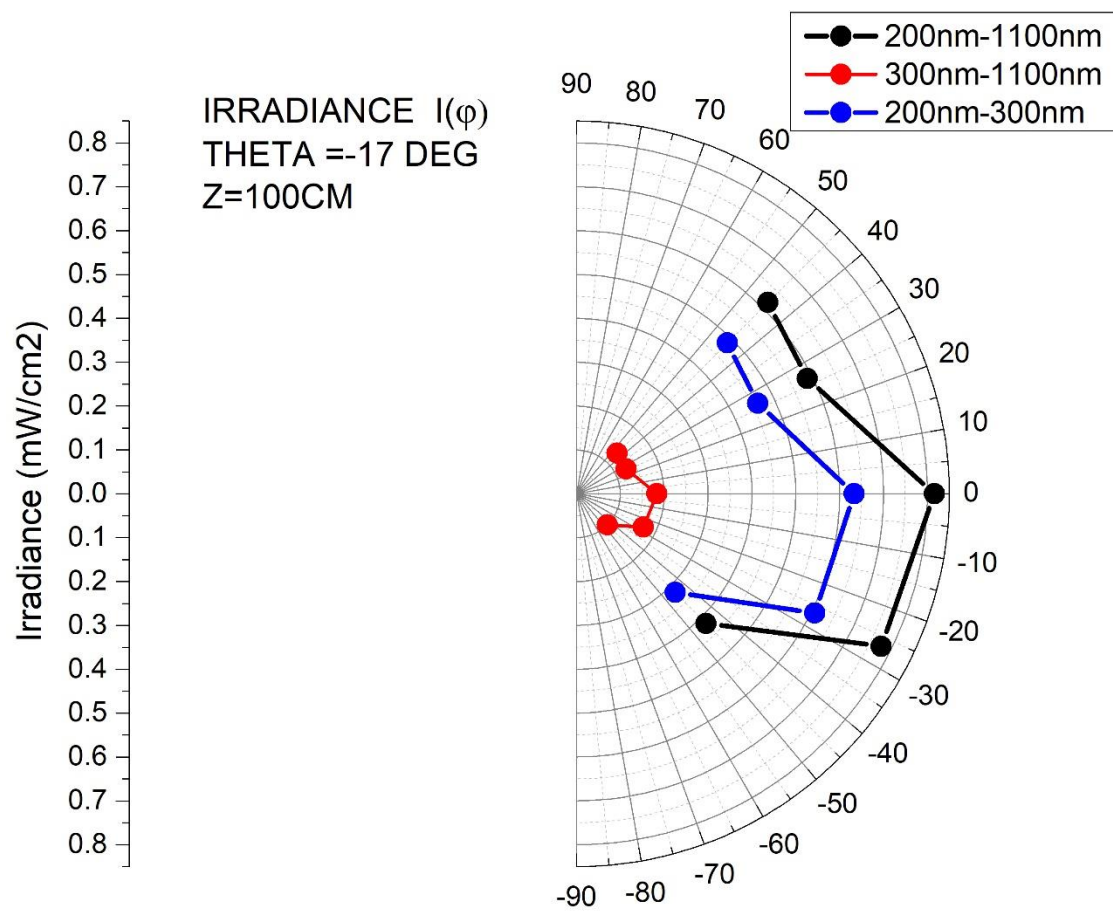
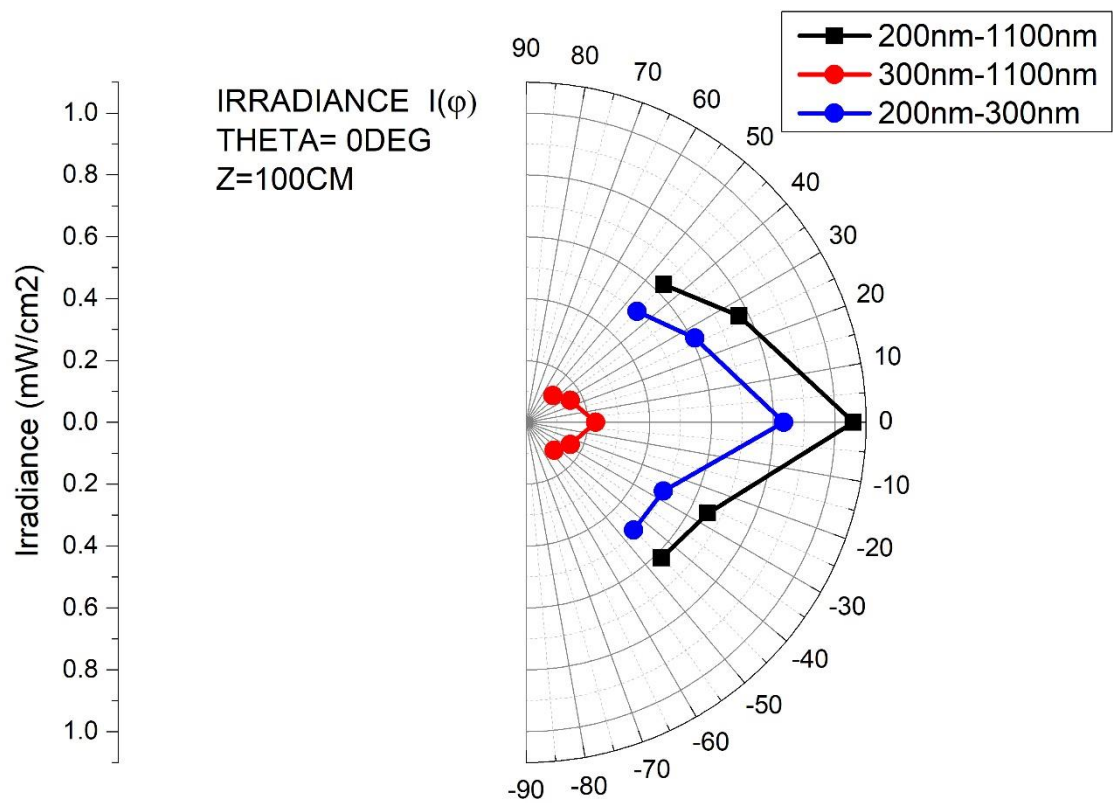
$$I [\text{mW/cm}^2] = 522 z^{-1.427}$$

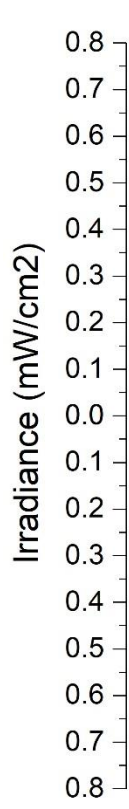
Σημειώνεται η εξαιρετικά μεγάλη ένταση ακτινοβολίας που φτάνει στα 2m να είναι τετραπλάσια της ολικής ηλιακής έντασης καθαρής καλοκαιρινής ημέρας.

Στην Εικ. 5 παρουσιάζονται μετρήσεις έντασης ακτινοβολίας σε πολικά διαγράμματα εκπομπής για τις ενδεικτικές συνθήκες σε όλο τον περιβάλλοντα χώρο σύμφωνα με την Εικ 5 (α).

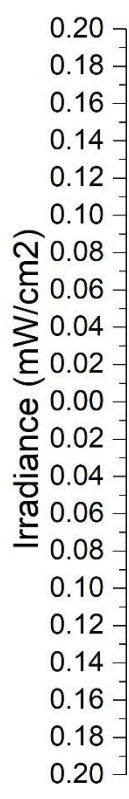
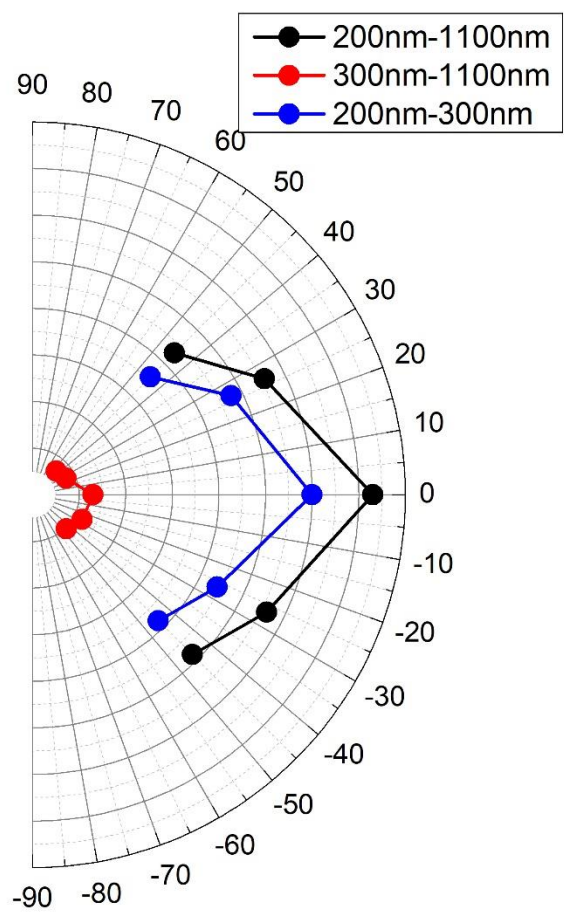


Εικ. 5(α) Γεωμετρία μετρήσεων πολικές συντεταγμένες.

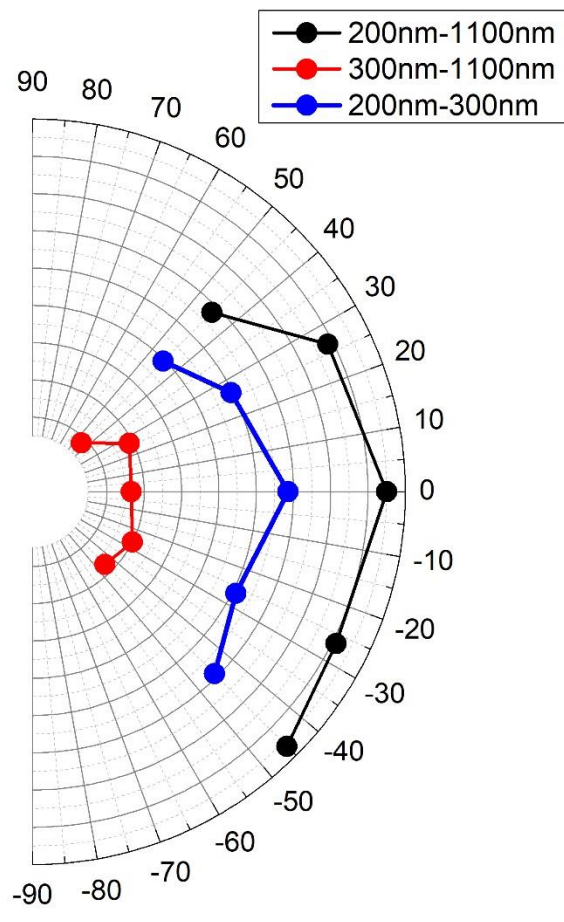


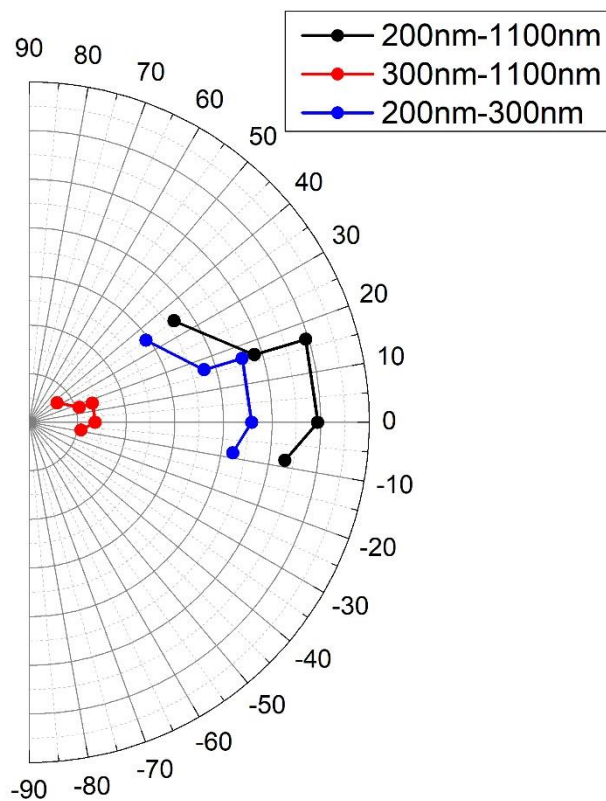
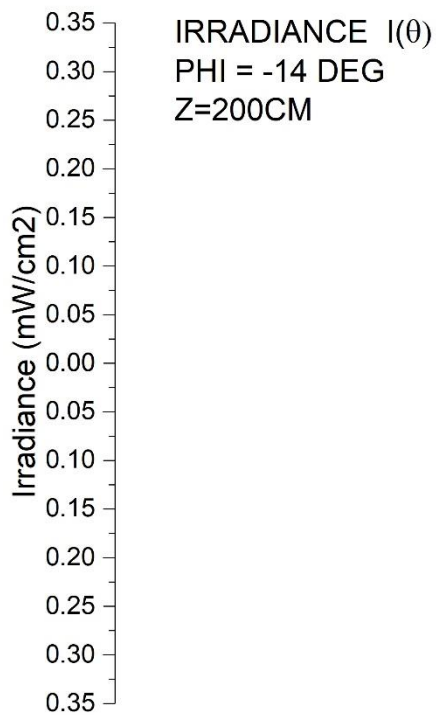
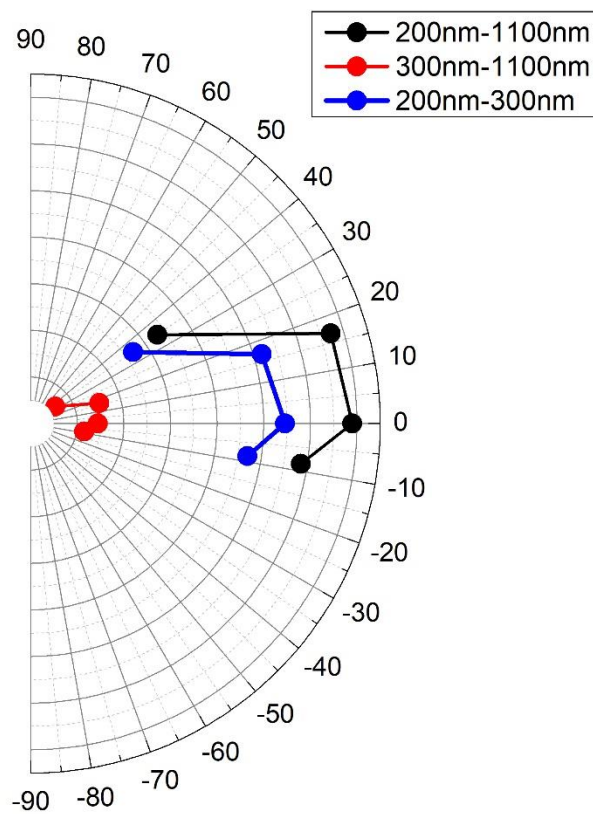
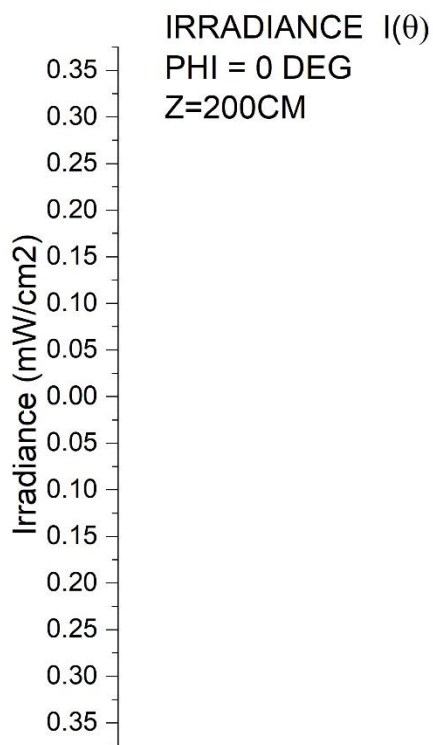


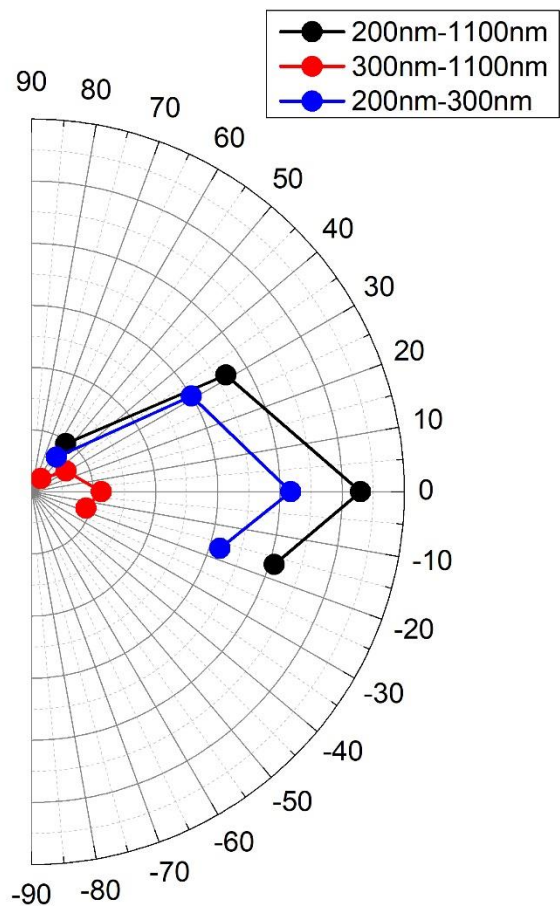
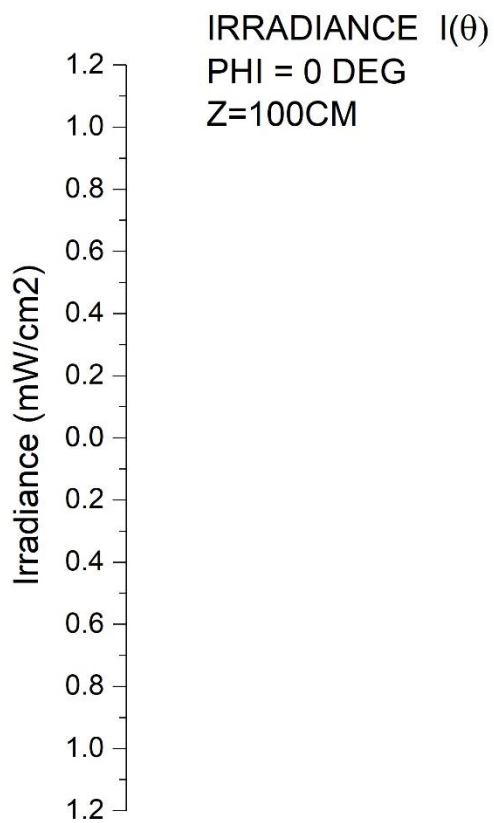
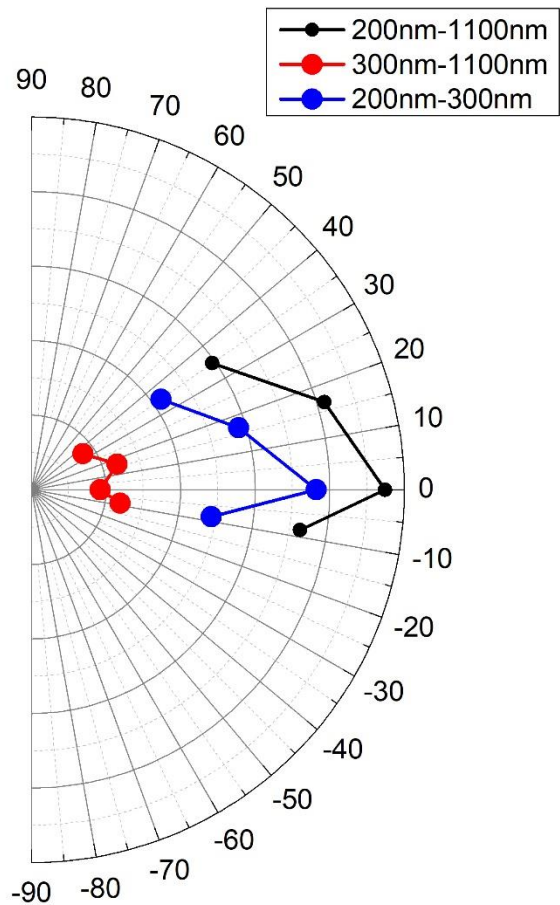
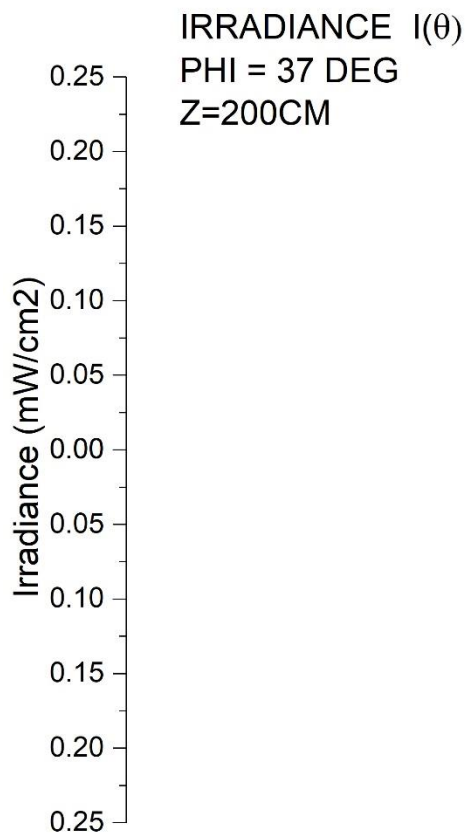
IRRADIANCE $I(\varphi)$
 THETA = 31 DEG
 Z=100CM

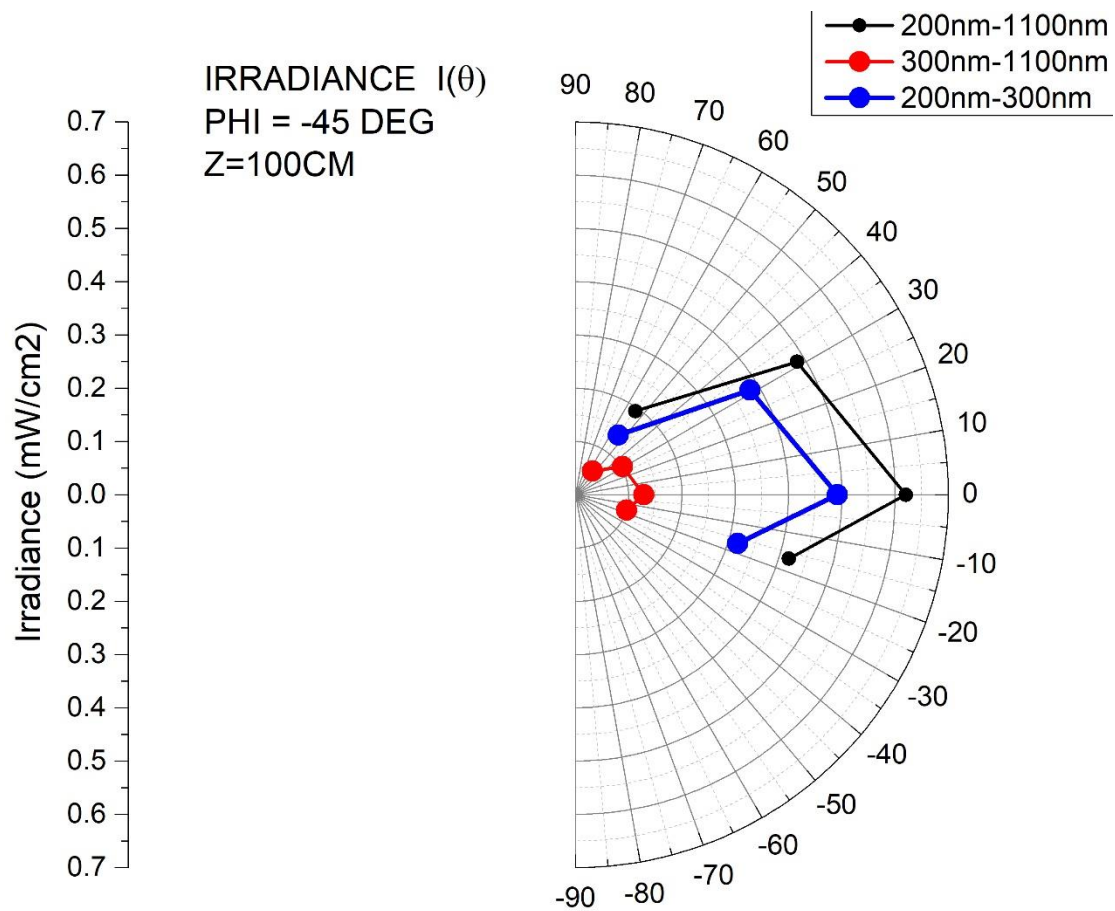
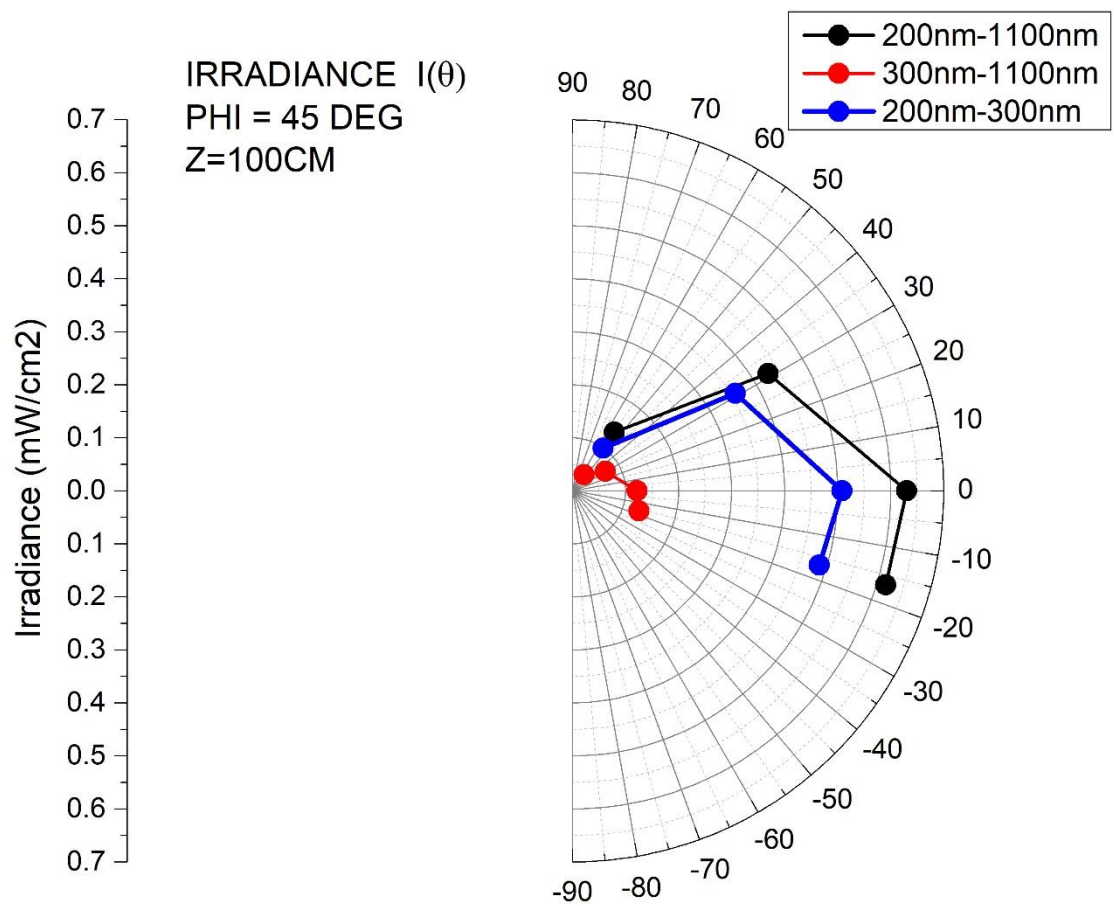


IRRADIANCE $I(\varphi)$
 THETA = 54 DEG
 Z=100CM









Εικ. 5 (β) Εκπομπή ακτινοβολίας σε πολικές συντεταγμένες ϕ - θ - I [mW/cm²]

4 Πειράματα αποστείρωσης

Για το έλεγχο της ικανότητας αποστείρωσης πραγματοποιήθηκαν πειράματα με καλλιέργειες *Staphylococcus aureus* και *Escherichia coli* (e-coli) σε τρυβλία Petri τα οποία εκτέθηκαν σε ακτινοβολία UVC του μηχανήματος με αναφορά (α) σε διάφορες εντάσεις [mW/cm^2] και (β) διάφορους χρόνους έκθεσης [sec] και κατά συνέπεια Exposure levels [mJ/cm^2]

Για την ενδεικτική μέτρηση του βαθμού βιωσιμότητας των κυττάρων έγινε συγκριτική μελέτη της οπτικής πυκνότητας (Optical Density – O.D.) των καλλιεργειών με σκέδαση ακτινοβολίας HeNe λέιζερ $\lambda=633\text{nm}$.

Οι αρχικές καλλιέργειες είχαν πυκνότητα

- *Staphylococcus* : 2.4×10^9 cell/ml
- e-coli : 1.76×10^9 cell/ml

και επιστρώθηκαν αντίστοιχα επί θρεπτικού σε πάχος:"

- *Staphylococcus*: 220 μm
- e-coli : 70 μm

Η ισχύς της ακτινοβολίας λέιζερ στο διάφραγμα της δέσμης ήταν 11mW.

Η αρχικά μετρούμενη μη-σκεδαζόμενη ισχύς κατά μέσο όρο ήταν ~ 7mW για όλα τα δείγματα που αντιστοιχεί σε ολική οπτική πυκνότητα (μικρόβια-θρεπτικό-υπόστρωμα) $OD \sim 0.2$.

Σημειώνεται ότι η σκέδαση στη περίπτωση *Staphylococcus* αναμένεται μεγαλύτερη και διάφορη μεταξύ δειγμάτων.

Υπογραμμίζεται ότι οι μετρήσεις οπτικής πυκνότητας πραγματοποιούνται στις καλλιέργειες μικροβίων σε τρυβλία ήτοι δείγματα μικρού οπτικού δρόμου (πάχους) όπως αναφέρεται παραπάνω και όχι ως συνήθως σε υγρές καλλιέργειες εντός κυψελίδων οπτικού δρόμου 10mm.

Οι παρακάτω πίνακες και σχετικά διαγράμματα καταγράφουν τα αποτελέσματα.

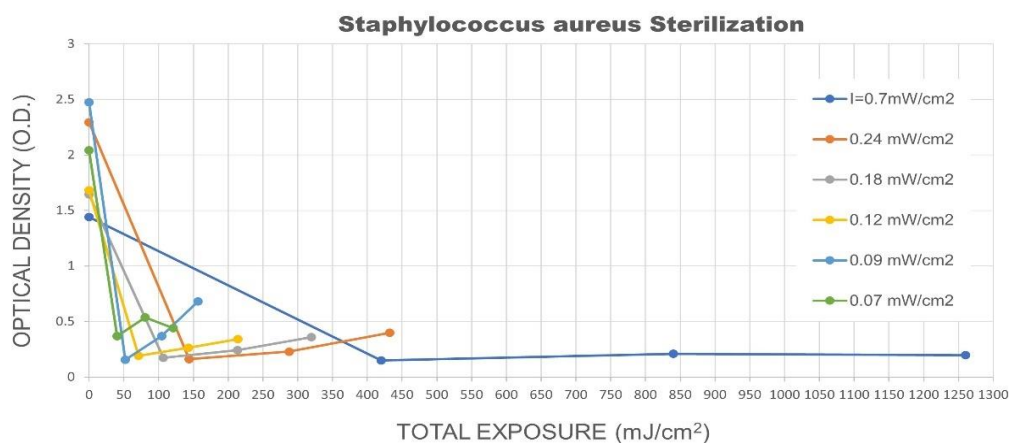
Η βιωσιμότητα των πληθυσμών καταγράφεται αναφορικά με την OD και επιδεικνύει την ισχυρή ικανότητα αποστείρωσης ακόμη και σε αποστάσεις τάξης 6m από την πηγή.

4.1 ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Staphylococcus aureus

CULTURE EXPOSURE LEVEL	Z-DISTANCE TO TARGET (cm)	100	200	300	400	500	600
	IRRADIANCE (mW/cm ²)	0.7000	0.2400	0.1777	0.1188	0.0869	0.0673
		Total UVC energy exposure levels (mJ/cm ²)					
EXPOSURE TIME (sec)	0	0	0	0	0	0	0
	600	420	144	106.6233	71.27509	52.15113	40.40266
	1200	840	288	213.2465	142.5502	104.3023	80.80533
	1800	1260	432	319.8698	213.8253	156.4534	121.208

Test Subject:	Staphylococcus STERILIZATION	HeNe Laser 633nm Scattering Power Level - P (mW)					
	Z-DISTANCE TO TARGET (cm)	100	200	300	400	500	600
	IRRADIANCE (mW/cm ²)	0.7000	0.2400	0.1777	0.1188	0.0869	0.0673
EXPOSURE TIME (sec)	0	0.40	0.06	0.25	0.23	0.04	0.10
	600	7.80	7.60	7.40	7.10	7.70	4.70
	1200	6.80	6.50	6.30	6.00	4.70	3.20
	1800	7.00	4.40	4.80	5.00	2.30	4.00

Test Subject:	Staphylococcus STERILIZATION	CELL SURVIVAL - OPTICAL DENSITY (O.D.)					
	Z-DISTANCE TO TARGET (cm)	100	200	300	400	500	600
	IRRADIANCE (mW/cm ²)	0.7000	0.2400	0.1777	0.1188	0.0869	0.0673
EXPOSURE TIME (sec)	0	1.4	2.3	1.6	1.7	2.5	2.0
	600	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
	1200	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5
	1800	0.2	0.4	0.4	0.3	0.7	0.4

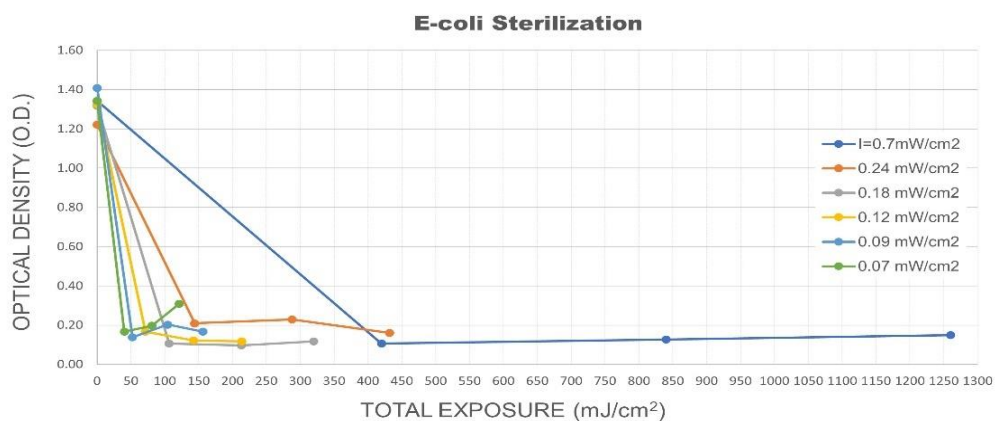


4.2 ΠΙΝΑΚΑΣ 2 E-coli

CULTURE EXPOSURE LEVEL	Z-DISTANCE TO TARGET (cm)	100	200	300	400	500	600
	IRRADIANCE (mW/cm ²)	0.7000	0.2400	0.1777	0.1188	0.0869	0.0673
		Total UVC energy exposure levels (mJ/cm ²)					
EXPOSURE TIME (sec)	0	0	0	0	0	0	0
	600	420	144	106.6233	71.27509	52.15113	40.40266
	1200	840	288	213.2465	142.5502	104.3023	80.80533
	1800	1260	432	319.8698	213.8253	156.4534	121.208

Test Subject:	e-coli STERILIZATION	HeNe Laser scattering power level -P (mW)					
	Z-DISTANCE TO TARGET (cm)	100	200	300	400	500	600
	IRRADIANCE (mW/cm ²)	0.7000	0.2400	0.1777	0.1188	0.0869	0.0673
EXPOSURE TIME (sec)	0	0.50	0.66	0.53	0.52	0.43	0.50
	600	8.60	6.80	8.60	7.50	8.00	7.50
	1200	8.20	6.50	8.80	8.30	6.90	7.00
	1800	7.80	7.60	8.40	8.40	7.50	5.40

Test Subject:	e-coli STERILIZATION	CELL SURVIVAL - OPTICAL DENSITY (O.D.)					
	Z-DISTANCE TO TARGET (cm)	100	200	300	400	500	600
	IRRADIANCE (mW/cm ²)	0.7000	0.2400	0.1777	0.1188	0.0869	0.0673
EXPOSURE TIME (sec)	0	1.34	1.22	1.32	1.33	1.41	1.34
	600	0.11	0.21	0.11	0.17	0.14	0.17
	1200	0.13	0.23	0.10	0.12	0.20	0.20
	1800	0.15	0.16	0.12	0.12	0.17	0.31



5 Συμπερασματικές Παρατηρήσεις

Πραγματοποιήθηκαν πειράματα μετρήσεων έντασης ακτινοβολίας με σκοπό τον έλεγχο καλής και αποτελεσματικής λειτουργίας της μονάδας Αποστείρωσης Επιφανειών & Αέρα UVC Wemax- CK1000 του οίκου Zhuzhou Wavelane Technology Co.LTD.

Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας UVC διαπιστώνεται εξαιρετικά υψηλή και με ικανότητα θανάτωσης μικροβίων σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 6m και χρόνους έκθεσης μικρότερους των 10min.

Η πολική διασπορά ακτινοβολίας στον χώρο κρίνεται ικανοποιητική παρουσιάζοντας τιμές έντασης UVC τάξης 0.5mW/cm² ήτοι πενταπλάσια της ολικής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας καθαρής ηλιόλουστης ημέρας.

Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία* το ποσοστό επιβίωσης, S, μικροοργανισμών σε έκθεση UVC για ένα (1) στάδιο θανάτωσης δίνεται από την σχέση:

$$S=\exp(-k D)$$

k=σταθερά ρυθμού έκθεσης (cm²/mJ)

D=δόση έκθεσης (mJ/cm²)

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τα ποσοστά επιβίωσης για τα δύο βακτήρια με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα και κάνοντας χρήση των πειραματικών αποτελεσμάτων για το πείραμα ελάχιστης έκθεσης 10min (600sec) σε απόσταση 600cm ήτοι δόση D=40mJ/cm².

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

E-coli

k (cm ² /mJ)	D (mJ/cm ²)	Επιβίωση %	ΜΕΣΟ (W: Νερό/ S: Επιφάνεια/ A: Αέρας)	Αναφορά	Ετος
1.09E+00	40	1.16081E-17	W	Zelle	1955
0.432	40	3.1289E-06	W	Tyrrell	1972
1.151	40	1.01177E-18	W	Oguma	2001
0.494	40	2.62024E-07	W	Kim	2002
0.53	40	6.20808E-08	W	Hofemeister	1975
1.8	40	5.38019E-30	W	Harris	1987
1.15	40	1.05306E-18	W	Harm	1968
0.96	40	2.10422E-15	W	David	1973
0.2832	40	1.20313E-03	W	Abshire	1981
0.9398	40	4.72065E-15	S	Sharp	1939
1.2	40	1.42516E-19	S	Rentschler	1942
1.93	40	2.96801E-32	S	Rentschler	1942

* W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009

Staphylococcus aureus

4.40E-01	40	2.27205E-06	W	Dolman	1989
8.53E-01	40	1.51403E-13	W	Chang	1985
4.13E-01	40	6.58425E-06	W	Abshire	1981
7.70E-01	40	4.20465E-12	S	Sturm	1932
4.65E-01	40	8.29179E-07	S	Hollaender	1955
3.50E-01	40	8.31529E-05	S	Gates	1934
8.86E-01	40	4.06072E-14	S	Sharp	1939
6.24E-01	40	1.44547E-09	S	Luckiesh	1949
1.18E+00	40	2.7028E-19	S	Gates	1929
1.13E+00	40	2.34363E-18	Air	Nakamura	1987
3.48E+00	40	4.12758E-59	Air	Sharp	1940
9.60E+00	40	1.571E-165	Air	Luckiesh	1949
9.62E+00	40	7.6469E-166	Air	Luckiesh	1946

Από τους ανωτέρω υπολογισμούς συνάγονται μηδενικά επίπεδα επιβίωσης μικροοργανισμών στις συγκεκριμένες συνθήκες και επιβεβαιώνεται η ισχυρή αποστειρωτική δράση του Wemax-CK1000. Υπογραμμίζουμε ότι ακόμη και με την μικρότερη σταθερά $k \sim 0.3 \text{ cm}^2/\text{mJ}$, ακτινοβολία 200sec είναι ικανή να δώσει 99% αποστείρωση. Εναλλακτικά 600sec έκθεση είναι ικανή να αποστειρώσει σε βαθμό 99% από απόσταση 30m.

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

Η American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIHR)** αποδίδει στην UV-C ακτινοβολία 254 nm την μισή βιολογική επίδραση της ακτινοβολίας σε 270nm. Η επιτρεπτή έκθεση σε ακτινοβολία ορίζεται ως το κατώφλι έκθεσης οφθαλμού (Threshold Limit Value-TLV) με ένταση $0.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ συνεχούς ακτινοβολίας για 8hrs με συνολική δόση έκθεσης $6.0 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ στα 254 nm.

Συνίσταται εξαιρετική προσοχή κατά την χρήση του μηχανήματος με ολόσωμη φόρμα εργασίας, γάντια, ολοπρόσωπη μάσκα με γυαλιά προστασίας τουλάχιστον OD3 στο υπεριώδες. Η παρουσία ανθρώπων και ζώων στον χώρο κατά την διάρκεια της έκθεσης απαγορεύεται.

** Melvin W. First, Robert A. Weker, Shojiro Yasui, and Edward A. Nardell, Monitoring Human Exposures to Upper-Room Germicidal Ultraviolet Irradiation, J Occup Environ Hyg, 2: 285–292(2005)

Ο Επιστημονικός Υπεύθυνος

Νικόλαος Α. Βάϊνος

Καθηγητής