



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: Μέτρηση Ηλεκτρομαγνητικού πεδίου κινητής τηλεφωνίας στον χώρο του πανεπιστημίου.

Καραλή Ελένη Α.Μ: 15354

Υπεύθυνος καθηγητής: Αγγέλης Κωνσταντίνος

Άρτα , Ιούλιος 2020

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους οι οποίοι βοήθησαν στην περάτωσή της. Κατά κύριο λόγο, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αγγέλη Κωνσταντίνο, ο οποίος με υποστήριξε καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας και μου εξασφάλισε την παροχή πλούσιας υλικοτεχνικής υποδομής, πολύτιμης για μια μελέτη όπως αυτή.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε προκειμένου να μελετηθεί η ένταση του Ηλεκτρομαγνητικού Πεδίου στις εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που προέρχεται από την χρήση κινητής τηλεφωνίας. Σκοπός είναι η ενημέρωση των φοιτητών και των καθηγητών.

Η λήψη των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε με το όργανο Taoma TS/004/EHF με σκοπό την καταγραφή και αποθήκευση των δεδομένων των μετρήσεων σε ηλεκτρονική μορφή. Το Taoma αποτελεί την αιχμή της τεχνολογίας στις περιβαλλοντικές μετρήσεις. Είναι μια πλατφόρμα λειτουργίας για διαφορετικές εφαρμογές οι οποίες είναι επιπροσθέτως μακροπρόθεσμα αναβαθμιζόμενες.

Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις έδειξαν, ότι η ένταση του Ηλεκτρομαγνητικού Πεδίου βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα και δεν εγκυμονεί κινδύνους για φοιτητές και καθηγητές.

Abstract

The present thesis was made in order to study the intensity of the Electromagnetic Field in the facilities of the University of Ioannina that comes from the use of mobile telephony. The purpose is to inform students and teachers.

The measurements were taken with the Taoma TS / 004 / EHF instrument in order to record and store the measurement data in electronic form. Taoma is the pinnacle of technology in environmental measurements. It is an operating platform for different applications that are additionally long-term upgradeable.

In particular, the measurements showed that the intensity of the Electromagnetic Field is low and does not pose a risk to students and teachers.

Περιεχόμενα

Πίνακας περιεχομένων

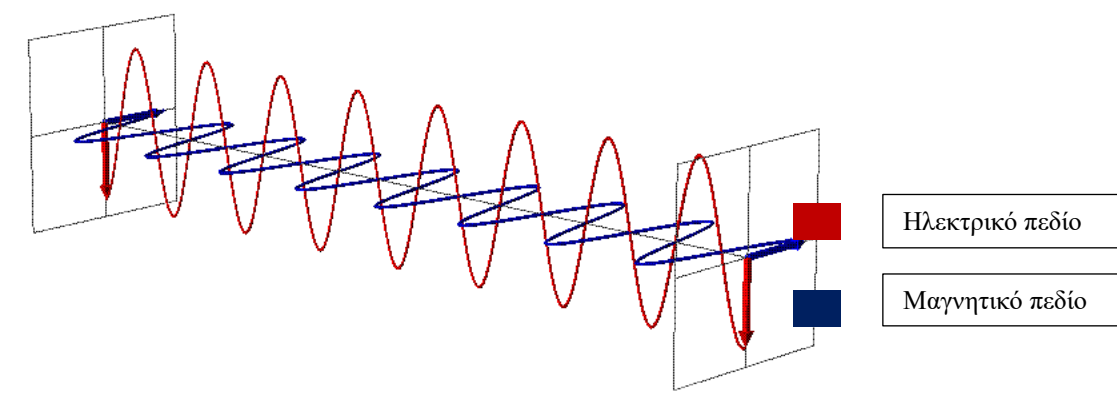
Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract	5
Περιεχόμενα.....	6
Κεφάλαιο 1 : Ηλεκτρομαγνητισμός.....	8
1.1 : Ορισμός ακτινοβολίας.....	8
1.2 : Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	8
1.3 : Ηλεκτρομαγνητικά κύματα	8
1.4 : Το φως.....	10
1.5 : Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	12
1.6 : Εξισώσεις Maxwell.....	14
Κεφάλαιο 2 : Τηλεπικοινωνιακές κεραιές.....	17
2.1 : Τι είναι κεραία	17
2.2 : Είδη κεραιών	17
2.3 : Διασπορά σήματος.....	17
2.4 : Μοντέλα διάδοσης.....	18
2.5 : Βασικά χαρακτηριστικά κεραιών	20
2.5.1 : Πόλωση.....	20
2.5.2 : Διάγραμμα ακτινοβολίας.....	21
2.5.3 : Κατευθυντικότητα ή κατευθυντικό κέρδος D.....	22
2.5.4 : Απολαβή – κέρδος G.....	23
2.5.5 : Ενεργό ύψος και ενεργός επιφάνεια κεραίας	23
2.5.6 : Αντίσταση ακτινοβολίας R_a	23
2.5.7 : Αντίσταση απωλειών R_l	23
2.5.8 : Αντίσταση εισόδου Z_{in}	23
2.5.9 : Αμοιβαία συνθήκη αντίστασης μεταξύ κεραιών	24
2.5.10 : Απόδοση κεραίας η	24
2.5.11 : Ισχύς εισόδου W_{in}	25
2.5.12 : Γωνία μισής ισχύος.....	25
2.5.13 : Κατανομή ρεύματος.....	25
2.5.14 : Κεραιές ευρείας και στενής ζώνης	26
2.5.15 : Λόγος εμπρός - πίσω	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Κινητή τηλεφωνία.....	27
3.1: Τρόπος λειτουργίας κινητής τηλεφωνίας	27
3.2: Σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας.....	27
3.2.1: Συμμόρφωση των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας με τις διεθνείς/εθνικές οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ραδιοκύματα	29
3.3: Κυψέλη κινητής τηλεφωνίας.....	30

3.4: Κεραίες κινητής τηλεφωνίας.....	30
3.5: Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα	31
3.6: Τρόπος λειτουργίας κινητών τηλεφώνων.....	32
3.7: Ακτινοβολία κινητών τηλεφώνων.....	33
3.7.1: Έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία κεραιών και κινητών τηλεφώνων	34
3.7.2: Ανθρώπινος οργανισμός και έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία	34
3.7.3: Ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (SAR) και η σχέση του με την κινητή τηλεφωνία	34
3.7.4: Σύγκριση των επιπέδων έκθεσης στην ακτινοβολία τερματικών συσκευών και σταθμών βάσης.....	35
3.7.5: Ασφαλής έκθεση και αποστάσεις ασφαλείας από θέσεις κατοικίας των ανθρώπων	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Επιπτώσεις στην υγεία	39
4.1: Βασικά στοιχεία	39
4.2: Επίπεδα έκθεσης.....	39
4.3: Υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία;.....	40
4.3.1: Βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις.....	40
4.3.2: Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα	41
4.3.3: Θερμικές επιπτώσεις	42
4.3.4: Ηλεκτρική ευαισθησία	42
4.3.5: Επιπτώσεις στο γενετικό υλικό.....	42
4.3.6: Κινητή τηλεφωνία και καρκίνος	42
4.3.7: Διαταραχή ύπνου.....	43
4.4: Η κατάταξη των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνότητων	43
4.5: Οι επιπτώσεις της ακτινοβολίας των Σταθμών Βάσεων στην υγεία	44
4.6: Σχέση διείσδυσης ακτινοβολίας κινητού τηλεφώνου και ηλικίας.....	46
4.6.1: Χρήση των κινητών τηλεφώνων και η υγεία των παιδιών	46
4.7: Ομάδες αυξημένης ευαισθησίας.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Έρευνα.....	49
5.1: Νομοθετικό πλαίσιο ακτινοβολούμενης Η/Μ ισχύος.....	49
5.2: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου.....	50
5.2.1: Πίνακες μετρήσεων	52
5.2.2: Διαγράμματα μετρήσεων	60
5.3: Συμπεράσματα	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64

Κεφάλαιο 1 : Ηλεκτρομαγνητισμός

1.1 : Ορισμός ακτινοβολίας

Ο Ηλεκτρομαγνητισμός είναι μία από τις τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις της φυσικής. Μελετά φαινόμενα που σχετίζονται με το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων καθώς και την αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών με τα μαγνητικά πεδία. Η θεμελιώδης αυτή δύναμη αποτέλεσε την ενοποίηση δύο διαφορετικών δυνάμεων του Ηλεκτρισμού και του Μαγνητισμού. Η Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση εμφανίζεται μεταξύ των αντικειμένων που διαθέτουν ηλεκτρικό φορτίο και με τη σειρά τους αποτελούν πηγές ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, το οποίο διαδίδεται στο χώρο με τη μορφή Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι ένα κυματικό φαινόμενο που για τη διασπορά του στο κενό δεν απαιτείται η μεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου. Το κενό ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός.



Σχήμα 1: Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

1.2 : Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Η Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι εκπομπή στον χώρο Ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό μορφή κυμάτων που ονομάζονται Ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντευόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης.

1.3 : Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Όλα τα κύματα διαδίδονται μέσα στην ύλη όπως π.χ. στη θάλασσα, στις χορδές μίας κιθάρας κλπ. , τα κύματα αυτά ονομάζονται μηχανικά. Υπάρχουν όμως και τα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία αποτελούν ταλαντώσεις ηλεκτρικού και μαγνητικού

πεδίου και μπορούν να διαδοθούν ακόμα και στο κενό. Στο κενό διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός ($c=3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$) ενώ σε οποιοδήποτε άλλο υλικό έχουν μικρότερη ταχύτητα. Τα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα χρησιμοποιούνται σε πολλές καθημερινές τεχνολογικές εφαρμογές όπως η τηλεόραση, το λάπτοπ, τα κινητά τηλέφωνα. Δεν χρησιμεύουν όμως μόνο στην καθημερινή ζωή αλλά στην Ιατρική, στη Βιομηχανία, στις ασύρματες επικοινωνίες, στα ραντάρ.

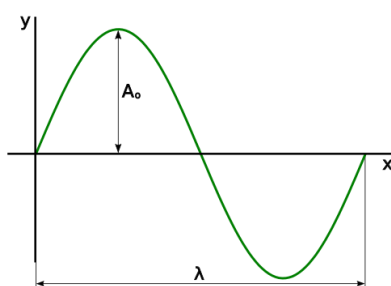
Τα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Περίοδος: Ορίζεται ως η χρονική διάρκεια κάθε επαναλαμβανόμενου στιγμιότυπου.

Συμβολίζεται με το γράμμα T και μετριέται σε sec. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τιμών περιόδου είναι τα παρακάτω:

Κίνηση	Περίοδος
Περίοδος περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της	24 ώρες
Περίοδος περιστροφής της Σελίνης γύρω από την γη	27.321 ημέρες
Περίοδος περιστροφής της Γης γύρω από τον ήλιο	365.256 ημέρες
Περίοδος περιστροφής του Άρη γύρω από τον ήλιο	686.96 ημέρες

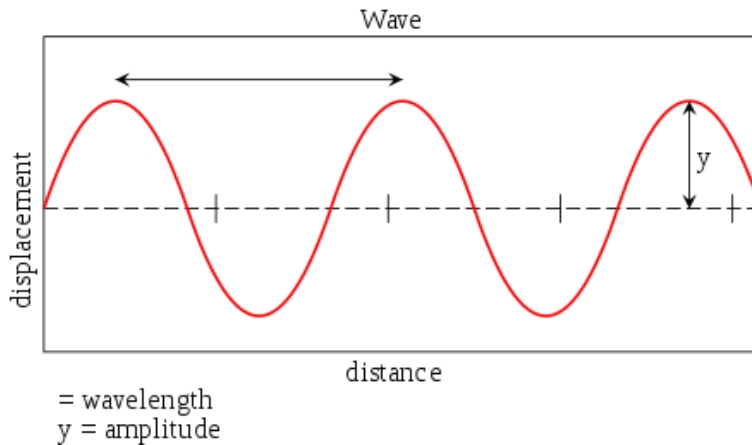
2. Πλάτος: Η μέγιστη απόσταση από την θέση ισορροπίας μέχρι την κορυφή ή την κοιλία του κύματος Συμβολίζεται με το γράμμα A και μετριέται με m.



Σχήμα 2: Αναπαράσταση πλάτους κύματος

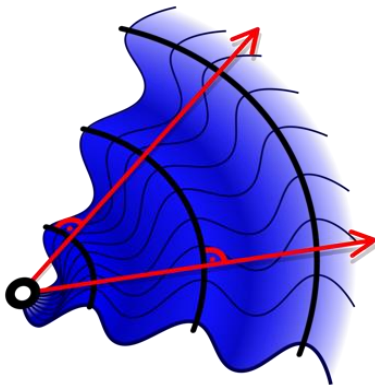
3. Συχνότητα: Ονομάζουμε τον αριθμό των επαναλήψεων στη μονάδα του χρόνου. Χαρακτηριστικό των Ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι πως η συχνότητα παραμένει σταθερή. Συμβολίζεται με το γράμμα f και μετριέται σε Hz.

4. Μήκος κύματος: Απόσταση μεταξύ διαδοχικών κορυφών ή κοιλάδων του κύματος. Συμβολίζεται με το γράμμα λ και μετριέται σε m.



Σχήμα 3: Αναπαράσταση μήκους κύματος

5. Φάση: Εκφράζει την απομάκρυνση ενός σώματος που εκτελεί ταλάντωση από τη θέση ισορροπίας του σε κάποιο δεδομένο χρόνο. Συμβολίζεται με το γράμμα ϕ και μετριέται σε rad.
6. Ταχύτητα: Απλή αρμονική ταχύτητα των ταλαντευόμενων σωματιδίων γύρω από τη θέση ισορροπίας. Συμβολίζεται με το γράμμα U και μετριέται σε m/sec.
7. Μέτωπο: το σύνολο των σημείων στα οποία μόλις έχει φτάσει η διαταραχή.



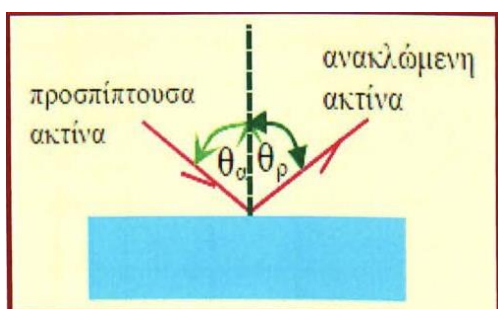
Σχήμα 4: Μέτωπο κύματος.

1.4 : Το φως

Το φως είναι Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία(Ηλεκτρομαγνητικό κύμα) που εκπέμπεται ασυνεχώς σε στοιχειώδεις ποσότητες που ονομάζονται κβάντα φωτός ή φωτόνια. Το Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα εγκάρσιο κύμα που διαδίδεται κάθετα στη

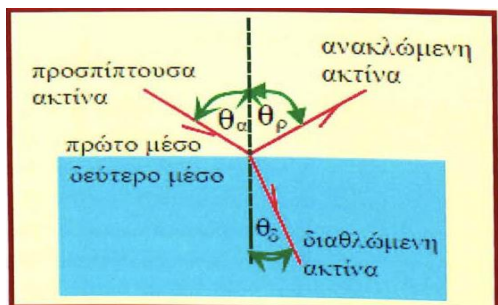
διεύθυνση διάδοσης του και η κίνηση του είναι περιοδική. Το φως έχει ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα οι οποίες είναι η ανάκλαση, η διάθλαση, η συμβολή, η περίθλαση και το φαινόμενο Doppler.

- Ανάκλαση: Έστω ότι μία φωτεινή ακτίνα διαδίδεται στον αέρα και προσπίπτει υπό γωνία σε μία λεία επιφάνεια. Η προσπίπτουσα ακτίνα(θ_a), η ανακλώμενη ακτίνα(θ_p) και η κάθετη βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο το οποίο είναι κάθετο στην επιφάνεια. Σύμφωνα με το νόμο της ανάκλασης η γωνία ανάκλασης ισούται με την γωνία πρόσπτωσης ($\theta_a = \theta_p$).



Σχήμα 5: Ανάκλαση φωτός

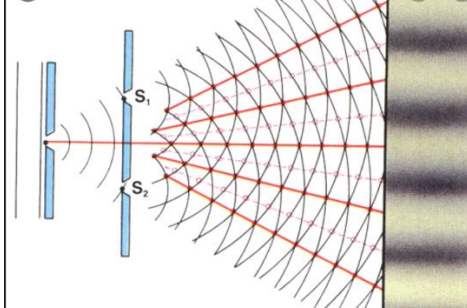
- Διάθλαση: Έστω ότι έχουμε μία διαχωριστική επιφάνεια και ένα διαφανές μέσο. Όταν μία ακτίνα μονοχρωματικού φωτός που ταξιδεύει σε ένα μέσο συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια και πίσω της βρίσκεται το διαφανές μέσο, τότε ένα μέρος του φωτός ανακλάται. Το υπόλοιπο μέρος του φωτός περνάει προς το διαφανές μέσο αλλάζοντας όμως πορεία. Η ακτίνα που διαθλάται δεν συνεχίζει την πορεία της προσπίπτουσας αλλά σχηματίζει γωνία θ_d με την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων.



Σχήμα 6: Διάθλαση φωτός

- Περίθλαση: Έστω ότι έχουμε μία δέσμη φωτός και μία οπή της οποίας το μέγεθος είναι περίπου ίσο με το μήκος κύματος της φωτεινής δέσμης. Όταν η φωτεινή δέσμη

θα προσπαθήσει να διαπεράσει την οπή δεν θα εμφανιστεί ένα απλό φωτεινό αποτύπωμα της δέσμης αλλά πολλές φωτεινές και σκοτεινές περιοχές σε μία μεγάλη έκταση γύρω από εκεί που θα έπρεπε να εμφανίζεται το φωτεινό αποτύπωμα.



Σχήμα 7: Περίθλαση φωτός

- Συμβολή: Έστω ότι έχουμε δύο δέσμες φωτός οι οποίες ταξιδεύουν προς την ίδια κατεύθυνση. Τη στιγμή που θα συναντηθούν θα δημιουργήσουν μία νέα δέσμη φωτός ως αποτέλεσμα της υπέρθεσης τους.
- Doppler: Η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής δεν είναι ίδια με αυτήν που εκπέμπει μία πηγή όταν ο παρατηρητής και η πηγή βρίσκονται σε σχετική κίνηση μεταξύ τους.

1.5 : Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Φάσμα ονομάζουμε το εύρος συχνοτήτων που καλύπτουν τα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Θεωρητικά το Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αρχίζει από το μηδέν και επεκτείνεται έως το άπειρο. Πρακτικά όμως το Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα χωρίζεται σε κάποιες επιμέρους ζώνες οι οποίες είναι: τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, η υπέρυθη ακτινοβολία, η ορατή ακτινοβολία, η υπεριώδης ακτινοβολία, οι ακτίνες χ , οι ακτίνες γ και οι κοσμικές ακτίνες. Το φάσμα των Ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 8: Φάσμα Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

1. Τα ραδιοκύματα βρίσκουν εφαρμογή στις τηλεπικοινωνίες όπως τα κινητά τηλέφωνα, τα συστήματα επικοινωνίας της αστυνομίας και της πυροσβεστικής, οι δορυφορικές επικοινωνίες κλπ. Τα ραντάρ χρησιμοποιούν την ενέργεια ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό αυτοκινήτων και αεροπλάνων. Ακόμη χρησιμεύουν στην Ιατρική για τη μαγνητική τομογραφία, τον προγραμματισμό βηματοδοτών και την αντιμετώπιση του καρκίνου. Το φάσμα συχνοτήτων τους είναι 0-300 MHz.
2. Τα μικροκύματα χρησιμοποιούνται για εκπομπή επίγειου τηλεοπτικού και δορυφορικού σήματος, Wi-Fi, Bluetooth και στους φούρνους μικροκυμάτων αφού οι μικροκυματικές συχνότητες αλληλεπιδρούν με την ύλη. Το φάσμα συχνοτήτων τους είναι 300 MHz-300 GHz.
3. Η υπέρυθρη ακτινοβολία βρίσκει εφαρμογές στην Ιατρική όπως στις θερμοκοιτίδες για να ζεσταθούν τα νεογνά, σε ασθενείς με υψηλή πίεση διαταραχές στο κυκλοφορικό, αποτοξίνωση, ρευματισμοί κλπ. Το φάσμα συχνοτήτων τους είναι 300 GHz-400 THz.
4. Η ορατή ακτινοβολία είναι το γνωστό σε όλους μας φως. Το φάσμα συχνότητας είναι 400 THz-800 THz.
5. Η υπεριώδης ακτινοβολία εκπέμπεται από τον ήλιο. Χωρίζεται σε 3 τύπους, τις UVA που είναι η μεγαλύτερη πηγή Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και διεισδύει στο δέρμα μας, τις UVB που στη γη φτάνει σε μικρότερα ποσοστά λόγω του ότι ένα

μεγάλο μέρος απορροφάται από τη στοιβάδα του όζοντος και τις UVC η οποία είναι εξαιρετικά βλαβερή για το δέρμα αλλά απορροφάται τελείως από το όζον της στρατόσφαιρας. Το φάσμα συχνοτήτων της είναι $800 \text{ THz} - 3 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$.

6. Οι ακτίνες X βρίσκουν εφαρμογή στην Ιατρική για την ακτινογραφία – ακτινοσκόπηση καθώς και μαστογραφία. Επίσης στον Βιομηχανικό τομέα χρησιμοποιούνται στα μεταλλικά αντικείμενα για την ύπαρξη ραγισμάτων ή ελαττωμάτων στο εσωτερικό τους. Το φάσμα συχνοτήτων τους είναι $3 \cdot 10^{17} \text{ Hz} - 5 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$.
7. Οι ακτίνες γ χρησιμοποιούνται στην Ιατρική για το σπινθηρογράφημα, στην αποστείρωση τροφίμων διατηρώντας τις θρεπτικές τους ουσίες και στη ραδιοχρονολόγηση. Το φάσμα συχνοτήτων τους είναι $5 \cdot 10^{19} \text{ Hz} - 3 \cdot 10^{22} \text{ Hz}$.
8. Οι κοσμικές ακτίνες αποτελούνται από σωματίδια υψηλών ενεργειών που παράγονται μακριά από τη γη και προσκρούουν στην ατμόσφαιρα. Μεγάλο μέρος τους απορροφάται από την ατμόσφαιρα ενώ ένα μικρό μέρος εισέρχεται στη γη. Όταν εισέρχονται στη γη προσκρούουν με άτομα και μόρια αζώτου και προκύπτουν δευτερογενή σωματίδια τα οποία μπορεί να φτάσουν στο έδαφος. Το φάσμα συχνοτήτων τους $3 \cdot 10^{22} \text{ Hz}$.

1.6 : Εξισώσεις Maxwell

Οι εξισώσεις Maxwell αποτελούνται από κάποιες διαφορικές εξισώσεις οι οποίες αναφέρονται στα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Αυτές οι εξισώσεις περιγράφουν πώς ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία διαδίδονται, αλληλοεπιδρούν και πώς επηρεάζονται από αντικείμενα. Ο James Clerk Maxwell ήταν αντιλήφθηκε πως η ταχύτητα διάδοσης των Ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι ίδια με αυτή του φωτός οπότε συμπέρανε ότι το ορατό φως και τα Ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι ακριβώς το ίδιο πράγμα.

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_e}{dt}$$

Όπου,

Q: ολικό φορτίο

ϵ_0 : ηλεκτρική διαπερατότητα του κενού

E: Ηλεκτρικό πεδίο

B: Μαγνητικό πεδίο

μ_0 : Μαγνητική διαπερατότητα κενού

I : Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος

Η πρώτη εξίσωση(1), γνωστή και σαν **νόμος του Gauss**, μας λέει ότι “Η ολική ροή του ηλεκτρικού πεδίου, που περνάει μέσα από μία κλειστή επιφάνεια S, ισούται με το ολικό

φορτίο Q , που περιέχεται μέσα στην επιφάνεια, προς την ηλεκτρική διαπερατότητα του κενού ϵ_0 ”.

Η δεύτερη εξίσωση(2) αναφέρεται και ως **νόμος του Gauss για τον μαγνητισμό** και ορίζει ότι “η ολική ροή του μαγνητικού πεδίου που διέρχεται μέσα από μία κλειστή επιφάνεια είναι ίση με το μηδέν”.

Η τρίτη εξίσωση (3), είναι ο **νόμος της επαγωγής του Faraday**. Ο νόμος ορίζει ότι “το επικαμπύλιο ολοκλήρωμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου E που υπολογίζεται κατά μήκος μιας κλειστής καμπύλης L , ισούται με τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που περνά από την επιφάνεια που περικλείεται από την κλειστή καμπύλη”.

Η τέταρτη εξίσωση(4) είναι ο νόμος του Ampère έτσι όπως γενικεύτηκε από τον Maxwell, για τον λόγο αυτό αναφέρεται και ως **νόμος των Ampère - Maxwell**. Η εξίσωση ορίζει ότι “το επικαμπύλιο ολοκλήρωμα του μαγνητικού πεδίου (μαγνητικής επαγωγής) κατά μήκος μιας κλειστής καμπύλης είναι ανάλογο (με σταθερή αναλογίας μ_0) με το άθροισμα του ρεύματος αγωγιμότητας I που περνά μέσα από μία επιφάνεια της οποίας το όριο είναι η κλειστή καμπύλη, συν το ρεύμα μετατόπισης ($\epsilon_0 d\Phi_e/dt$).

Κεφάλαιο 2 : Τηλεπικοινωνιακές κεραίες

2.1 : Τι είναι κεραία

Κεραία είναι μία διάταξη από αγωγούς η οποία επιτρέπει την εκπομπή και λήψη ραδιοκυμάτων. Όταν λειτουργεί ως δέκτης λαμβάνει ραδιοκύματα και τα μετατρέπει σε εναλλασσόμενο ρεύμα , ενώ όταν λειτουργεί ως πομπός λαμβάνει εναλλασσόμενο ρεύμα και το μετατρέπει αντίστοιχα σε ραδιοκύματα.

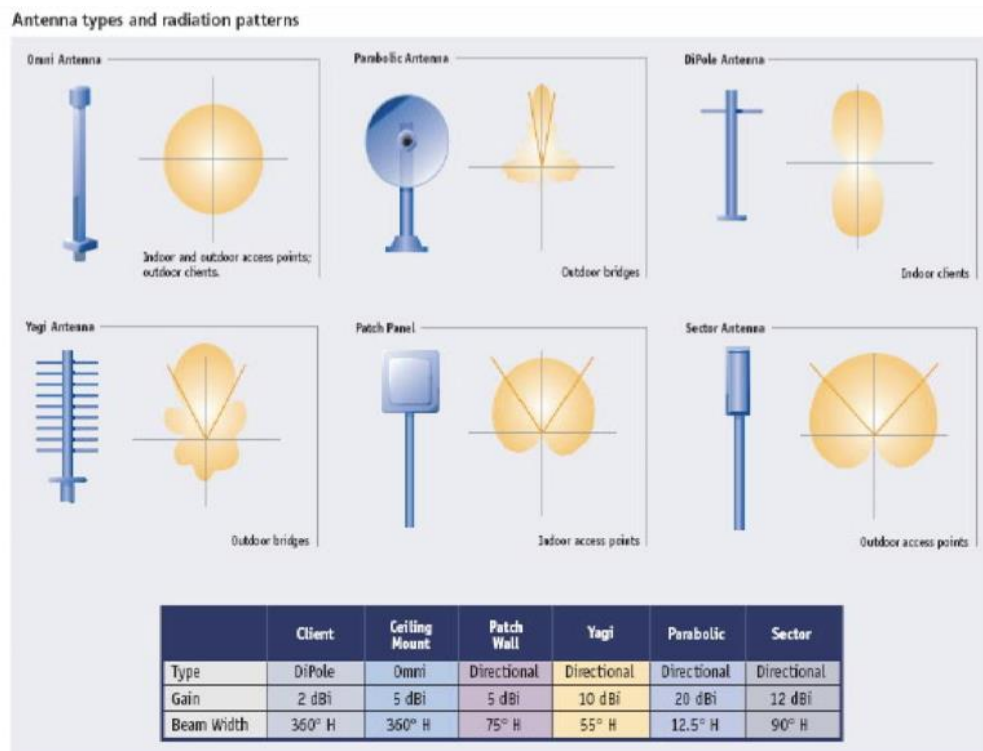
2.2 : Είδη κεραιών

Υπάρχουν τρία (3) είδη κεραιών:

1. Κατευθυντικές κεραίες, όπου το πρότυπο εκπομπής της είναι έντονα ενισχυμένο προς μία κατεύθυνση σε μικρή όμως απόσταση. Τέτοιου τύπου κεραίες είναι τα πιάτα και οι κεραίες με πλέγμα (Grid).
2. Πολυκατευθυντικές κεραίες, όπου έχουν την ίδια ενίσχυση προς όλες τις κατευθύνσεις. Μία πολυκατευθυντική κεραία η οποία δεν μπορεί να υλοποιηθεί στην πραγματικότητα αλλά χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς στις εργαστηριακές μετρήσεις είναι η ισοτροπική η οποία είναι πλήρως ισοτροπική και στις τρεις διαστάσεις. Η κεραία που πλησιάζει αρκετά είναι το δίπολο Hertz.
3. Ημικατευθυντικές κεραίες, όπου εκπέμπουν με γωνία οριζόντιας κάλυψης από 50° έως 180° , όπως η τομεακή (sector).

2.3 : Διασπορά σήματος

Με τον ορό διασπορά σήματος μιας κεραίας εννοούμε το ποσοστό κατανομής του σήματος στο χώρο. Η διασπορά σήματος εξαρτάται από το είδος της κεραίας, παραδείγματα βρίσκονται στο πιο κάτω σχέδιο.



Σχήμα 9 : Διασπορά σήματος

2.4 : Μοντέλα διάδοσης

Για τη διάδοση σημάτων χρησιμοποιούνται κάποιοι μηχανισμοί διάδοσης όπως η ανάκλαση, η περίθλαση και η σκέδαση.

1. Ανάκλαση έχουμε στις εξής περιπτώσεις:

- Πρόσπτωση του κύματος σε αντικείμενα μεγάλα σε σχέση με το μήκος κύματος λ.
- Μερική ανάκλαση σε επιφάνειες που διαχωρίζουν περιοχές με διαφορετική διηλεκτρική σταθερά.
- Σε τέλειο αγωγό όλη η ποσότητα της προσπίπτουσας ανακλάται.

Υπάρχει ομοιότητα μεταξύ της ανάκλασης του φωτός σε ένα καθρέφτη και της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ένα αγωγίμο μέσο. Και στις δυο περιπτώσεις η γωνιά ανάκλασης είναι ίδια με την γωνιά πρόσπτωσης.

2. **Περίθλαση έχουμε στις εξής περιπτώσεις:**

- Πρόσπτωση του κύματος σε αντικείμενα με ακμές (της τάξης του λ) που βρίσκονται αναμεσα στον πομπό και το δέκτη
- Σύμφωνα με την αρχή του Huygen όλα τα σημεία του σφαιρικού μετώπου του κύματος μπορούν να θεωρηθούν ως δευτερεύουσες σημειακές πηγές
- Κάμψη του κύματος και διάδοσή του ακόμη και στις περιοχές «σκιάς» του αντικειμένου.
- Στις υψηλές συχνότητες υπάρχει εξάρτηση του φαινομένου από: γεωμετρία του αντικειμένου, πλάτος και φάση του προσπίπτοντος κύματος, είδος πόλωσης.

Η περίθλαση είναι μια άλλη ιδιότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και προέρχεται από την ύπαρξη σχισμών σε ένα αγωγίμο επίπεδο ή την ύπαρξη αιχμηρών εμποδίων. Το φαινόμενο αυτό ανακαλύφτηκε τον δέκατο έβδομο αιώνα και απετέλεσε την βάση για την ανάπτυξη της θεωρίας του Huygens. Σύμφωνα με το θεώρημα του Huygens κάθε σημείο του μετώπου ενός σφαιρικού κύματος μπορεί να θεωρηθεί σαν μια πηγή κυμάτων, η οποία ακτινοβολεί προς την εξωτερική πλευρά. Το συνολικό πεδίο σε σημεία μακριά από την πηγή είναι ίσο με το διάνυσμα του αθροίσματος των δευτερευόντων αυτών κυματιδίων. Για κανονική διάδοση, το θεώρημα του Huygens δεν λαμβάνεται υπόψιν αλλά σε περιπτώσεις που ο υπολογισμός της περίθλασης κυμάτων είναι ζητούμενος πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν. Η θεωρία του Huygens μπορεί να αποδειχτεί επίσης και με βάση τις εξισώσεις του Maxwell.

3. **Σκέδαση έχουμε στις εξής περιπτώσεις:**

- Πρόσπτωση του κύματος σε αντικείμενα (ή επιφάνειες με προεξοχές) με διαστάσεις μικρότερες από το λ
- Ο αριθμός των αντικειμένων ή/και προεξοχών ανά μονάδα όγκου πρέπει να είναι αρκούντως μεγάλος.
- Για να θεωρείται ανώμαλη η επιφάνεια πρέπει $(\min(h)/\max(h)) > hc$ όπου $hc = \lambda / (8 \sin \theta_i)$ το κρίσιμο ύψος προεξοχής και θ_i η γωνία πρόσπτωσης

Στη Φυσική και ιδιαιτέρα στην Οπτική με τον όρο σκέδαση εννοούμε διασκορπισμό των φωτεινών ακτινών που ακολουθεί όταν προσπέσουν σε μικροσκοπικά σωματίδια, έτσι ώστε να διαχέονται στο χώρο χωρίς να φαίνονται αυτές. Η οπτική αντίληψη του γεγονότος αυτού ονομάζεται **φαινόμενο σκέδασης**. Η σκέδαση είναι προϊόν πολλαπλής ανάκλασης. Οι ηλιακές ακτίνες, για παράδειγμα, όταν φτάσουν στην ατμόσφαιρα της Γης πέφτουν πάνω

στα σωματίδια της σκόνης ή τα σταγονίδια νερού που αιωρούνται τα οποία και τις διασκορπίζουν με πολλές ανακλάσεις που δημιουργούν. Υπάρχουν μοντέλα διάδοσης τα οποία λαμβάνουν υπόψη συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ακανόνιστου εδάφους και άλλων εμποδίων που πιθανώς να υπάρχουν στη διαδρομή μεταξύ πομπού και δέκτη έτσι ώστε να πέτυχουμε όσο το δυνατό καλύτερη διάδοση του σήματος.

2.5 : Βασικά χαρακτηριστικά κεραιών

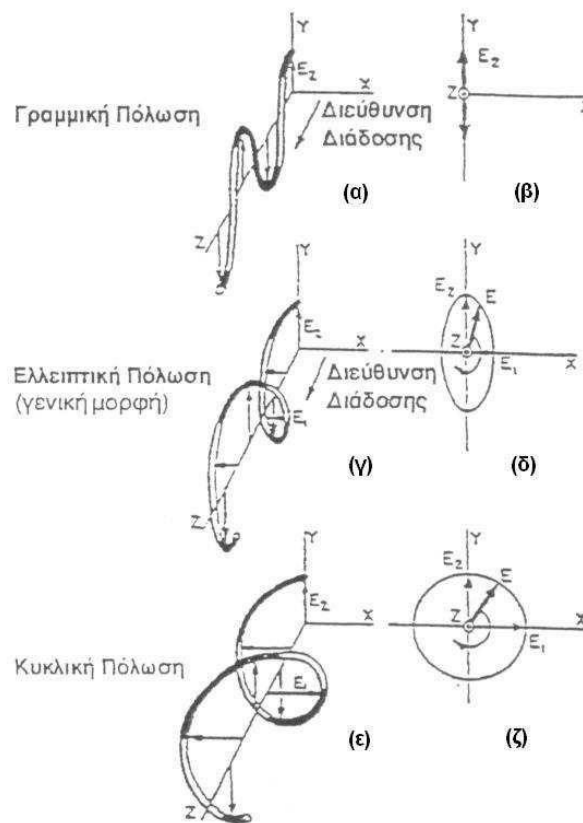
2.5.1 : Πόλωση

Βασικό χαρακτηριστικό των κεραιών είναι σε ποια πόλωση εκπέμπει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Πόλωση ονομάζουμε φαινόμενα που συνδέονται με τον προσανατολισμό εγκάρσιων Ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ως προς τον άξονα διάδοσης τους. Υπάρχουν 4 κατηγορίες πόλωσης οι οποίες εμφανίζονται παρακάτω:

1. Καθετή πόλωση: Το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι κάθετο.
2. Οριζόντια πόλωση: Το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι οριζόντιο.
3. Κυκλική πόλωση: Υπάρχει και κάθετο και οριζόντιο διάνυσμα και μάλιστα είναι ίσα τα δυο διανύσματα. (δεν χρησιμοποιείτε πολύ).
4. Ελλειπτική πόλωση: Υπάρχει και κάθετο και οριζόντιο διάνυσμα τα οποία είναι άνισα. (δεν χρησιμοποιείτε πολύ).

Το Ηλεκτρικό και το Μαγνητικό πεδίο είναι κάθετα μεταξύ τους. Το μαγνητικό πεδίο περιβάλλει το καλώδιο και είναι κάθετο σε αυτό. Αυτό ισχύει μετά την εκπομπή του ηλεκτρομαγνητικού κύματος από την κεραία. Η πόλωση γενικότερα αναφέρεται στον προσανατολισμό του κύματος στο χώρο. Έτσι πολωμένα κύματα ονομάζουμε αυτά τα οποία έχουν τον ίδιο προσανατολισμό στο χώρο.

Στην καθημερινότητα συναντάμε συχνά πόλωση μεγαλομορίων. Οι οθόνες στα κομπιουτεράκια τσέπης και τα ηλεκτρονικά ρολόγια έχουν μικρές κυψέλες γεμάτες με πολικά μεγαλομόρια. Στα άκρα προσανατολίζονται και πολώνουν το φως. Η επάνω πλάκα είναι πολωτική με γωνία 90 μοίρες. Η γραμμή που φορτίζεται και πολώνεται φαίνεται μαύρη κάτω από το εξωτερικό τζάμι της οθόνης.



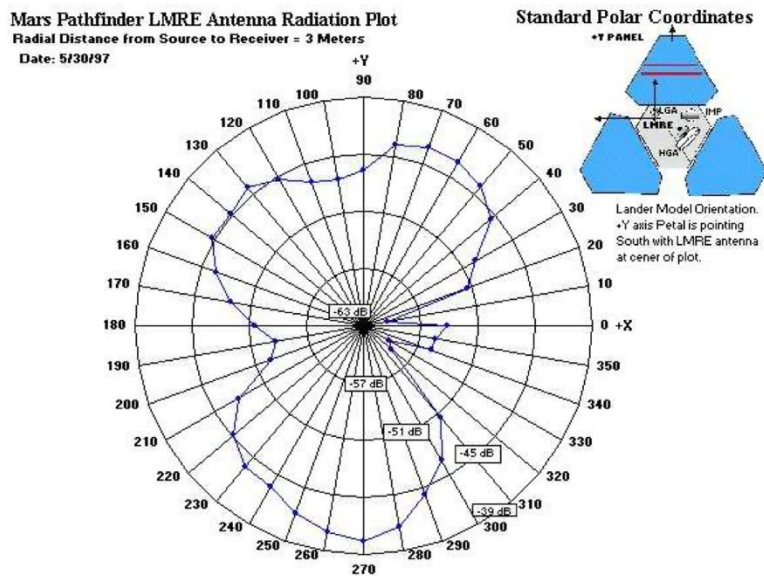
Σχήμα 10 : Πολωμένο κύμα

Όπου το σχήμα απεικονίζει τα εξής :

- α) Το ηλεκτρικό πεδίο ενός γραμμικά πολωμένου κύματος
- β) Το κύμα όπως φαίνεται από τη μεριά του παρατηρητή που κοιτάζει προς τη διεύθυνση διάδοσης Z.
- γ) Ελλειπτικά πολωμένο κύμα όπου «ταξιδεύει» προς τη διεύθυνση Z.
- δ) Το άκρο του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου διαγράφει ελλειπτική τροχιά με μεγάλο και μικρό ημιάξονα της έλλειψης E_1 και E_2 .
- ε) Η μεταβολή του E για κυκλικά πολωμένο κύμα.
- ζ) Η μεταβολή του E για κυκλικά πολωμένο κύμα.

2.5.2 : Διάγραμμα ακτινοβολίας

Το διάγραμμα ακτινοβολίας είναι η γραφική παράσταση των ιδιοτήτων ακτινοβολίας μιας κεραίας και περιγράφει πως μία κεραία κατανέμει την ισχύ που ακτινοβολεί στο χώρο.



Σχήμα 11 : Διάγραμμα Ακτινοβολίας

2.5.3 : Κατευθυντικότητα ή κατευθυντικό κέρδος D

Η κεραία δεν ακτινοβολεί ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις αλλά η ακτινοβολούμενη ισχύς συγκεντρώνεται στις στερεές γωνίες(λοβοί) που έχουν κοινή κορυφή την κεραία. Ένα μέτρο της συγκέντρωσης της ακτινοβολίας δίνει η κατευθυντικότητα της κεραίας που ορίζεται ως **D=Μέγιστη πυκνότητα ισχύος/Μέση πυκνότητα ισχύος**. Αν θέλουμε να υπολογίσουμε την κατευθυντικότητα από το διάγραμμα ακτινοβολίας, αρχικά υπολογίζουμε το εμβαδόν του διαγράμματος από τον τύπο:

$$E = \pi R_{mean}^2$$

Όπου E: Εμβαδόν

$\pi=3,14$: σταθερά

R_{mean} : Μέση πυκνότητα ισχύος.

Έτσι η κατευθυντικότητα της κεραίας υπολογίζεται από τον τύπο :

$$D = \frac{R_{max}}{R_{mean}}$$

Όπου D : κατευθυντικότητα κεραίας

R_{max} : Μέγιστη πυκνότητα ισχύος

R_{mean} : Μέση πυκνότητα ισχύος.

2.5.4 : Απολαβή – κέρδος G

Απολαβή στην ηλεκτρονική είναι μέγεθος που εκφράζει μεταβολή στάθμης ισχύος ή τάσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου ενός κυκλώματος. Η απολαβή μιας κεραίας δίνεται σαν η απολαβή σε σχέση με μία κεραία αναφοράς όταν και οι δύο τροφοδοτούνται με την ίδια ισχύ. Η κεραία αναφοράς είναι το δίπολο Hertz $\lambda/2$, με εξαίρεση το ίδιο το δίπολο που χρησιμοποιεί σαν κεραία αναφοράς την ιστροπική.

2.5.5 : Ενεργό ύψος και ενεργός επιφάνεια κεραίας

Το ενεργό ύψος H_e σχετίζεται με τη διατομή της κεραίας. Ορίζεται ως ο λόγος της επαγόμενης τάσης προς το προσπίπτον κύμα

$$H_e = \frac{V}{E} \quad \text{όπου } V : \text{Επαγόμενη Τάση}$$

E : Προσπίπτον κύμα

2.5.6 : Αντίσταση ακτινοβολίας R_a

Ωμική αντίσταση η οποία όταν διαρρέεται από ρεύμα ίσο προς το ρεύμα εισόδου της κεραίας, θα απορροφούσε ισχύ ίση προς την ισχύ ακτινοβολίας της κεραίας.

$R_a = \frac{W_a}{I_{rms}^2}$, άρα η αντίσταση ακτινοβολίας εξαρτάται από το σημείο τροφοδότησης της κεραίας

2.5.7 : Αντίσταση απωλειών R_l

Η κεραία τροφοδοτείται με ισχύ μέσω γραμμής μεταφοράς. Από αυτή την ισχύ ακτινοβολείται ένα ποσοστό της, ενώ το υπόλοιπο αποτελεί απώλειες στην κεραία σε μορφή θερμότητας. Οι απώλειες αυτές είναι η αντίσταση απωλειών R_l που ορίζεται ως εξής : αντίσταση απωλειών της κεραίας είναι η ωμική αντίσταση που όταν διαρρέεται από ρεύμα ίσο προς το ρεύμα εισόδου της κεραίας δαπανά ισχύ ίση με την ισχύ απωλειών W_l της κεραίας.

2.5.8 : Αντίσταση εισόδου Z_{in}

Είναι η αντίσταση που όταν τεθεί στο τέρμα της γραμμής τροφοδότησης αντί της κεραίας προσλαμβάνει την ίδια ισχύ με αυτή της κεραίας. Είναι μιγαδική της μορφής. Πρόκειται για την αντίσταση που όταν τεθεί στο τέρμα της γραμμής τροφοδότησης $Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$. Η τιμή της εξαρτάται από το σημείο τροφοδότησης της κεραίας ενώ το

πραγματικό της μέρος είναι: $R_{in} = R_A + R_L$. Επίσης εξαρτάται από το έδαφος και τις γειτονικές κεραίες λόγω σύζευξης. Στην περίπτωση που η κεραία θεωρείται μεμονωμένη στο χώρο η Z_{in} ονομάζεται ίδια αντίσταση και συμβολίζεται με Z_{11} . Η φανταστική αντίσταση εισόδου παριστάνει την ισχύ που αποθηκεύεται στη περιοχή του κοντινού πεδίου. Η R_{in} παριστάνει κατανάλωση. Τη κατανάλωση λόγω θερμικής απώλειας πάνω στη κεραία (R_L) και τη κατανάλωση λόγω ωφέλιμης ενέργειας που ακτινοβολείται από τη κεραία (R_A).

2.5.9 : Αμοιβαία συνθέτη αντίσταση μεταξύ κεραιών

Κεραίες σε μικρή απόσταση μεταξύ τους σε σχέση με το μήκος κύματος έχουν μια αμοιβαία αλληλεπίδραση που οφείλεται στην αμοιβαία συνθέτη αντίστασή τους. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες από μερικά μήκη κύματος η επίδραση της αμοιβαίας αντίστασης είναι αμελητέα γιατί η ισχύς που παίρνει η μια κεραία από την άλλη είναι ένα μικρό ποσοστό της συνολικής εκπεμπόμενης ισχύος. Εάν μια κεραία 1 που διαρρέετε από ρεύμα I_1 και βρίσκεται σε σύζευξη με προσκείμενη κεραία 2, προκαλεί σε αυτή τάση $-V_{12}$ τότε $Z_{12} = -\frac{V_{12}}{I_1}$ είναι η σύνθετη αντίσταση αμοιβαίας επαγωγής των κεραιών. Λόγω ρεύματος I_2 στην δεύτερη, εμφανίζεται τάση $-V_{12}$ στην πρώτη. $Z_{21} = -\frac{V_{12}}{I_2}$ είναι πάλι η αμοιβαία αντίσταση μεταξύ των δύο κεραιών και $Z_{12} = Z_{21}$. Η τάση στην κεραία 1 είναι :

$$V_1 = Z_{11} * I_1 + Z_{12} * I_2$$

$$\text{και στην κεραία 2 είναι: } V_2 = Z_{22} * I_1 + Z_{12} * I_1$$

Τότε η φαινομενική αντίσταση εισόδου της κεραίας 1 είναι: $Z = \frac{V_1}{I_1} = Z_{11} + Z_{12} * I_2/I_1$. Η αντίσταση εισόδου της κεραίας δεν είναι ίση με την ίδια αντίστασή της. Συνήθως στη πράξη η αμοιβαία σύνθετη αντίσταση δίνεται από διαγράμματα αμοιβαίας ωμικής και μη ωμικής αντίστασης σε σχέση με την απόσταση των κεραιών σε μήκος κύματος.

2.5.10 : Απόδοση κεραίας n

$$\text{Ισούται με: } n = \frac{W_A}{W_A + W_L} = \frac{R_A}{R_A + R_L}.$$

Το n πέφτει όσο μικρότερο είναι το μέγεθος της κεραίας σε σχέση με το μήκος κύματος.

2.5.11 : Ισχύς εισόδου W_{in}

1212

Ισούται με: $W_{in}=W_A+W_L=R_A[I_m]+R_L[I_m]$, όπου W_A =ακτινοβολούμενη ισχύς και W_L =ισχύς θερμικών απωλειών.

2.5.12 : Γωνία μισής ισχύος

Γωνία μισής ισχύος ονομάζουμε την γωνία εκείνη που σχηματίζεται στο κύριο λοβό μεταξύ των δύο μοναδικών σημείων όπου η ισχύς εκπομπής της κεραίας πέφτει στο μισό της μέγιστης, αν μιλάμε για διάγραμμα ισχύος. Αν μιλάμε για διάγραμμα ακτινοβολίας πρόκειται για τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των μοναδικών εκείνων σημείων(πάντα στον κύριο λοβό) που έχουν ένταση πεδίου 0.707 του μέγιστου. Μετριέται σε μοίρες.

2.5.13 : Κατανομή ρεύματος

Πρόκειται για την μεταβολή του ρεύματος κατά μήκος της κεραίας. Υπάρχουν δυο τύποι κατανομών:

1. Στις ασυντονιστες κεραίες έχουμε στάσιμα κύματα λόγω της ύπαρξης εκτός από οδεύοντων και ανακλώμενων κυμάτων. Το πλάτος του κύματος δεν παραμένει σταθερό αλλά μεταβάλλεται κατά μήκος του αγωγού. Η μεταβολή αυτή είναι ημιτονοειδής με την προϋπόθεση ότι το οδεύον και το ανακλώμενο κύμα έχουν το ίδιο πλάτος. Τότε $I_x = I_m \sin \beta x$ με $\beta = 2\pi/\lambda$
2. Στις συντονισμένες κεραίες το ανακλώμενο κύμα δεν υπάρχει λόγω προσαρμογής.

Η κατανομή ρεύματος τότε ισούται με: $I_x = I_m e^{-\gamma x}$, όπου:

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

γ =σταθερά μετάδοσης

α =σταθερά εξασθένησης

β =σταθερά φάσης.

Για την ιδανική περίπτωση $\alpha=0$ και $I_x = I_m e^{j\beta x}$, δηλαδή το πλάτος είναι σταθερό κατά μήκος της γραμμής και μόνο η φάση μεταβάλλεται.

2.5.14 : Κεραίες ευρείας και στενής ζώνης

Μια κεραία που λειτουργεί σε μεγάλη περιοχή συχνοτήτων είναι κεραία ευρείας ζώνης. Αν f_c η μέση συχνότητα τότε:

$f_c = (f_u + f_l)/2$ όπου, f_u η μεγαλύτερη συχνότητα λειτουργίας της κεραίας και f_l η μικρότερη συχνότητα λειτουργίας της κεραίας. Για κεραίες με στενό εύρος ζώνης η σχέση που το δίνει είναι: $BW = \frac{f_u - f_l}{f_c} * 100\%$

Για κεραίες ευρείας ζώνης το εύρος τους δίνεται από τη σχέση:

$$BW = \frac{f_u}{f_l} * 100\%$$

Γενικά, μια κεραία είναι ευρείας ζώνης όταν η αντίσταση εισόδου της κεραίας και το διάγραμμα ακτινοβολίας δεν αλλάζουν τουλάχιστον μέσα σε μια οκτάβα $\frac{f_u}{f_l} = 2$

2.5.15 : Λόγος εμπρός - πίσω

Είναι ο λόγος της ισχύος που ακτινοβολείτε στην κατεύθυνση μέγιστης ισχύος προς την ισχύ που ακτινοβολείτε στην αντίθετη κατεύθυνση. Εκφράζεται συνήθως σε db. Έτσι αν μια κεραία πρόκειται να λειτουργήσει π.χ. σαν σταθμός βάσης σε επικοινωνία πλοίων - ξηράς και έχουμε 2 κεραίες, μια με λόγο 3db και μια με λόγο 10db, θα προτιμηθεί σαφώς η δεύτερη αφού θα πρέπει συνήθως να ακτινοβολεί ελάχιστα στην κατεύθυνση της γης και να ακτινοβολεί με μέγιστη απόδοση στην κατεύθυνση της θάλασσας. Με αυτόν τον τρόπο θα υπάρχει μικρότερη απώλεια ισχύος που ακτινοβολείτε από την ακτή προς το εσωτερικό.

Μια σχεδίαση κεραίας μπορεί να κατασκευασθεί σε κλίμακα σε άλλο μέγεθος ώστε να λειτουργήσει σε άλλη συχνότητα από αυτήν που έχει σχεδιασθεί να λειτουργεί. Η εξίσωση είναι: $D = \frac{f_1}{f_2} * d$ όπου:

D=κλιμακούμενο μέγεθος

d=αρχικό μέγεθος σχεδίασης

f_1 =αρχική συχνότητα σχεδίασης

f_2 =κλιμακούμενη συχνότητα (συχνότητα προστιθέμενης λειτουργίας)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Κινητή τηλεφωνία

3.1: Τρόπος λειτουργίας κινητής τηλεφωνίας

Για να έχουμε τη δυνατότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός τουλάχιστον ασύρματου δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούν σταθμούς βάσης για να καλύψουν με ηλεκτρομαγνητικό σήμα τους χώρους που βρισκόμαστε. Όταν χρησιμοποιούμε το κινητό τηλέφωνο για επικοινωνία, τότε αυτό στέλνει και λαμβάνει ηλεκτρομαγνητικά σήματα προς και από έναν σταθμό βάσης, ο οποίος στη συνέχεια επικοινωνεί ενσύρματα ή ασύρματα με κάποια κέντρα αναδιανέμοντας την πληροφορία, ώστε να μπορούμε να επικοινωνούμε με αυτούς που θέλουμε.

Ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αποτελείται από τους σταθμούς βάσης, τα κινητά τηλέφωνα (ή τερματικούς σταθμούς) και τα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα (ή κέντρα ελέγχου και μεταγωγής κλήσεων). Κάθε φορά που κάνουμε μία κλήση, στέλνουμε από το κινητό μας τηλέφωνο, σήμα στην πιο κοντινή κεραία του σταθμού βάσης της περιοχής που βρισκόμαστε. Ο σταθμός βάσης επεξεργάζεται το σήμα και στη συνέχεια μέσω καλωδίων ή ασύρματα μέσω μικροκυματικών κεραιών (μικροκυματικών πιάτων) το στέλνει στο κοντινότερο ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο.

Από εκεί, πάλι μέσω καλωδίων ή μικροκυματικών κεραιών, το σήμα φτάνει στο σταθμό βάσης που καλύπτει την περιοχή όπου βρίσκεται ο καλούμενος. Με αυτόν τον τρόπο, η συνομιλία είναι συνεχής και αμφίδρομη εντός του δικτύου, επιτρέποντας την επικοινωνία συνδρομητών που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία. Στην περίπτωση που κάποιος «κρίκος» του δικτύου αυτού «σπάσει», τότε σταματάει η επικοινωνία των δύο συνδρομητών. Ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αποτελείται από τις κεραίες σε σταθερά σημεία, τα κινητά τηλέφωνα και τα κέντρα ελέγχου και μεταγωγής κλήσεων.

3.2: Σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας

Ο σταθμός βάσης είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων μιας εταιρίας κινητής τηλεφωνίας που τοποθετούνται σε μια περιοχή για την υποστήριξη του ασύρματου δικτύου της. Οι σταθμοί βάσης αποτελούνται από κεραιοσυστήματα εκπομπής και λήψης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων αυτών. Τα κεραιοσυστήματα των σταθμών βάσης βρίσκονται τοποθετημένα πάνω σε μεταλλικούς πυλώνες ή ιστούς. Πολλοί σταθμοί βάσης κατασκευάζονται εντός των πόλεων και έχουν τα κεραιοσυστήματα τους τοποθετημένα στις οροφές ψηλών κτιρίων. Οι σταθμοί βάσης χρειάζονται οπωσδήποτε κεραίες εκπομπής και

λήψης για την επικοινωνία με τα κινητά τηλέφωνα. Οι κεραίες αυτές έχουν συνήθως μακρόστενο σχήμα, μήκος ένα με δύο μέτρα, πλάτος 10 – 20 εκατοστά, πάχος μερικά εκατοστά και τοποθετούνται κατακόρυφα.

Επίσης, υπάρχουν και κεραίες κινητής τηλεφωνίας που μοιάζουν με ραβδιά διαμέτρου λίγων εκατοστών και μήκους ένα με δύο μέτρα. Πέραν των κεραιών για την σύνδεση με τα κινητά τηλέφωνα, οι σταθμοί βάσης έχουν συνήθως και μια μικροκυματική κεραία που χρησιμοποιείται για την ασύρματη σύνδεση του σταθμού με το κέντρο για τη λήψη και την προώθηση των τηλεφωνικών κλήσεων. Οι κεραίες αυτές μοιάζουν με κυλινδρικά τύμπανα κάθετα τοποθετημένα διαμέτρου συνήθως τριάντα ή εξήντα εκατοστών.

Στους σταθμούς βάσης υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που καθορίζουν τα επίπεδα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στις θέσεις που μπορεί να βρεθεί κάποιος άνθρωπος. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

1. Η ισχύς εκπομπής δηλαδή η συνολική ισχύς που εκπέμπεται από τα κεραιοσυστήματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς εκπομπής τόσο μεγαλύτερη είναι και η ακτινοβολία που προσπίπτει στις θέσεις που βρίσκονται οι άνθρωποι. Τυπικές τιμές ισχύος στην είσοδο των κεραιών των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας είναι από 10W έως 40W στις αραιοκατοικημένες αγροτικές περιοχές και κάτω από 10W στις πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές.

2. Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας. Ανάλογα με την κατασκευή τους, οι κεραίες δεν εκπέμπουν την ακτινοβολία ομοιόμορφα στο περιβάλλον τους, αλλά υπάρχουν κατευθύνσεις στις οποίες εκπέμπουν πολύ περισσότερο από άλλες. Η διαφορά στην ένταση της ακτινοβολίας μεταξύ δύο κατευθύνσεων μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 100 φορές. Οι κατασκευαστές των κεραιών παρέχουν διαγράμματα που δείχνουν πως μεταβάλλεται η ισχύς της ακτινοβολίας στο περιβάλλον των κεραιών συναρτήσει της κατεύθυνσης.

3. Η απόσταση από την κεραία. Η ακτινοβολούμενη ισχύς από μια κεραία προς μια κατεύθυνση δεν είναι σταθερή, αλλά μειώνεται πολύ γρήγορα με την απόσταση (με το αντίστροφο τετράγωνο της απόστασης δηλαδή σε διπλάσια απόσταση προσπίπτει το ένα τέταρτο της ακτινοβολίας και σε δεκαπλάσια απόσταση το ένα εκατοστό).

4. Τα παρεμβαλλόμενα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξασθενεί πάρα πολύ στα σημεία που βρίσκονται πίσω από τοίχους ή κάτω από οροφές κτιρίων.

Οι σταθμοί βάσης τοποθετούνται πάνω σε μεταλλικούς πυλώνες στις κορυφές των βουνών με σκοπό να υπάρχει σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της χώρας μπορεί να βρεθεί ένας χρήστης κινητού τηλεφώνου. Ωστόσο, στις πόλεις λειτουργούν πάρα πολλά κινητά τηλέφωνα και οι παρακείμενοι σταθμοί που βρίσκονται στα βουνά δεν δύναται να εξυπηρετήσουν όλες τις κλήσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ανάγκη να εγκατασταθούν πολλοί σταθμοί βάσης με μικρή περιοχή κάλυψης, ώστε να εξυπηρετούνται όλοι οι χρήστες. Ο αριθμός των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας σε όλη την χώρα ανέρχεται σήμερα 6500 περίπου.

Όταν λειτουργεί ένας νέος σταθμός κινητής τηλεφωνίας δημιουργείται μια νέα περιοχή κάλυψης που προκύπτει από την μείωση (υποδιαίρεση) των περιοχών που κάλυπταν οι άλλοι προ υπάρχοντες σταθμοί. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται μειώνοντας την ισχύ εκπομπής τους. Έτσι, όταν λειτουργεί ένας νέος σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας, η ακτινοβολία γύρω από τους γειτονικούς παλιούς σταθμούς βάσης μειώνεται. Πιο σημαντικό είναι όμως ότι με την λειτουργία νέων σταθμών βάσης, καθίσταται ευκολότερη η σύνδεση του κινητού τηλεφώνου με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με αποτέλεσμα η ατομική έκθεση των χρηστών από τα κινητά τηλέφωνα να μειώνεται. Βέβαια, όσο σε κάθε σταθμό προστίθενται νέες υπηρεσίες που εκπέμπουν σε περισσότερες συχνότητες, η ακτινοβολία από τους σταθμούς βάσης αυξάνεται.

3.2.1: Συμμόρφωση των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας με τις διεθνείς/εθνικές οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ραδιοκύματα

Για την περίπτωση των σταθμών βάσης κινητών επικοινωνιών, η στάθμη 4.5 W/m^2 ή 9 W/m^2 εξασφαλίζει την προστασία του γενικού πληθυσμού που εκτίθεται στην ακτινοβολία του μακρινού πεδίου της κεραίας στις συχνότητες των 900 MHz και των 1800 MHz, αντίστοιχα (ICNIRP). Σύμφωνα με τον ισχύοντα Νόμο, στην Ελλάδα τα όρια είναι ακόμη αυστηρότερα. Οι αντίστοιχες στάθμες για την προστασία του κοινού είναι 3.15 W/m^2 και 6.3 W/m^2 για τους σταθμούς βάσης που λειτουργούν στις συχνότητες 900 MHz και 1800 MHz, αντίστοιχα. Σε περίπτωση εγκατάστασης κεραιοκατασκευής σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, οι αντίστοιχες στάθμες είναι 2.7 W/m^2 και 5.4 W/m^2 για σταθμούς βάσης που λειτουργούν στις συχνότητες 900 MHz και 1800 MHz, αντίστοιχα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα ΡΣ που εκπέμπονται από τις κεραίες των σταθμών βάσης διαδίδονται σε σχετικά στενές δέσμες περί τον ορίζοντα. Όπως συμβαίνει με όλες τις μορφές ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η ισχύς μειώνεται σημαντικά με την απομάκρυνση από την κεραία. Συνεπώς, τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ΡΣ στο έδαφος είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά κοντά στην κεραία ή στο εσωτερικό της στενής δέσμης εκπομπής της κεραίας. Στην πραγματικότητα, οι μετρήσεις που διεξάγονται στην κοντινή περιοχή των σταθμών βάσης κινητών επικοινωνιών τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, έχουν επιβεβαιώσει ότι η ακτινοβολία στο επίπεδο του εδάφους είναι χιλιάδες φορές χαμηλότερη από τα επίπεδα αποδεκτής έκθεσης που προτείνονται στις οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ΡΣ [5].

3.3: Κυψέλη κινητής τηλεφωνίας

Κάθε σταθμός βάσης καλύπτει μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, η οποία χωρίζεται σε μία ή περισσότερες κυψέλες. Το επιθυμητό από τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας μέγεθος της κυψέλης, καθορίζεται βάσει των ιδιαίτερων γεωγραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής, καθώς και τον αριθμό και τη χρήση των κινητών τηλεφώνων που συνήθως υπάρχουν εκεί. Επειδή κάθε σταθμός βάσης μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα περιορισμένο αριθμό τηλεφώνων (της τάξης των 50 με 100), οι κυψέλες είναι σχετικά μικρές εντός των πόλεων (της τάξης των εκατοντάδων μέτρων) και σχετικά μεγάλες στις αγροτικές περιοχές (της τάξης των δεκάδων χιλιομέτρων).

3.4: Κεραίες κινητής τηλεφωνίας

Κάθε σταθμός βάσης, ο οποίος αποτελείται από 1 έως 4 κεραίες (συνήθως 3), δίνει σήμα, δηλαδή παρέχει τηλεπικοινωνιακή κάλυψη, σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Όταν ο σταθμός βάσης απαρτίζεται από τρεις κεραίες, δημιουργεί τρεις περιοχές κάλυψης περιμετρικά. Οι περιοχές αυτές, λόγω του σχήματός τους, ονομάζονται «κυψέλες». Το μέγεθος κάθε κυψέλης εξαρτάται από τη γεωγραφία της περιοχής (κτίρια, βουνά, πεδιάδες) και από τον αριθμό των συνδρομητών του δικτύου κινητής τηλεφωνίας στην περιοχή. Κάθε κεραία έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει συγκεκριμένο αριθμό κλήσεων ταυτόχρονα (συνήθως από 10 έως 50 κλήσεις).

Εάν αυξηθεί ο αριθμός των κινητών τηλεφώνων που πρέπει να εξυπηρετηθούν σε μία κυψέλη, τότε η κεραία θα υπερφορτωθεί. Σε αυτή την περίπτωση η κυψέλη διαιρείται σε μικρότερες κυψέλες, εγκαθίσταται δηλαδή και μια δεύτερη ή και μια τρίτη κεραία, ανάλογα με την κίνηση που πρέπει να εξυπηρετήσει. Στις πόλεις, εξαιτίας των πολλών και μεγάλων κτιρίων, καθώς και του μεγάλου αριθμού των συνδρομητών, οι κυψέλες είναι πολύ μικρές

και δεν ξεπερνούν τις μερικές εκατοντάδες μέτρα. Αυτό σημαίνει ότι για να λειτουργήσει με επάρκεια ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας σε μία πόλη ή σε μία πυκνοκατοικημένη περιοχή, αυτή θα πρέπει να διαιρεθεί σε πολλές μικρές κυψέλες, θα πρέπει δηλαδή να υπάρχουν πολλές κεραίες μικρής εμβέλειας. Οι κεραίες αυτές λειτουργούν με ιδιαίτερα χαμηλή ένταση (ισχύ) που συνήθως δεν ξεπερνά τα 40 watts (αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές οικιακές συσκευές, όπως είναι το πιστολάκι για τα μαλλιά, η τηλεόραση, το ψυγείο, λειτουργούν σε μεγαλύτερη ισχύ).

Στις αγροτικές και αραιοκατοικημένες περιοχές οι κυψέλες είναι μεγαλύτερες, αφού έχουν λιγότερα φυσικά εμπόδια και καλούνται να εξυπηρετήσουν λιγότερες κλήσεις. Οι σταθμοί βάσης εγκαθίστανται σε σημεία που τους επιτρέπουν να υπερβαίνουν γεωγραφικούς και άλλους περιορισμούς και να δίνουν κάλυψη σε συγκεκριμένες περιοχές. Οι κεραίες κινητής τηλεφωνίας δεν εκπέμπουν σφαιρικά γύρω τους με τον ίδιο τρόπο, αλλά ακτινοβολούν σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις για να επικοινωνούν με τα κινητά τηλέφωνα που βρίσκονται στη περιοχή που έχει σχεδιαστεί να καλύπτει ο σταθμός βάσης. Είναι δηλαδή, κατευθυντικές και στο οριζόντιο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι κεραίες αυτές ακτινοβολούν περισσότερο προς την κατεύθυνση του ορίζοντα όπου κατευθύνεται η κύρια δέσμη τους και πολύ λιγότερο στις υπόλοιπες.

3.5: Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα λειτουργούν τρία δίκτυα κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιώντας το ψηφιακό Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (GSM). Αυτά είναι γνωστά ως συστήματα δεύτερης γενιάς (2G), καθώς ακολούθησαν τα πρώτης γενιάς αναλογικά συστήματα που δεν λειτουργούν πλέον. Επιπλέον, και οι τρεις εταιρίες έχουν αναπτύξει δίκτυα τρίτης γενιάς (3G) και τέταρτης γενιάς (4G) σε ολόκληρη τη χώρα. Οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας που λειτουργούν στην Ελλάδα είναι οι εταιρίες COSMOTE, WIND και VODAFONE. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα χρησιμοποιούν ζώνες συχνοτήτων περί τα 900 MHz, 1800 MHz, και 2100 MHz. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα με τις υπηρεσίες που αυτές παρέχουν και το αντίστοιχο απονεμηθέν φάσμα. Η πρώτη σειρά του απονεμηθέντος φάσματος για κάθε εταιρία κινητής τηλεφωνίας αντιστοιχεί στο uplink του σταθμού βάσης, δηλαδή στις συχνότητες όπου ο σταθμός βάσης λειτουργεί για τη λήψη σήματος. Η δεύτερη γραμμή αναφέρεται στο downlink, δηλαδή στις συχνότητες στις οποίες εκπέμπει ο σταθμός βάσης. Οι συχνότητες αυτές είναι αρκετά υψηλότερες αυτών που χρησιμοποιούνται για τις

ραδιοτηλεοπτικές μεταδόσεις και χαμηλότερες αυτών που χρησιμοποιούνται για μικροκυματικές ζεύξεις [5].

Εταιρεία	Υπηρεσία	MHz
Cosmote	GSM 900	885 – 890
		930 – 935
	DCS 1800	1760 – 1785
		1855 – 1880
	UMTS	1950.3 – 1965.3
		2140.3 – 2155.3
		1905.1 – 1910.1
Wind	GSM 900	890 - 900
		935 - 945
	DCS 1800	1730 – 1745
		1825 – 1840
	UMTS	1940.3–1950.3
		2130.3–2140.3
		1910.1 – 1915.1
Vodafone	GSM 900	900 - 915
		945 - 960
	DCS 1800	1745 – 1760
		1840 – 1855
	UMTS	1920.3–1940.3
		2110.3–2130.3
		915.1 – 1920.1

3.6: Τρόπος λειτουργίας κινητών τηλεφώνων

Όταν ένα κινητό τηλέφωνο είναι ενεργοποιημένο, δηλαδή ανοιχτό, επικοινωνεί περιοδικά με την κεραία που δίνει κάλυψη στη συγκεκριμένη περιοχή όπου βρίσκεται. Με αυτόν τον τρόπο, το κινητό τηλέφωνο δίνει το "στίγμα" του στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, ώστε να μπορεί ο χρήστης να πραγματοποιήσει ή να δεχθεί μια κλήση σε κάθε σημείο της χώρας. Εάν ο συνδρομητής μετακινείται, τότε το σήμα που εκπέμπει το κινητό εντοπίζεται από τις κεραίες στις περιοχές όπου κινείται. Κάθε φορά που κάνουμε ή δεχόμαστε μια κλήση μέσω του κινητού μας τηλεφώνου, εκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα από το κινητό

μας τηλέφωνο προς την πλησιέστερη κεραία, εκείνη δηλαδή που μας εξυπηρετεί. Στη συνέχεια, η κεραία διαβιβάζει τα κύματα αυτά στον προορισμό τους, δηλαδή σε κάποιο ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο, από εκεί σε μία άλλη κεραία και στη συνέχεια σε ένα άλλο κινητό ή σταθερό τηλέφωνο.

Εάν κατά τη διάρκεια της κλήσης, εκείνος που καλεί ή ο καλούμενος, μετακινείται, το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας μεταφέρει την κλήση από τη μία κεραία στην άλλη, ώστε η συνομιλία να μην διακόπτεται. Για να λειτουργήσει ένα κινητό τηλέφωνο, είναι απαραίτητο να υπάρχει κεραία σταθμού βάσης στην περιοχή όπου χρησιμοποιείται. Ο σταθμός βάσης λαμβάνει τα ραδιοσήματα από το κινητό τηλέφωνο, τα μεταφέρει στο ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο, το οποίο στη συνέχεια συνδέεται με τον αριθμό που καλείται (είτε στο δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας, είτε σε έναν άλλο σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας, ανάλογα με το εάν η κλήση προορίζεται σε σταθερό ή κινητό τηλέφωνο).

3.7: Ακτινοβολία κινητών τηλεφώνων

Τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μόνο κατά την διάρκεια της τηλεφωνικής μας επικοινωνίας. Επίσης, όταν ένα κινητό βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, εκπέμπει ανά κάποια λεπτά, ένα βραχύ παλμό προς το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με το οποίο συνδέεται για να δηλώσει βρίσκεται στη συγκεκριμένη περιοχή κάλυψης και ότι είναι διαθέσιμο για την λήψη εισερχόμενων κλήσεων.

Η συνολική ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα κινητό τηλέφωνο είναι σχετικά μικρή. Επιπλέον, τα κινητά τηλέφωνα είναι εφοδιασμένα με συστήματα αυτόματου ελέγχου της εκπεμπόμενης ισχύος, ώστε αυτή να περιορίζεται στην ελάχιστη δυνατή για την επικοινωνία με τον σταθμό βάσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ελάττωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από την μπαταρία της συσκευής και η αύξηση της διάρκειας του χρόνου ομιλίας και αναμονής, καθώς και η ελαχιστοποίηση των παρεμβολών στις υπόλοιπες ραδιοεπικοινωνίες. Επίσης, αναφέρεται ότι όλες οι συσκευές κινητών τηλεφώνων δεν ακτινοβολούν το ίδιο λόγω σημαντικών διαφορών που παρουσιάζουν μεταξύ τους ως προς τη σχεδίαση και την κατασκευή.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει στο κινητό τηλέφωνο να μπορεί να ελέγχει αυτόματα την ισχύ του, δηλαδή να αυξάνει ή να μειώνει την ποσότητα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που εκπέμπει κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Η μέγιστη ισχύς ενός κινητού τηλεφώνου είναι 0,25 watts, όμως η ισχύς της λειτουργίας του κατά τη διάρκεια μιας κλήσης εξαρτάται από το σήμα που λαμβάνει, δηλαδή την απόστασή του από την κεραία. Όταν ένα

κινητό τηλέφωνο έχει καλό σήμα, δηλαδή είναι κοντά σε μια κεραία, τότε εκπέμπει την ελάχιστη δυνατή ενέργεια, δηλαδή πολύ λιγότερο της μέγιστης τιμής των 0,25 watts. Αντίθετα, όταν μια περιοχή δεν έχει καλό σήμα, δηλαδή δεν υπάρχει κεραία αρκετά κοντά, το κινητό εκπέμπει περισσότερη ενέργεια για να επικοινωνήσει με την κεραία.

Για να λειτουργεί το κινητό τηλέφωνο με τη λιγότερη δυνατή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια θα πρέπει να έχει καλό σήμα, δηλαδή να είναι κοντά σε μια κεραία κινητής τηλεφωνίας. Το κινητό τηλέφωνο έχει δυνατό σήμα όταν βρίσκεται κοντά σε σταθμό βάσης και γι' αυτό λειτουργεί σε πολύ χαμηλότερη ισχύ από τη μέγιστη δυνατή των 0,25 watts. Αντίθετα, όταν το κινητό τηλέφωνο βρίσκεται μακριά από σταθμό βάσης, το σήμα του είναι χαμηλό και η κάλυψη είναι ανεπαρκής ή μηδενική, με αποτέλεσμα να λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ του.

3.7.1: Έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία κεραιών και κινητών τηλεφώνων

Οι κεραίες και τα κινητά τηλέφωνα παράγουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία και στηρίζουν τη λειτουργία τους σε αυτά. Για την έκθεση των ανθρώπων στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από τη λειτουργία της ασύρματης επικοινωνίας, των κεραιών και των κινητών τηλεφώνων, πραγματοποιούνται έρευνες από τα τέλη της δεκαετίας του '70. Βάσει αυτών των ερευνών, η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει αναπτύξει Οδηγίες με σκοπό τη διασφάλιση της υγείας του κοινού από την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

3.7.2: Ανθρώπινος οργανισμός και έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Ένα μέρος των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται από τις ηλεκτρικές συσκευές απορροφώνται από το ανθρώπινο σώμα. Η ενέργεια που απορροφάται έχει σαν αποτέλεσμα μία μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος. Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει τη δυνατότητα να μειώνει μόνος του αυτή την αύξηση με τη λεγόμενη φυσική θερμορυθμιστική διαδικασία (π.χ. μείωση της θερμότητας μέσω της κυκλοφορίας του αίματος).

3.7.3: Ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (SAR) και η σχέση του με την κινητή τηλεφωνία

Η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες έχει εκδώσει οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε πεδία ραδιοσυχνοτήτων. Τα όρια των οδηγιών ορίζονται με βάση την απορροφώμενη ενέργεια ανά χιλιόγραμμα μάζας σώματος και εκφράζονται με το Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης ή SAR (Specific Absorption Rate). Ο αριθμός SAR αφορά τόσο στην ολόσωμη όσο και στην τοπική έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού. Το διεθνώς προτεινόμενο όριο για την έκθεση του κοινού είναι 0,08 watt ανά

κιλό. Έτσι, ένας άνθρωπος που ζυγίζει πενήντα κιλά μπορεί να απορροφήσει έως και 4 watts ενέργειας ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σε ολόκληρο το σώμα του και, παρ' όλα αυτά, να βρίσκεται εντός των οδηγιών. Η ποσότητα αυτή είναι πολύ μικρή σε σχέση με τη θερμότητα που παράγεται φυσιολογικά από έναν άνθρωπο 50 κιλών σε κατάσταση ηρεμίας, η οποία ανέρχεται περίπου σε 50 watts, δηλαδή 1 watt ανά κιλό. Επιπλέον, οι οδηγίες συνιστούν όρια για μέγιστες τοπικές τιμές SAR σε συγκεκριμένα μέρη του σώματος. Για παράδειγμα, η τιμή μόνο για το κεφάλι είναι 2 watts ανά χιλιόγραμμα. Με τον τρόπο αυτό, ακόμα και αν οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας πληρούν τα κριτήρια των οδηγιών για ολόκληρο το σώμα, θα πρέπει ταυτόχρονα να πληρούν και τα όρια των μέγιστων τοπικών τιμών του SAR, ώστε να περιορίζεται η πιθανή τοπική αύξηση της θερμοκρασίας.

Τα κινητά τηλέφωνα είναι ταυτόχρονα πομποί και δέκτες ραδιοσημάτων χαμηλής ισχύος. Όταν ενεργοποιούνται, εκπέμπουν χαμηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (επίσης γνωστή ως ραδιοκύματα ή πεδία συχνοτήτων). Τα κινητά τηλέφωνα σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να λειτουργούν μέσα στα αυστηρά όρια που έχουν καθορίσει οι οδηγίες της Διεθνούς Επιτροπής Προστασίας από τη Μη Ιοντίζουσα Ακτινοβολία (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP). Στις οδηγίες αυτές έχει προβλεφθεί ένα περιθώριο ασφαλείας, το οποίο εγγυάται την ασφάλεια όλων των ατόμων, ανεξάρτητα από την ηλικία και την κατάσταση της υγείας τους. Τα κινητά τηλέφωνα κατασκευάζονται ώστε να χρησιμοποιούν όσο το δυνατό λιγότερη ισχύ για να επικοινωνήσουν με το δίκτυο. Συνεπώς, όσο πιο κοντά βρίσκεται κάποιος σε ένα σταθμό βάσης, τόσο πιθανότερο είναι να μειωθεί το επίπεδο SAR. Την τιμή SAR κάθε κινητού τηλεφώνου μπορεί κάποιος να μάθει, από τον οδηγό χρήσης του.

3.7.4: Σύγκριση των επιπέδων έκθεσης στην ακτινοβολία τερματικών συσκευών και σταθμών βάσης

Αν και η ισχύς εκπομπής από τα κινητά τηλέφωνα είναι μικρή σε σχέση με την ισχύ εκπομπής ενός σταθμού βάσης, η απόσταση του χρήστη από το κινητό τηλέφωνο είναι μόλις μερικά εκατοστά. Αντιθέτως, είναι σπάνιο να βρεθεί κάποιος σε απόσταση μικρότερη από 5 έως 10 μέτρα από την κεραία ενός σταθμού βάσης. Έτσι, η ακτινοβολία που δέχεται ο χρήστης κινητού τηλεφώνου προέρχεται κυρίως από το κινητό τηλέφωνο παρά από τους σταθμούς βάσης.

Για παράδειγμα, η τιμή SAR από το κινητό τηλέφωνο μπορεί να είναι 1.000 φορές μεγαλύτερη από την τιμή SAR που προκύπτει από την έκθεση στην ακτινοβολία σταθμού βάσης σε απόσταση 150 μέτρων από το χρήστη [5].

Ισχύς	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Ακτινοβολεί ισχύ 125 mW αν λειτουργεί σε συχνότητα 1800 MHz ή 250 mW αν λειτουργεί σε συχνότητα 900 MHz.	Ακτινοβολεί ισχύ δεκάδων W.
Απόσταση	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Η κεραία του κινητού απέχει περίπου 1-2 εκατοστά από το κεφάλι του χρήστη.	Τυπικά, οι κεραίες βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον δεκάδων μέτρων από το γενικό πληθυσμό.
Συνθήκες έκθεσης	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Κυρίως εκτίθενται οι ιστοί του κεφαλιού στην περιοχή κοντά στην κεραία του κινητού.	Η έκθεση αναφέρεται σε ολόκληρο το σώμα αλλά σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο σε σχέση με την έκθεση από το κινητό.
Ποσοτικοποίηση της έκθεσης	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Η τοπική έκθεση μετριέται μέσω του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης (SAR) της ενέργειας στο κεφάλι.	Η πυκνότητα ισχύος των ραδιοκυμάτων που προσπίπτει στο σώμα αποτελεί καλό μέτρο για την εκτίμηση της ολόσωμης έκθεσης του κοινού.
Οδηγίες αποδεκτής έκθεσης	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Οι οδηγίες της ICNIRP συμβουλεύουν ότι οι τοπικές μέσες τιμές του SAR για 10g μάζας ιστού δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2 W/kg, για οποιαδήποτε χρονική περίοδο 6 λεπτών.	Οι οδηγίες της ICNIRP συμβουλεύουν επίπεδα αναφοράς 4.5 ή 9 W/m ² για τους σταθμούς βάσης που λειτουργούν σε συχνότητα 900 MHz και 1800 MHz. Στην Ελλάδα, οι αντίστοιχες στάθμες για την προστασία του κοινού είναι 3.15 W/m ² και 6.3 W/m ² . Σε περίπτωση

	εγκατάστασης κατασκευής κεραίας σε απόσταση μικρότερη από 300 m από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, οι αντίστοιχες στάθμες είναι 2.7 W/m ² και 5.4 W/m ² .
Συμμόρφωση με τις οδηγίες	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Όλα τα κινητά τηλέφωνα που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν ελεγχθεί για να διασφαλίσουν τιμές SAR εντός των επιτρεπτών ορίων, φέρουν τη σήμανση CE και στα συνοδευτικά έγγραφα υπάρχει η δήλωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή.	Η τήρηση των ορίων επιτρεπτής έκθεσης ελέγχεται περιοδικά, ή οποτεδήποτε κριθεί αυτό απαραίτητο, από αρμόδιες Υπηρεσίες του ΥΠΕΧΩΔΕ, του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας, του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών, Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων ή της ΕΕΑΕ με μετρήσεις που διενεργούνται από συνεργεία των υπηρεσιών αυτών ή από άλλα εξουσιοδοτημένα από την ΕΕΑΕ συνεργεία (π.χ. Εργαστήρια Πολυτεχνείων ή άλλων φορέων).
Επίπεδα πραγματικής έκθεσης	
Κινητό Τηλέφωνο	Σταθμός Βάσης
Οι τιμές του SAR για ειδικά μοντέλα κινητού τηλεφώνου μπορούν να βρεθούν στο δικτυακό τόπο της ΕΕΤΤ (www.eett.gr) και φτάνουν μέχρι 1.4 W/kg.	Η τυπική έκθεση σε τοποθεσίες προσβάσιμες από το κοινό είναι χιλιάδες φορές χαμηλότερη από τα όρια των οδηγιών.

Πίνακας 4: Σύγκριση των επιπέδων έκθεσης στην ακτινοβολία τερματικών συσκευών και σταθμών βάσης

3.7.5: Ασφαλής έκθεση και αποστάσεις ασφαλείας από θέσεις κατοικίας των ανθρώπων

Επειδή ο τρόπος που ακτινοβολούν οι διάφορες κεραιοδιατάξεις είναι διαφορετικός, δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί μια απόσταση ασφαλείας που να είναι κοινή για όλα τα είδη κεραιοδιατάξεων. Με την θέσπιση ορίων έκθεσης για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αυτή καθ' εαυτή η απόσταση ασφαλείας προκύπτει ως παράγωγο μέγεθος και είναι μεγάλη για κεραίες που ακτινοβολούν ισχυρά και μικρή για κεραίες που ακτινοβολούν ασθενώς, λαμβάνοντας υπόψη και την κατεύθυνση που ακτινοβολούν οι κεραίες. Έτσι, η απόσταση ασφαλείας που προκύπτει μπορεί να είναι μικρότερη από μέτρο για τις πολύ ασθενείς κεραίες έως και εκατοντάδες μέτρα για τις κεραίες εκπομπής όπως για παράδειγμα ραδιοφωνικών ή τηλεοπτικών σημάτων. Επιπλέον, πολλές φορές η έκθεση των ανθρώπων οφείλεται σε συνδυασμό κεραιοδιατάξεων που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις. Στις περιπτώσεις αυτές ένα όριο απόστασης δεν θα μπορούσε να προστατεύσει από την συμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας πολλών διαφορετικών διατάξεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Επιπτώσεις στην υγεία

4.1: Βασικά στοιχεία

Δεδομένου του μεγάλου αριθμού χρηστών κινητών τηλεφώνων, είναι σημαντικό να διερευνήσουμε, να κατανοήσουμε και να παρακολουθήσουμε πιθανές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από την χρήση τους. Η αυξημένη χρήση των κινητών τηλεφώνων τα τελευταία χρόνια, έχει προκαλέσει ανησυχίες στους χρήστες και στους επιστήμονες, σχετικά με τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας που εκπέμπουν στην υγεία. Για το λόγο αυτό, ομάδες επιστημόνων, ερευνητών και ιατρών πραγματοποιούν έρευνες και μελέτες σ' ολόκληρο τον κόσμο τόσο σε ανθρώπους όσο και σε ζώα. Οι έρευνες αυτές δεν ασχολούνται αποκλειστικά με την κινητή τηλεφωνία, αλλά και με τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας γενικά.

Τα κινητά τηλέφωνα επικοινωνούν μεταδίδοντας ραδιοκύματα μέσω ενός δικτύου σταθερών κεραιών που ονομάζονται σταθμοί βάσης. Τα κύματα ραδιοσυχνοτήτων είναι ηλεκτρομαγνητικά πεδία και σε αντίθεση με την ιονίζουσα ακτινοβολία όπως ακτίνες X ή ακτίνες γάμμα, δεν μπορούν ούτε να σπάσουν χημικούς δεσμούς ούτε να προκαλέσουν ιονισμό στο ανθρώπινο σώμα.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ) μαζί με τις έρευνες και τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, δεν έχουν εξακριβώσει την άμεση συσχέτιση σοβαρών ασθενειών (εμφάνιση κακοηθών όγκων και καρκίνου) στους σταθμούς βάσης της κινητής τηλεφωνίας. Το γεγονός αυτό βέβαια δεν σημαίνει πως η ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων είναι ακίνδυνη. Μέχρι ν' αποδειχτεί η επίδραση ή όχι της ακτινοβολίας στην υγεία, οι επιστήμονες συνιστούν λογική και ορθολογική χρήση των κινητών τηλεφώνων, λιγότερη έκθεση στην ακτινοβολία, απομάκρυνση των συσκευών από το σώμα, χρήση Hands free (εξαρτήματα αποδέσμευσης των χεριών) και απομάκρυνσή τους από τα παιδιά μέχρι την ηλικία των 16 ετών τουλάχιστον. Τα κινητά χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε συχνότητες μικροκυμάτων. Μέρος των ραδιοκυμάτων που εκπέμπονται από τις συσκευές κινητών τηλεφώνων, απορροφώνται από το κεφάλι. Τα ραδιοκύματα από μία συσκευή GSM έχουν μέγιστη ισχύ 2watts ενώ ένα αμερικάνικο αναλογικό τηλέφωνο 3,6watts. Άλλες τεχνολογίες όπως TDMA χρησιμοποιούν ισχύ μικρότερο από 1 watt.

4.2: Επίπεδα έκθεσης

Τα κινητά τηλέφωνα είναι πομποί ραδιοσυχνοτήτων χαμηλής ισχύος, που λειτουργούν σε συχνότητες μεταξύ 450 και 2700 MHz με μέγιστη ισχύ στην περιοχή από 0,1 έως 2 watt. Το ακουστικό μεταδίδει ισχύ μόνο όταν είναι ενεργοποιημένο. Η ισχύς (και συνεπώς η έκθεση στη ραδιοσυχνότητα) πέφτει γρήγορα με την αύξηση της απόστασης από το

ακουστικό. Ένα άτομο που χρησιμοποιεί κινητό τηλέφωνο 30-40 εκατοστά μακριά από το σώμα του - για παράδειγμα κατά την αποστολή μηνυμάτων κειμένου, την πρόσβαση στο Διαδίκτυο ή τη χρήση μιας συσκευής "hands free" - θα έχει συνεπώς πολύ χαμηλότερη έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνοτήτων από ό, τι κάποιος που κρατάει το ακουστικό το κεφάλι τους.

Εκτός από τη χρήση συσκευών "hands-free", οι οποίες κρατούν τα κινητά τηλέφωνα μακριά από το κεφάλι και το σώμα κατά τη διάρκεια τηλεφωνικών κλήσεων, η έκθεση μειώνεται επίσης περιορίζοντας και τη διάρκεια των κλήσεων. Η χρήση του τηλεφώνου σε περιοχές καλής λήψης μειώνει επίσης την έκθεση καθώς επιτρέπει στο τηλέφωνο να εκπέμπει με μειωμένη ισχύ.

Τα κινητά τηλέφωνα απαγορεύονται συχνά σε νοσοκομεία και αεροπλάνα, καθώς τα σήματα ραδιοσυχνοτήτων ενδέχεται να επηρεάσουν ορισμένες ηλεκτρο-ιατρικές συσκευές και συστήματα πλοήγησης.

4.3: Υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία;

Έχει πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός μελετών τις τελευταίες δύο δεκαετίες για να εκτιμηθεί εάν τα κινητά τηλέφωνα ενέχουν πιθανό κίνδυνο για την υγεία. Μέχρι σήμερα, δεν έχουν διαπιστωθεί δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που προκαλούνται από τη χρήση κινητού τηλεφώνου.

4.3.1: Βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις

Η θέρμανση ιστών είναι ο κύριος μηχανισμός αλληλεπίδρασης μεταξύ ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων και ανθρώπινου σώματος. Στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται από κινητά τηλέφωνα, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας απορροφάται από το δέρμα και άλλους επιφανειακούς ιστούς, με αποτέλεσμα την αμελητέα αύξηση της θερμοκρασίας στον εγκέφαλο ή σε οποιοδήποτε άλλο όργανο του σώματος.

Ορισμένες μελέτες έχουν διερευνήσει τις επιπτώσεις των πεδίων ραδιοσυχνότητας στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου, τη γνωστική λειτουργία, τον ύπνο, τον καρδιακό ρυθμό και την αρτηριακή πίεση σε εθελοντές. Μέχρι σήμερα, η έρευνα δεν δείχνει συνεπή ένδειξη δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητας σε επίπεδα κάτω από εκείνα που προκαλούν θέρμανση των ιστών. Επιπλέον, η έρευνα δεν μπόρεσε να παράσχει υποστήριξη για αιτιώδη σχέση μεταξύ έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και αυτοαναφερόμενων συμπτωμάτων ή «ηλεκτρομαγνητικής υπερευαισθησίας».

4.3.2: Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα

Η επιδημιολογική έρευνα που εξετάζει πιθανούς μακροπρόθεσμους κινδύνους από την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες έχει ως επί το πλείστον αναζητήσει συσχέτιση μεταξύ όγκων εγκεφάλου και χρήσης κινητού τηλεφώνου. Ωστόσο, επειδή πολλοί καρκίνοι δεν είναι ανιχνεύσιμοι έως και πολλά χρόνια μετά τις αλληλεπιδράσεις που οδήγησαν στον όγκο, και δεδομένου ότι τα κινητά τηλέφωνα δεν χρησιμοποιήθηκαν ευρέως μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι επιδημιολογικές μελέτες προς το παρόν μπορούν να αξιολογήσουν μόνο αυτούς τους καρκίνους που γίνονται εμφανείς σε μικρότερες χρονικές περιόδους. Ωστόσο, τα αποτελέσματα μελετών σε ζώα δείχνουν σταθερά ότι δεν υπάρχει αυξημένος κίνδυνος καρκίνου για μακροχρόνια έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητας.

Αρκετές μεγάλες πολυεθνικές επιδημιολογικές μελέτες έχουν ολοκληρωθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη, συμπεριλαμβανομένων μελετών περίπτωσης που εξετάζουν έναν αριθμό τελικών σημείων υγείας σε ενήλικες. Η μεγαλύτερη αναδρομική μελέτη ελέγχου περιπτώσεων μέχρι σήμερα σε ενήλικες, η Interphone, που συντονίστηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC), σχεδιάστηκε για να προσδιορίσει εάν υπάρχουν συνδέσεις μεταξύ της χρήσης κινητών τηλεφώνων και καρκίνου εγκεφάλου και λαιμού σε ενήλικες.

Η διεθνής συγκεντρωτική ανάλυση δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από 13 συμμετέχουσες χώρες δεν διαπίστωσε αυξημένο κίνδυνο από την χρήση κινητού τηλεφώνου άνω των 10 ετών. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις αυξημένου κινδύνου για όσους ανέφεραν το υψηλότερο 10% των σωρευτικών ωρών χρήσης κινητού τηλεφώνου, αν και δεν υπήρχε σταθερή τάση αύξησης του κινδύνου με μεγαλύτερη διάρκεια χρήσης. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι προκαταλήψεις και τα σφάλματα περιορίζουν τη δύναμη αυτών των συμπερασμάτων και αποτρέπουν την αιτιώδη ερμηνεία.

Ενώ δεν έχει τεκμηριωθεί αυξημένος κίνδυνος όγκων του εγκεφάλου, η αυξανόμενη χρήση κινητών τηλεφώνων και η έλλειψη δεδομένων για χρήση κινητού τηλεφώνου σε χρονικές περιόδους άνω των 15 ετών, δικαιολογούν περαιτέρω έρευνα για τη χρήση κινητού τηλεφώνου και τον κίνδυνο καρκίνου του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, με την δημοτικότητα της χρήσης κινητών τηλεφώνων μεταξύ των νεότερων ατόμων, και ως εκ τούτου μια δυνητικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της έκθεσης, ο ΠΟΥ έχει προωθήσει περαιτέρω έρευνα σχετικά με αυτήν την ομάδα. Πολλές μελέτες που διερευνούν πιθανές επιπτώσεις στην υγεία σε παιδιά και εφήβους βρίσκονται σε εξέλιξη.

4.3.3: Θερμικές επιπτώσεις

Ένα αρκετά αντιληπτό πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι το φαινόμενο της διηλεκτρικής θέρμανσης, στην οποία ζωντανά κύτταρα θερμαίνονται από μόρια των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στην περίπτωση χρήσης των κινητών τηλεφώνων, το φαινόμενο αυτό συμβαίνει στη περιοχή του κεφαλιού, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του, περισσότερο απ' ό τι θ' αυξανόταν σε έκθεσή του στον ήλιο. Το γεγονός αυτό, μπορεί να έχει σαν πιθανό αποτέλεσμα, την αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος στην περιοχή του κεφαλιού. Παρ' όλα αυτά, οι μηχανισμοί της όρασης δεν λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο ενώ πρόωρα συμπτώματα καταρράκτη δεν φαίνεται να σχετίζονται με την χρήση κινητών τηλεφώνων, πιθανώς επειδή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με την ακτινοβολία. Πρέπει ν' αναφερθεί, πως κάποια σημεία του ανθρώπινου κεφαλιού, είναι περισσότερο ευπαθή στην αύξηση της θερμοκρασίας του και κυρίως αυτά με λιγότερη μυϊκή διάπλαση, όπως το νευρικό σύστημα.

4.3.4: Ηλεκτρική ευαισθησία

Ορισμένοι χρήστες κινητών τηλεφώνων, έχουν εμφανίσει κάποια απροσδιόριστα συμπτώματα κατά τη διάρκεια χρήσης ή έπειτα απ' αυτήν. Τα συμπτώματα αυτά μπορεί να είναι αίσθημα καψίματος ή φαγούρας στην επιδερμίδα του κεφαλιού, κούραση, διαταραχές ύπνου, ζαλάδες, έλλειψη συγκέντρωσης, απώλεια μνήμης, πονοκεφάλους, δυσφορία, ταχυκαρδία και προβλήματα στο πεπτικό σύστημα. Οι έρευνες δείχνουν βέβαια πως τα συμπτώματα αυτά μπορεί να είναι και αποτέλεσμα άγχους.

4.3.5: Επιπτώσεις στο γενετικό υλικό

Τον Δεκέμβριο του 2004, μία πανευρωπαϊκή έρευνα με το τίτλο REFLEX σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις από την έκθεση στην ενέργεια των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο εργαστήριο δείχνει κάποιες ενδείξεις καταστροφής του DNA όταν ο οργανισμός εκτίθεται σε 0,3 έως 2 watts. Επίσης, παρατηρήθηκαν ενδείξεις και όχι σοβαρές αποδείξεις για άλλες αλλαγές στα κύτταρα, όπως καταστροφή των χρωμοσωμάτων, αλλαγή στη συμπεριφορά των γονιδίων και αύξηση του ρυθμού κυτταρικής διαίρεσης.

4.3.6: Κινητή τηλεφωνία και καρκίνος

Από τις έρευνες και τις μελέτες, δεν έχει αποδειχθεί άμεση συσχέτιση μεταξύ της ακτινοβολίας των κινητών τηλεφώνων και της εμφάνισης κακοηθών όγκων και καρκίνου. Επειδή όμως ο καρκίνος κάνει αρκετά χρόνια για ν' αναπτυχθεί, πρέπει να εξετάζονται περιπτώσεις και έρευνες τουλάχιστον δεκαετίας. Οι έρευνες δεν σχετίζουν την εμφάνιση πρώιμου καρκίνου του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ), ο οποίος προκύπτει από μη νευρολογικά κύτταρα που παρέχουν στήριξη και διατροφή, διατηρούν την ομοιόσταση,

διαμορφώνουν τον μυελό και βοηθούν στην μεταφορά των σημάτων στο νευρικό σύστημα ή εμφάνισης καλοηθών ή κακοηθών όγκων στον εγκέφαλο.

Το σημείο του σώματος, το οποίο έρχεται σε μεγαλύτερη επαφή με την ακτινοβολία των συσκευών κινητής τηλεφωνίας είναι το αυτί. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκαν πολλές έρευνες σχετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης όγκου του αυτιού ή νεύρωμα του αυτιού (πρώιμος καλοήθης όγκος του αυτιού), οι οποίες όμως δεν πιστοποιούν κάποια συσχέτιση. Παρόλο που δεν έχει πιστοποιηθεί ακόμα ο κίνδυνος της υγείας από την χρήση κινητών τηλεφώνων, οι επιστήμονες συνεχίζουν τις έρευνές τους όσο αφορά την μακροχρόνια έκθεση στην ακτινοβολία των συσκευών κινητής τηλεφωνίας και κυρίως στους πάνω από 10 χρόνια χρήστες.

4.3.7: Διαταραχή ύπνου

Έρευνες δείχνουν πως χρήστες κινητών τηλεφώνων, με συνεχόμενη έκθεση σ' αυτά, παρουσιάζουν διαταραχές στον ύπνο τους. Βέβαια δεν μπορεί να πιστοποιηθεί η άμεση συσχέτιση της ακτινοβολίας με τις περιπτώσεις αυτές, λόγω μικρού αριθμού περιστατικών.

4.4: Η κατάταξη των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων

Στις 24-31 Μαΐου 2011 στη Λυών της Γαλλίας, μία ομάδα εργασίας της IARC (διεθνής επιτροπή έρευνας για τον Καρκίνο) αποτελούμενη από 31 επιστήμονες από 14 χώρες αξιολόγησε τους πιθανούς κινδύνους καρκινογένεσης από την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα εργασίας της IARC συζήτησε και αξιολόγησε την διαθέσιμη βιβλιογραφία για τις παρακάτω κατηγορίες έκθεσης που περιλαμβάνουν ραδιοσυχνότητες ηλεκτρομαγνητικών πεδίων:

1. έκθεση σε ραντάρ και σε μικροκύματα (λόγω επαγγελματικής δραστηριότητας).
2. περιβαλλοντική έκθεση που σχετίζεται με τη μετάδοση σημάτων σε ραδιόφωνο, τηλεόραση και ασύρματες τηλεπικοινωνίες.
3. προσωπική έκθεση που σχετίζεται με τη χρήση ασύρματων τηλεφώνων.

Η IARC, μετά την ανασκόπηση των επιστημονικών μελετών σχετικά με τους κινδύνους για την υγεία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων, ταξινόμησε τα εν λόγω ηλεκτρομαγνητικά πεδία ως πιθανώς καρκινογόνα για τους ανθρώπους, βασιζόμενη στον αυξανόμενο κίνδυνο για γλοίωμα που είναι ένας κακοήθης τύπος του καρκίνου του εγκεφάλου σχετιζόμενος με την χρήση ασύρματης τηλεφωνίας. Ο Δρ. Jonathan Samet (Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας, ΗΠΑ), γενικός πρόεδρος της ομάδας εργασίας,

ανέφερε ότι: «τα αποδεικτικά στοιχεία, ενώ ακόμη συγκεντρώνονται, είναι αρκετά ισχυρά για να υποστηρίξουν το συμπέρασμα ότι μπορεί να υπάρχει κάποιος κίνδυνος και επομένως πρέπει να παρακολουθούμε προσεκτικά τη σύνδεση μεταξύ των κινητών τηλεφώνων και του κινδύνου για καρκίνο».

Επιπρόσθετα ο διευθυντής της IARC Christopher Wild, λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανές συνέπειες στη δημόσια υγεία με βάση τα ευρήματα της έρευνας, δήλωσε ότι: «είναι σημαντικό να διεξαχθούν επιπρόσθετες έρευνες για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αυτούς που κάνουν εκτεταμένη χρήση κινητών τηλεφώνων. Εν αναμονή της διαθεσιμότητας των πληροφοριών αυτών, είναι σημαντικό να ληφθούν μέτρα για να μειωθεί η έκθεση, όπως συσκευές hands-free ή γραπτά μηνύματα».

4.5: Οι επιπτώσεις της ακτινοβολίας των Σταθμών Βάσεων στην υγεία

Η συνεχής αύξηση των συνδρομητών των εταιριών κινητής τηλεφωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης μεταφοράς δεδομένων (ήχου, εικόνas, μηνυμάτων κ.α.) από τους συνδρομητές, γεγονός το οποίο ανάγκασε τις εταιρίες να εγκαθιστούν όλο και περισσότερες κεραίες, προκειμένου να εξασφαλίσουν την μέγιστη δυνατή πληθυσμιακή κάλυψη σε συνδυασμό με την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών.

Το σύνολο των εγκαταστάσεων μιας εταιρίας κινητής τηλεφωνίας που έχει τοποθετηθεί σε μία περιοχή και χρησιμοποιείται για την υποστήριξη του ασύρματου δικτύου της ονομάζεται σταθμός βάσης. Κάθε σταθμός βάσης αποτελείται από κεραίες εκπομπής και λήψης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων, καθώς επίσης και από τον απαραίτητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό, για την επεξεργασία αυτών των σημάτων. Οι κεραίες που χρησιμοποιούνται για την λήψη και την μετάδοση των σημάτων από και προς τους χρήστες των κινητών τηλεφώνων έχουν συνήθως μακρόστενο σχήμα με μήκος 1-2 μέτρα και πλάτος 10-20 εκατοστά, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μοιάζουν με ραβδιά διαμέτρου λίγων εκατοστών και μήκους 1-2 μέτρων.

Εκτός όμως από τις κεραίες που χρησιμοποιούνται για την λήψη και την αποστολή ηλεκτρομαγνητικών σημάτων από και προς τα κινητά τηλέφωνα, ο κάθε σταθμός βάσης διαθέτει και κεραίες σε σχήμα κατόπτρου ή πιάτου, προκειμένου να επικοινωνεί με τους άλλους σταθμούς βάσης. Τα συστήματα των κεραιών ενός σταθμού βάσης τοποθετούνται πάνω σε μεταλλικούς πυλώνες ή ιστούς, ενώ στην περίπτωση που οι σταθμοί βάσης κατασκευάζονται εντός των πόλεων οι κεραίες τους συνήθως τοποθετούνται πάνω στις οροφές των κτιρίων. Αυτό συμβαίνει προκειμένου ο σταθμός βάσης να εξασφαλίζει την πλήρη κάλυψη όσο το δυνατό ευρύτερης περιοχής.

Η ακτινοβολία που εκπέμπουν οι Σταθμοί Βάσης είναι συνεχής και όχι περιοδική όπως αυτή των κινητών τηλεφώνων. Για το λόγο αυτό, οι επιστήμονες πραγματοποιούν έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας τους στην δημόσια υγεία. Έρευνες δείχνουν πως άτομα που κατοικούν σε απόσταση 300m από κεραίες GSM σε επαρχιακές περιοχές, ή σε 100m από Σταθμούς Βάσης στις πόλεις παρουσιάζουν αίσθημα κούρασης, πονοκεφάλους, διαταραχή στον ύπνο καθώς και απώλεια μνήμης. Καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται, οι απαιτήσεις δεδομένων αυξάνονται στα δίκτυα, έχει αυξηθεί ο αριθμός των κεραιών (και των κεραιών (3G) που λειτουργούν σε μεγαλύτερη εμβέλεια) και των Σταθμών Βάσεων στις πόλεις. Πειράματα δείχνουν πως η ακτινοβολία των σύγχρονων κεραιών (2G) είναι χαμηλότερη (20 με 100W), με τους πύργους της τεχνολογίας (3G) να εκπέμπουν λιγότερη ακτινοβολία από το ήδη υπάρχον δίκτυο τεχνολογίας (2G). Οι επιστήμονες συστήνουν πως οι κεραίες θα πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 100 μέτρων από τις κατοικημένες περιοχές. Οι εργαζόμενοι στην τηλεπικοινωνία, εργάζονται πολύ κοντά στις κεραίες και τους Σταθμούς Βάσης και για πολλές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα να εκτίθενται περισσότερο από τους υπόλοιπους χρήστες κινητών τηλεφώνων, στην ακτινοβολία. Επίσης, πολλές φορές κατά την διάρκεια εργασίας τους, οι Σταθμοί Βάσης δεν απενεργοποιούνται, διότι αυτό θα προκαλούσε πρόβλημα στο δίκτυο. Βέβαια, μέχρι σήμερα δεν έχει διαπιστωθεί αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου ή άλλων συμπτωμάτων στην ομάδα αυτή ανθρώπων.

Σε πολλές χώρες, οι κυβερνήσεις, θέτουν νόμους σχετικά με τους Σταθμούς Βάσης και τις κεραίες. Επίσης γίνεται προσπάθεια οι εταιρίες να μοιράζονται τους ίδιους Σταθμούς Βάσης και τις ίδιες κεραίες με σκοπό να μειωθεί η εγκατάσταση νέων. Επίσης στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, υπάρχουν περιστατικά μηνύσεων πολιτών, που διαμένουν κοντά σε Σταθμούς Βάσης και κεραίες, προς εταιρίες (παρόχους) κινητής τηλεφωνίας, λόγω εμφάνισης καρκίνου, αλλά δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για την απόδειξη του γεγονότος αυτού στο δικαστήριο.

Επιπτώσεις που συνδέονται με την ακτινοβολία των σταθμών βάσης. Οι μαρτυρίες για πονοκεφάλους, ζαλάδες, κόπωση, αϋπνίες και εξασθένηση της μνήμης από ανθρώπους που κατοικούν ή εργάζονται κοντά σε κτίρια στις οροφές των οποίων έχουν εγκατασταθεί κεραίες κινητής τηλεφωνίας είναι ένα φαινόμενο το οποίο έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών. Υπάρχει πλέον σήμερα ένας σημαντικός αριθμός επιστημονικών μελετών, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε έγκυρα διεθνή επιστημονικά περιοδικά και έχουν καταδείξει αυτά, αλλά και αρκετά άλλα συμπτώματα που εμφανίζονται σε ανθρώπους που κατοικούν ή εργάζονται κοντά σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας.

4.6: Σχέση διείσδυσης ακτινοβολίας κινητού τηλεφώνου και ηλικίας

Το βάθος διείσδυσης της ακτινοβολίας στον ανθρώπινο εγκέφαλο δεν είναι ίδιο σε όλες τις περιπτώσεις, αλλά εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ηλικία του χρήστη. Όσο μικρότερης ηλικίας είναι ένα άτομο, τόσο μεγαλύτερη είναι η διείσδυση της ακτινοβολίας στον εγκέφαλό του. (Λολιούσης, 2009). Η απορρόφηση της Η/ΜΑ από τον εγκέφαλο του παιδιού είναι μεγαλύτερη από ό,τι στους ενήλικες, γιατί ο εγκέφαλός του έχει μεγαλύτερη αναλογία υγρών και αγωγιμότητα, μικρότερο μέγεθος και λεπτότερα κρανιακά οστά. Έτσι οι ιστοί του εγκεφάλου ενός παιδιού ηλικίας πέντε ετών απορροφούν διπλάσια ακτινοβολία σε σχέση με του ενήλικα, ενώ ο μυελός των οστών απορροφά δεκαπλάσια.

4.6.1: Χρήση των κινητών τηλεφώνων και η υγεία των παιδιών

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.), οι οδηγίες της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP) για το γενικό πληθυσμό, έχουν σχεδιαστεί ώστε να καλύπτουν όλες τις ομάδες του πληθυσμού, συμπεριλαμβανομένων και των παιδιών. Συγκεκριμένα, ο Π.Ο.Υ. αναφέρει: Η μέχρι σήμερα επιστημονική γνώση δεν υποδεικνύει την ανάγκη λήψης ειδικών προφυλάξεων για τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Όσοι ανησυχούν, μπορούν να επιλέξουν να μειώσουν την έκθεση των ιδίων ή των παιδιών τους, μειώνοντας τη διάρκεια των κλήσεων, ή / και χρησιμοποιώντας εξαρτήματα hands-free, ώστε να κρατούν τα κινητά τηλέφωνα σε απόσταση από το κεφάλι και το σώμα.

Μολονότι δεν έχουν τεκμηριωθεί δυσμενείς επιπτώσεις από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου από παιδιά, πολιτική των εταιριών είναι να μην απευθύνονται εμπορικά απευθείας στα παιδιά. Στο πλαίσιο αυτό, δεν προβαίνουν σε προσφορές για παιδιά και δεν εμπλέκεται σε προωθητικές ενέργειες σε σχολεία. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι τα κινητά τηλέφωνα μπορούν και όντως παρέχουν πλεονεκτήματα (οφέλη) που αφορούν στην προσωπική ασφάλεια των παιδιών, επιτρέποντας τη συνεχή επαφή με τους γονείς και την άμεση πρόσβαση σε βοήθεια σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Οι γονείς μπορούν να επιλέξουν την παροχή κινητού και την έκταση της χρήσης του από τα παιδιά τους, συνεκτιμώντας τα πλεονεκτήματα ασφάλειας και προστασίας που παρέχονται από το κινητό τηλέφωνο.

Παρ' όλα αυτά, τα παιδιά κάτω των 16 ετών, αποθαρρύνονται από την χρήση κινητών τηλεφώνων διότι: έως την ηλικία των 16 ετών περίπου, το νευρικό σύστημα του ανθρώπου αναπτύσσεται, με αποτέλεσμα τα άτομα αυτά να είναι πιθανό να είναι περισσότερο ευαίσθητα σε κάποιους παράγοντες απ' ότι αργότερα. Ακόμα τα άτομα μικρής ηλικίας, έχουν στατιστικά μεγαλύτερο χρόνο ζωής μπροστά τους απ' ότι οι μεγαλύτεροι και έτσι αν

υπάρχουν μακροχρόνιες επιδράσεις από την χρήση των κινητών τηλεφώνων, είναι πολύ πιο πιθανό να εκδηλωθούν σε κάποιον που ξεκινά την χρήση από νεαρή ηλικία παρά σε κάποιο μεγαλύτερο. Τέλος με νόμο, απαγορεύεται η εγκατάσταση σταθμών βάσεων κινητής τηλεφωνίας πάνω σε κτιριακές εγκαταστάσεις βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.

Πολλές ερευνητικές ομάδες συμβουλεύουν ότι τα παιδιά πρέπει να αποθαρρύνονται από τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Για παράδειγμα, η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου διένειμε φυλλάδια τα οποία περιείχαν αυτή την εισήγηση το Δεκέμβριο του 2000. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, η Ανεξάρτητη Ομάδα Εμπειρογνομόνων για τα Κινητά Τηλέφωνα (Independent Group of Experts on Mobile Phones – IEGMP) της Βρετανίας αναφέρει ότι παιδιά ηλικίας μικρότερης των 16 ετών πρέπει να αποθαρρύνονται από τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Το 2004, αυτό το όριο ηλικίας μειώθηκε στα 10 έτη, δίνοντας έμφαση στη χρήση των κινητών τηλεφώνων από παιδιά μόνο για τις απαραίτητες κλήσεις. Ωστόσο, επισημάνθηκε ότι δεν υπάρχει απόδειξη ότι η χρήση των κινητών τηλεφώνων μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του εγκεφάλου ή άλλα επιβλαβή αποτελέσματα.

Η εισήγηση για τον περιορισμό της χρήσης κινητών τηλεφώνων από τα παιδιά ήταν καθαρά προληπτική και δεν βασίστηκε σε επιστημονικά δεδομένα, παρά μόνο στο γεγονός ότι τα παιδιά διαθέτουν μικρότερο σε διαστάσεις κεφάλι και λεπτότερο κρανίο. Αυτοί οι παράγοντες, σε συνδυασμό με το αναπτυσσόμενο νευρικό σύστημα των παιδιών αλλά και την αναμενόμενη πλέον μακροχρόνια έκθεση του παιδιού-χρήστη σε σχέση με αυτήν ενός ενήλικου, θέτουν τα παιδιά σε μία ομάδα ιδιαίτερης ευαισθησίας.

4.7: Ομάδες αυξημένης ευαισθησίας

Αυξημένη ευαισθησία κατά την έκθεση σε μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να οφείλεται και σε ανεπαρκή θερμορυθμιστική λειτουργία ή σε παρουσία εμφυτευμένων ιατρικών συσκευών. Εμφυτευμένες μεταλλικές συσκευές έχουν ως αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της απορροφούμενης ισχύος, με συνέπεια τη θέρμανση των γύρω βιολογικών ιστών. Τέτοιες συσκευές είναι ορθοπεδικές μεταλλικές συσκευές, μεταλλικές καρδιακές βαλβίδες καθώς και εμφυτευμένα συστήματα χορήγησης φαρμάκων, όπως ινσουλίνης, που περιέχουν μεταλλικά μέρη. Για άλλες εμφυτευμένες συσκευές, όπως οι καρδιακοί βηματοδότες και τα κοχλιακά εμφυτεύματα, το κυριότερο πρόβλημα προκαλείται από φαινόμενα ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής. Σύμφωνα με μελέτη του ανεξάρτητου οργανισμού για την Έρευνα στις Ασύρματες Τεχνολογίες (Wireless Technology Research, WTR), μερικοί τύποι βηματοδοτών είναι ευαίσθητοι σε εξωτερικά

ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Για το λόγο αυτό, άτομα που φέρουν εμφυτευμένο βηματοδότη, πρέπει να κρατούν το φορητό τηλέφωνο, ακόμη και όταν βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, σε απόσταση τουλάχιστον 15 cm από το βηματοδότη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Έρευνα

5.1: Νομοθετικό πλαίσιο ακτινοβολούμενης Η/Μ ισχύος

Τα όρια της Η/Μ ακτινοβολίας σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία αντιστοιχούν στο 70% των τιμών οι οποίες περιγράφονται στους παρακάτω πίνακες.

Περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Ζώνη Συχνοτήτων	Μαγνητική επαγωγή	Πυκνότητα ρεύματος	Μέσος όρος ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (άκρα)	Πυκνότητα ισχύος
0 Hz	40	-	-	-	-	-
>0-1 Hz	-	8	-	-	-	-
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	-
1 kHz - 100kHz	-	f/500	-	-	-	-
100 kHz- 10MHz	-	f/500	0.08	2	4	-
10 MHz – 10GHz	-	-	0.08	2	4	-
10–300 GHz	-	-	-	-	-	10

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου-E (V/m)	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου-H(A/m)	Μαγνητικής επαγωγή πεδίου- B (μT)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος Seq (W/m2)
0-1 Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1-8 Hz	10.000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$3.2 \times 10^4/f^2$	-
8-25 HZ	10.000	4.000/f	5.000/f	-
0.025-0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-

0.8-3 kHz	250/f	5	6.25	-
3-150 kHz	87	5	6.25	-
0.15-1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1-10 MHz	87/√f	0.73/f	0.92/f	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000MHz	1.375/√f	0.0037√f	0.0046√f	f/200
2-300 GHz	61	0.16	0.20	10

Δεν ορίζεται τιμή πεδίου E για συχνότητες <1 Hz, που είναι στην πραγματικότητα στατικά ηλεκτρικά πεδία. Για τους περισσότερους ανθρώπους, η ενοχλητική αίσθηση επιφανειακών ηλεκτρικών φορτίσεων δεν γίνεται αντιληπτή σε πεδία με ένταση μικρότερη από 25 kV/m. Πρέπει να αποφεύγονται οι εκνευριστικές ή ενοχλητικές εκκενώσεις σπινθήρων. Για τις τιμές αιχμής ισχύουν τα ακόλουθα επίπεδα αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E (V/m), την ένταση του μαγνητικού πεδίου H (A/m) και την μαγνητική επαγωγή B (μ/T).

5.2: Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου

Οι μετρήσεις έγιναν στα κτίρια Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών καθώς επίσης και στο κτίριο των εργαστηρίων του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών. Αντίστοιχες μετρήσεις έγιναν στο κτίριο της Βιβλιοθήκης, στο πρώτο και δεύτερο κτίριο του τμήματος Γεωπονικής, στο πρώτο και δεύτερο κτίριο του τμήματος Λαϊκής και Παραδοσιακής Μουσικής καθώς επίσης και στο κτίριο της Φοιτητικής Μέριμνας.

Η λήψη των μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν με το όργανο Taoma TS/004/EHF. Το Taoma αποτελεί την αιχμή της τεχνολογίας στις περιβαλλοντικές μετρήσεις. Είναι μια πλατφόρμα λειτουργίας για διαφορετικές εφαρμογές οι οποίες είναι επιπροσθέτως μακροπρόθεσμα αναβαθμιζόμενες. Το Taoma είναι μια νέα φιλοσοφία μέτρησης για την τεχνολογία περιβάλλοντος. Στην πραγματικότητα επιτρέπει την λειτουργία στο περιβάλλον για την λήψη τιμών των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μαζί με δεδομένα για την θερμοκρασία και την υγρασία την στιγμή της λήψης καθώς και με δεδομένα GPS για την περιοχή.

Άλλα χαρακτηριστικά του οργάνου είναι:

- μέτρηση επιπλέον παραμέτρων με επιπρόσθετο αισθητήρα.
- διαχείριση λειτουργικού συνδεδεμένου στο δίκτυο το οποίο επιτρέπει την λήψη αναφοράς για τις μετρήσεις στην περιοχή.
- αποστολή της πλήρους αναφοράς μέσω GPRS.

Η διαθεσιμότητα μεγάλου αριθμού interfaces κάνει εύκολη την χρήση του Taoma ακόμα και σε ένα γραφείο. Στην πραγματικότητα οι υπάρχουσες θύρες USB επιτρέπουν την χρήση ποντικιού ή/και εξωτερικού πληκτρολογίου για την επεξεργασία κειμένων και αναφορών που εμπεριέχονται στις αναφορές οι οποίες έχουν ήδη αποθηκευτεί.

Η κεντρική λειτουργία του Taoma είναι να μετρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε ευρεία ζώνη. Το σύστημα μπορεί να χειριστεί διαφορετικά probes ανάλογα με τις μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν (μαγνητική επαγωγή, μαγνητικό πεδίο και ηλεκτρικό πεδίο) και ανάλογα με τις αντίστοιχες περιοχές συχνότητων. Η πρότυπη παραμετροποίηση του Taoma επιτρέπει μετρήσεις ευρείας ζώνης σε χαμηλές και υψηλές συχνότητες και επιλεκτική μέτρηση σε χαμηλές συχνότητες. Σε συχνότητες πάνω από 100kHz, το Taoma είναι ικανό να χρησιμοποιήσει διαφορετικά probes για ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο ώστε να διενεργήσει μετρήσεις ευρείας ζώνης μέχρι και πολύ υψηλές συχνότητες. Για μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου (E), το εύρος συχνότητων είναι από 100KHz έως 6GHz. Ο αισθητήρας για την μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου (στην περιοχή συχνότητων από 100kHz έως 6GHz) δίνει πολύ μεγάλες επιδόσεις: στην πραγματικότητα είναι ικανό να μετρά την συνεισφορά των πηγών τηλεπικοινωνιών και εκπομπής συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών wifi

Αισθητήρας Ηλεκτρικού πεδίου (TS/004/EHF)	
Μέτρηση	Ισοτροπική και σε ένα άξονα
Εύρος συχνότητων	100kHz – 6GHz
Εύρος μέτρησης	0.2V/m – 300V/m
Ανάλυση	0.01V/m
Σφάλμα γραμμικότητας	± 0.5dB (1V/m – 200 V/m)
Σφάλμα απόκρισης συχνότητας	±(1MHz - 1 GHz), ±1.2dB (1GHz - 3GHz), ±2dB (3GHz - 6GHz)
Ισοτροπικό σφάλμα	±0.5dB

5.2.1: Πίνακες μετρήσεων

Πίνακας μετρήσεων κτιρίου εργαστηρίων τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
1	0.13	0.07	0.09	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.16	0.06	0.13	0.06	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.16	0.06	0.13	0.06	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.12	0.05	0.08	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.14	0.07	0.10	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.15	0.06	0.11	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.15	0.06	0.11	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.15	0.06	0.11	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.14	0.07	0.10	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
	0.14	0.07	0.10	0.07	39° 7'14.91"N 20°56'46.78"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
2	0.12	0.08	0.06	0.06	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.12	0.07	0.09	0.05	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.12	0.06	0.10	0.04	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.12	0.06	0.10	0.04	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.12	0.08	0.08	0.06	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.10	0.07	0.06	0.04	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.14	0.07	0.10	0.06	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E

	0.13	0.08	0.08	0.06	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
	0.13	0.08	0.08	0.06	39° 7'14.59"N 20°56'46.11"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
3	0.24	0.21	0.08	0.07	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.24	0.21	0.08	0.07	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.24	0.21	0.08	0.07	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.12	0.07	0.08	0.07	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.16	0.06	0.12	0.07	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.11	0.06	0.07	0.07	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.15	0.05	0.13	0.06	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.15	0.05	0.13	0.06	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.09	0.07	0.00	0.06	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E
	0.09	0.07	0.00	0.06	39° 7'14.96"N 20°56'47.00"E

Πίνακας μετρήσεων κτιρίου Πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
4	0.15	0.14	0.03	0.03	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.15	0.15	0.02	0.03	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.15	0.14	0.05	0.02	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.15	0.14	0.05	0.02	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.15	0.14	0.05	0.02	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.30	0.29	0.00	0.05	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.25	0.17	0.12	0.14	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.25	0.17	0.12	0.14	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.25	0.17	0.12	0.14	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
	0.20	0.16	0.08	0.08	39° 7'13.90"N 20°56'45.22"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
5	0.26	0.14	0.19	0.10	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.26	0.15	0.19	0.08	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.26	0.15	0.19	0.08	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.25	0.15	0.18	0.08	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.25	0.15	0.18	0.08	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.25	0.15	0.18	0.08	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.24	0.15	0.18	0.08	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.08	0.06	0.02	0.06	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.15	0.06	0.13	0.05	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E
	0.22	0.05	0.20	0.07	39° 7'13.42"N 20°56'45.12"E

Πίνακας μετρήσεων κτιρίου Βιβλιοθήκης

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
6	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.10	0.06	0.07	0.05	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.10	0.06	0.07	0.05	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.10	0.06	0.07	0.05	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.13	0.07	0.09	0.07	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.12	0.07	0.08	0.05	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.12	0.06	0.08	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
	0.10	0.06	0.05	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.61"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
7	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.13	0.07	0.09	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.12	0.07	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.12	0.07	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.12	0.07	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.12	0.07	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.11	0.06	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.11	0.06	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E
	0.11	0.06	0.07	0.06	39° 7'17.32"N 20°56'45.58"E

Πίνακας μετρήσεων κτιρίου Γεωπονικής

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
8	0.20	0.06	0.18	0.04	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.20	0.06	0.18	0.04	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.04	0.18	0.08	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.04	0.18	0.08	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.04	0.18	0.08	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.20	0.05	0.17	0.09	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.06	0.18	0.08	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.05	0.18	0.09	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.05	0.18	0.07	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
	0.21	0.05	0.18	0.07	39° 7'17.59"N 20°56'44.59"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
9	0.20	0.05	0.17	0.10	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.05	0.18	0.06	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.05	0.18	0.04	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.05	0.18	0.04	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.05	0.18	0.04	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.04	0.18	0.06	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.04	0.18	0.06	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.04	0.18	0.06	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.04	0.18	0.05	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E
	0.19	0.04	0.18	0.05	39° 7'17.23"N 20°56'44.41"E

Πίνακας μετρήσεων δεύτερου κτιρίου Γεωπονικής

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
10	0.25	0.15	0.17	0.09	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.25	0.15	0.17	0.09	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.25	0.15	0.17	0.09	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.20	0.05	0.17	0.08	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.20	0.05	0.17	0.08	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.20	0.05	0.17	0.08	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.26	0.15	0.19	0.09	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.26	0.15	0.19	0.09	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.24	0.15	0.17	0.08	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
	0.24	0.15	0.17	0.08	39° 7'19.71"N 20°56'45.45"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
11	0.21	0.05	0.19	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.21	0.05	0.19	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.20	0.05	0.18	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.20	0.05	0.18	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.20	0.05	0.18	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.19	0.05	0.18	0.05	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.21	0.06	0.19	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.21	0.05	0.18	0.09	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.20	0.05	0.17	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E
	0.20	0.05	0.17	0.08	39° 7'19.46"N 20°56'45.43"E

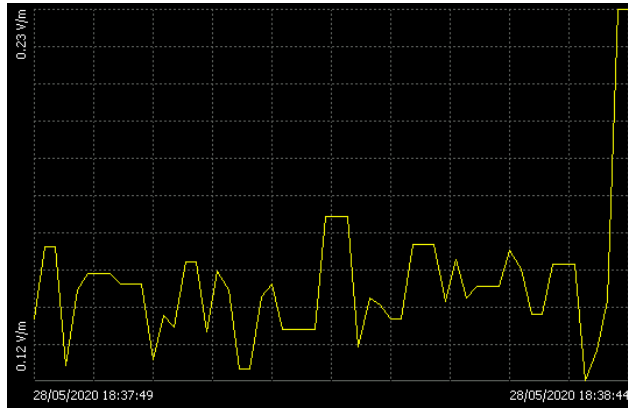
Πίνακας μετρήσεων κτιρίου Λαϊκής και Παραδοσιακής Μουσικής

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
12	0.19	0.05	0.18	0.05	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.18	0.05	0.17	0.04	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.20	0.05	0.18	0.06	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.19	0.05	0.17	0.05	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.19	0.05	0.17	0.05	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.19	0.05	0.17	0.05	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.19	0.05	0.17	0.05	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.20	0.04	0.18	0.06	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.20	0.04	0.18	0.06	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
	0.20	0.04	0.18	0.06	39° 7'19.33"N 20°56'45.62"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
13	0.11	0.06	0.08	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.06	0.08	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.06	0.08	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.12	0.05	0.09	0.06	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.13	0.05	0.10	0.05	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.06	0.09	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.06	0.09	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.06	0.09	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.05	0.08	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E
	0.11	0.05	0.08	0.04	39° 7'19.18"N 20°56'45.37"E

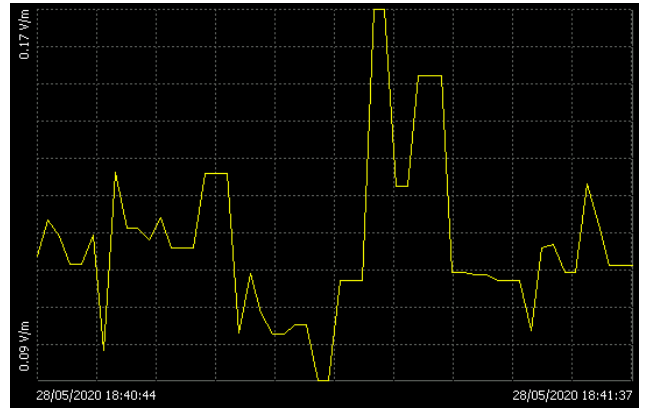
**Πίνακας μετρήσεων κτιρίου Φοιτητικής Μέριμνας- δεύτερου κτιρίου Λαϊκής και
Παραδοσιακής Μουσικής**

A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
14	0.13	0.08	0.09	0.04	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.12	0.09	0.07	0.03	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.13	0.09	0.08	0.04	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.13	0.09	0.08	0.04	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.12	0.09	0.06	0.05	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.12	0.09	0.06	0.05	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.12	0.09	0.06	0.05	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.10	0.09	0.04	0.03	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.13	0.09	0.08	0.03	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
	0.14	0.11	0.09	0.03	39° 7'19.52"N 20°56'45.46"E
A/A	ISO (V/m)	Ex (V/m)	Ey (V/m)	Ez (V/m)	Στίγμα
15	0.15	0.10	0.11	0.04	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.15	0.10	0.11	0.04	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.15	0.10	0.10	0.05	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.15	0.10	0.10	0.05	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.15	0.10	0.10	0.05	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.08	0.07	0.00	0.05	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.10	0.06	0.08	0.02	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.08	0.06	0.03	0.05	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.11	0.06	0.08	0.04	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E
	0.11	0.06	0.08	0.04	39° 7'19.50"N 20°56'45.48"E

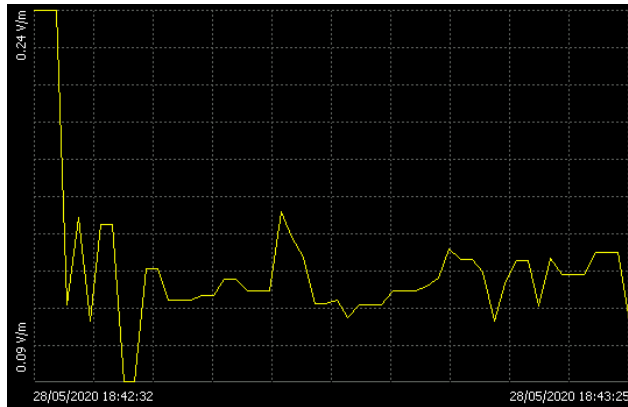
5.2.2: Διαγράμματα μετρήσεων



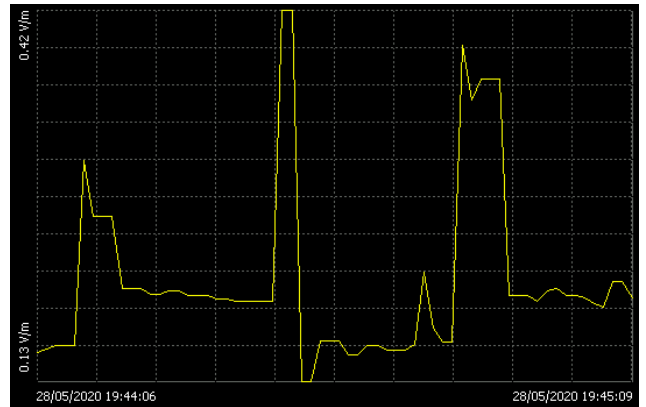
Μέτρηση 1: Αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,23 V/m.



Μέτρηση 2: Αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,17 V/m.



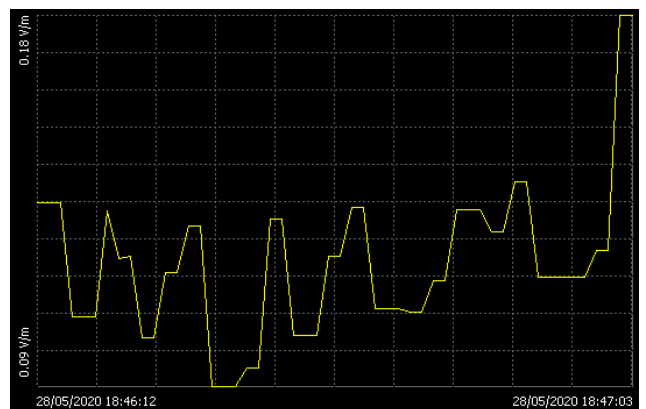
Μέτρηση 3: Αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,24 V/m.



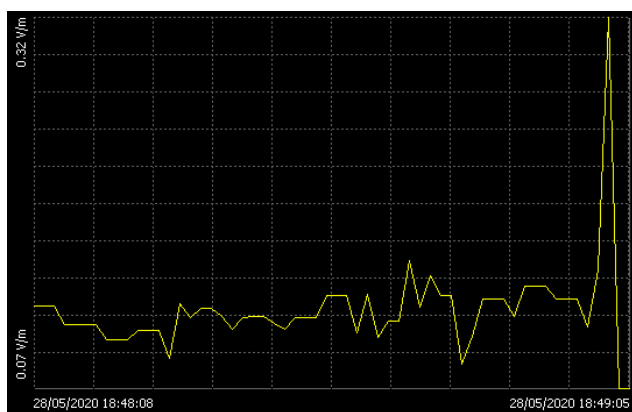
Μέτρηση 4: Αστάθεια με ομαλές μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,42 V/m.



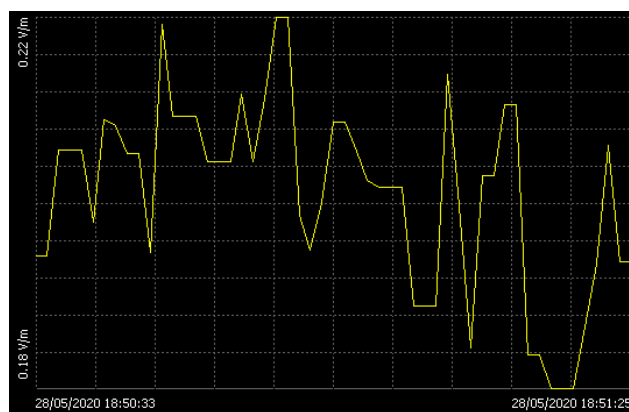
Μέτρηση 5: Αστάθεια με ομαλές μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,45 V/m.



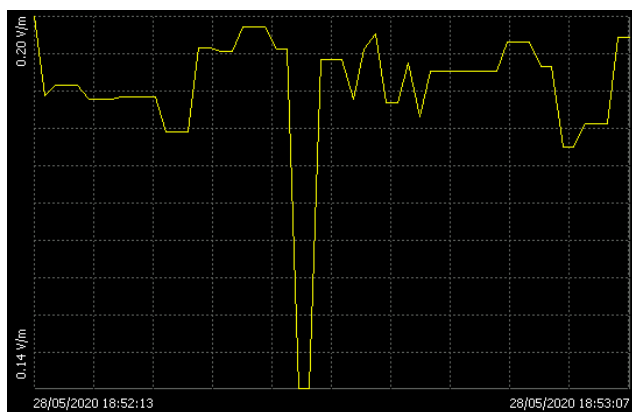
Μέτρηση 6: Αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,18 V/m.



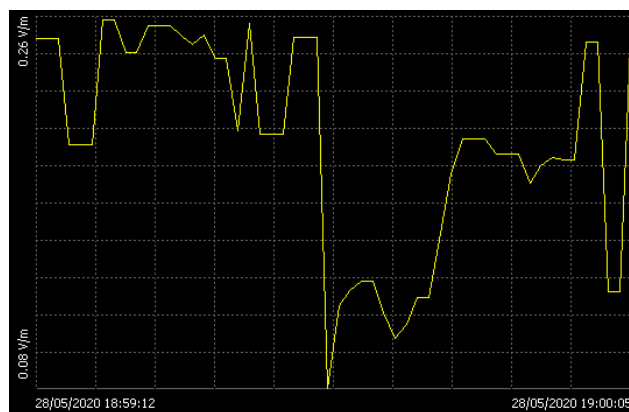
Μέτρηση 7: Αστάθεια με ομαλές μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,32 V/m.



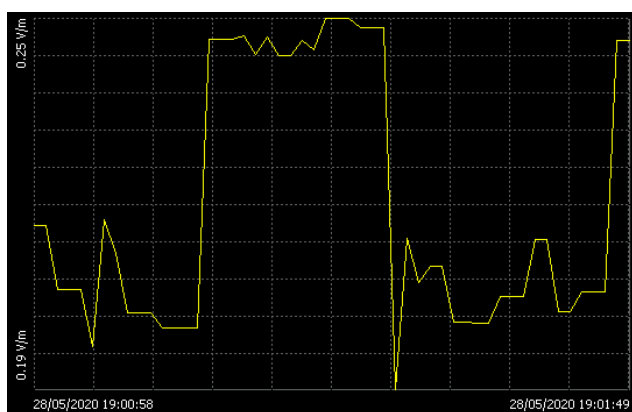
Μέτρηση 8: Αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,22 V/m.



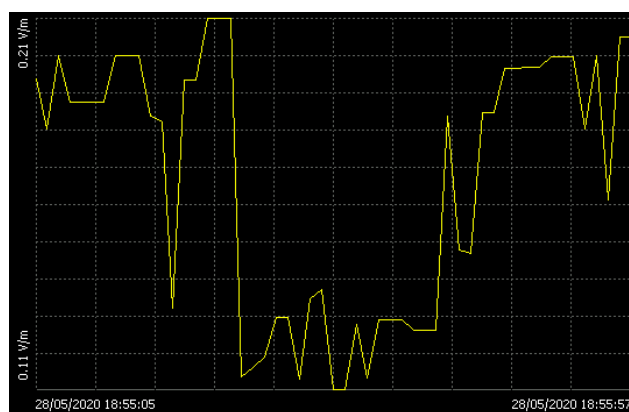
Μέτρηση 9: Μεγάλη αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,20 V/m.



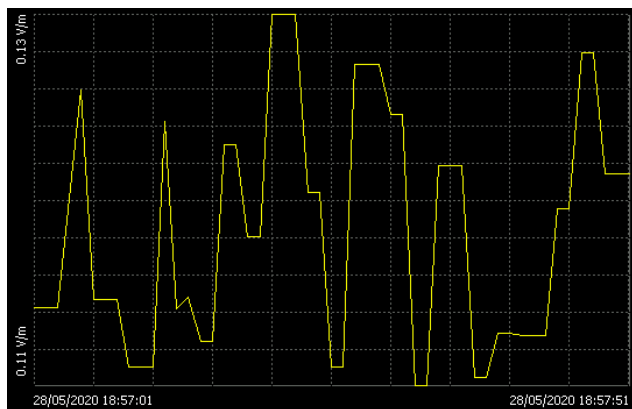
Μέτρηση 10: Μεγάλη αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,26 V/m.



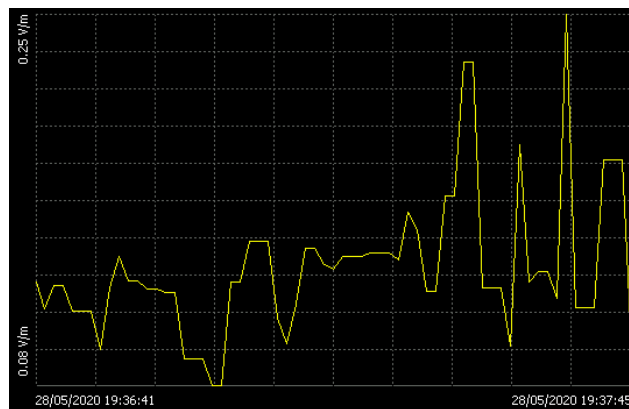
Μέτρηση 11: Μεγάλη αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,25 V/m.



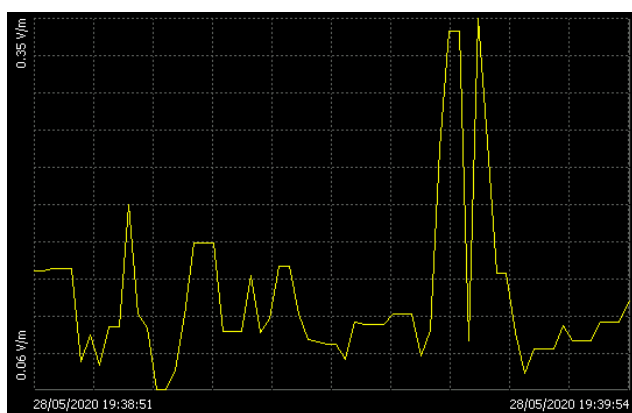
Μέτρηση 12: Μεγάλη αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,21 V/m.



Μέτρηση 13: Μεγάλη αστάθεια με σημαντικές μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,19 V/m.



Μέτρηση 14: Μεγάλη αστάθεια με σημαντικές μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,25 V/m.



Μέτρηση 15: Μεγάλη αστάθεια με έντονες μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και μέγιστο στο 0,35 V/m.

5.3: Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε ως στόχο την μέτρηση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου κινητής τηλεφωνίας στον χώρο του πανεπιστημίου που εκπέμπεται από κεραιές κινητής τηλεφωνίας προκειμένου να ληφθούν μέτρα προφύλαξης εφόσον είναι απαραίτητο. Σε όλους τους χώρους του πανεπιστημίου που έγιναν μετρήσεις παρατηρήθηκε μεγάλη αστάθεια με ομαλές αλλά και έντονες μεταβολές ηλεκτρικού πεδίου. Σε κανένα σημείο μέτρησης δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση των ορίων των οποίων ορίζει η νομοθεσία. Η υψηλότερη τιμή του μαγνητικού πεδίου η οποία παρατηρήθηκε στο κτίριο Πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών είχε μέγιστη τιμή 0,45 V/m η οποία είναι αρκετά χαμηλότερη του ορίου που θέτει ο νόμος.

Οι πιο υψηλές τιμές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μετρούνται αποκλειστικά σε χώρους που συνιστούν πάγκα κεραιών και βρίσκονται εκτός οικιστικού ιστού (συνήθως σε υπώματα εκτός πόλεων), στους οποίους υπάρχει μεγάλος αριθμός και πυκνότητα εγκατεστημένων κεραιών όλων των ειδών (όπως διατάξεις ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών, διατάξεις ραντάρ, κ.α.). Το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας που δεχόμαστε οφείλεται στις νέου τύπου ασύρματες ακτινοβολίες από τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας, τα κινητά τηλέφωνα, τις βάσεις των ασύρματων τηλεφώνων και τα ασύρματα μόντεμ, οι οποίες έχουν κυματομορφή με περιοδικούς παλμούς υψηλής έντασης.

Θα περίμενε κανείς σε έναν χώρο μεγάλης συγκέντρωσης και χρήσης κινητών τηλεφώνων όπως είναι ο χώρος συγκέντρωσης νέων ανθρώπων (στην συγκεκριμένη περίπτωση φοιτητών) να έχουμε και μεγάλες τιμές στο ηλεκτρικό πεδίο, δεν συμβαίνει όμως κάτι τέτοιο στην συγκεκριμένη περίπτωση. Οι μετρήσεις ήταν αρκετές και σε ποικίλους χώρους ώστε να μπορούσε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα και να αποδείξουμε και με στοιχεία την χαμηλή ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον πανεπιστημιακό χώρο.

Φαίνεται λοιπόν ότι παρόλο γίνεται συχνή χρήση κινητού τηλεφώνου από τους φοιτητές στον χώρο του πανεπιστημίου δεν είναι σε τέτοιο βαθμό ώστε να αυξάνει επικίνδυνα την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και μάλιστα να βρίσκεται πολύ κάτω του νομοθετημένου ορίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. ΕΕΤΤ (2006). *Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και κινητή τηλεφωνία-Τα επιστημονικά δεδομένα*.
2. Λιολιούσης, Κ. (1997), *Βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας*, (Αθήνα: Δίαυλος).
3. Λιολιούσης, Κ. (2009), *Κινητό τηλέφωνο και υγεία*, (Αθήνα: Δίαυλος).
4. Νικολόπουλος, Τ. (2000), «*Οι Αρχές του Κοινοτικού Δικαίου Περιβάλλοντος*», Νόμος + Φύση. Ανακτήθηκε από: <https://nomosphysis.org.gr/7034/oi-arxes-tou-koinotikou-dikaiou-periballontos-noembrios-2000/>

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). *Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)"*, 2009.
2. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz*, IEEE Std C95.1, 2005.