

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΟΥΤΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Μ. 6779)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΑΒΑΝΗΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2020**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει ως αντικείμενο τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η μελέτη και παρουσίαση των επιπτώσεων που έχει στον άνθρωπο η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και κύματα.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αραβανή για τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Τσούτσης Γεώργιος  
Σεπτέμβριος 2020

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής  
Τσούτσης Γεώργιος

.....

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει σαν θέμα τη μελέτη των βιολογικών επιπτώσεων που έχει η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικές έννοιες από τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στους μηχανισμούς με τους οποίους επιδρούν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στον ανθρώπινο οργανισμό.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα όρια επικινδυνότητας που έχουν θεσπιστεί από διάφορους Διεθνείς Οργανισμούς.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επιδράσεις των καλωδίων υψηλής τάσης.

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στις ακτινοβολίες που δεχόμαστε από τις διάφορες ηλεκτρικές οικιακές συσκευές.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία για την ακτινοβολία κεραιών διαφόρων ειδών.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία για τις ασύρματες συσκευές επικοινωνίας όπως το κινητό και το ασύρματο τηλέφωνο.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται μετρήσεις της ακτινοβολίας κεραιών που βρίσκονται κοντά στις εγκαταστάσεις του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας στην Πάτρα.

Τέλος στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία αυτή.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
<b>1. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ</b>	
1.1 Γενικά.....	2
1.2 Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα.....	2
1.3 Ιοντίζουσες και Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες.....	4
1.4 Φυσικά Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία.....	7
<b>2. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ</b>	
2.1 Θερμικός Μηχανισμός.....	10
2.2 Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία στο Εσωτερικό του Ανθρώπινου Οργανισμού.....	11
2.3 Η Λειτουργία του Εγκεφάλου.....	12
2.4 Η Μελαντονίνη.....	15
<b>3. ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ</b>	
3.1 Γενικά.....	17
3.2 Όρια Επικινδυνότητας για τις Συχνότητες RF με Βάση τις Θερμικές Μόνο Επιδράσεις.....	17

3.3 Όρια Επικινδυνότητας για τις Συχνότητες RF με Βάση και τις Αθερμικές Επιδράσεις .....	22
3.4 Όρια Επικινδυνότητας για τη Συχνότητα του δικτύου Διανομής της Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	23
3.5 Όρια Επικινδυνότητας για Στατικά Πεδία.....	24
3.6 Κριτική των Ορίων Επικινδυνότητας.....	25
3.7 Γενικά Αποδεκτές Βιολογικές Επιδράσεις των Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων.....	27
3.7.1 Καταρρακτογένεση από Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία.....	27
3.7.2 Μικροκυματικά Ακούσματα.....	28
3.7.3 Επίδραση στους Καρδιακούς Βηματοδότες.....	29
<b>4. ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ</b>	
4.1 Γενικά.....	31
4.2 Ηλεκτρικό και Μαγνητικό Πεδίο.....	31
4.3 Πρόσθετοι Πιθανοί Μηχανισμοί.....	34
<b>5. ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ</b>	
5.1 Γενικά.....	36
5.2 Τηλεοράσεις και Οθόνες Υπολογιστών.....	36
5.3 Οικιακές Ηλεκτρικές Συσκευές.....	41
5.4 Φορητοί Πομποί VHF.....	42
<b>6. ΚΕΡΑΙΕΣ</b>	
6.1 Γενικά.....	43
6.2 Ακτινοβολία Κεραιών.....	43
6.3 Εγγύς και Μακρινό Πεδίο.....	44
6.4 Ραντάρ Στρατιωτικών Εγκαταστάσεων.....	46
6.4.1 Ραντάρ Έρευνας.....	46
6.4.2 Ραντάρ Επιτήρησης Στρατηγικών Χώρων.....	47
6.5 Ραντάρ Πολιτικών Αεροδρομίων.....	48
6.6 Άλλα Είδη Ραντάρ.....	49
6.7 Κεραίες Δορυφορικών Επικοινωνιών.....	50
6.8 Κεραίες Ραδιοφωνίας και Τηλεόρασης.....	50

<b>7. ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ</b>	
7.1 Γενικά.....	51
7.2 Κινητά Τηλέφωνα.....	52
7.3 Ασύρματα Τηλέφωνα.....	52
7.4 Σταθμοί Βάσης Κινητής Τηλεφωνίας.....	53
7.5 Δίκτυα Υπολογιστών Wi-Fi.....	54
7.6 Έξυπνοι Μετρητές.....	55
7.7 Συστήματα Ενδοεπικοινωνίας για Μωρά.....	57
7.8 Σύγκριση των Ασύρματων Συσκευών Επικοινωνίας.....	57
7.9 Πιθανές Επιπτώσεις στην Υγεία.....	59
7.9.1 Ανάπτυξη Καρκίνου.....	59
7.9.2 Αναπαραγωγικό Σύστημα.....	60
7.9.3 Ανάπτυξη των Παιδιών.....	61
7.9.4 Συμπτώματα.....	62
<b>8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b>	
8.1 Γενικά.....	64
8.2 Αποτελέσματα Μετρήσεων σε Κεραίες πλησίον του ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.....	66
<b>9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	
	78
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	
	79

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι σύγχρονες εξελίξεις στο θέμα των βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα αν σκεφτούμε ότι ζούμε σε ένα περιβάλλον ηλεκτρομαγνητικά βεβαρημένο. Η επιβάρυνση αυτή μάλιστα συνεχώς αυξάνεται λόγω της αλματώδους ανάπτυξης της τεχνολογίας.

Οι επιστήμονες είναι διχασμένοι γιατί δεν υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις σχετικά με την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στους ζωντανούς οργανισμούς. Υπάρχουν μόνο ενδείξεις που βασίζονται κυρίως σε στατιστικές-επιδημιολογικές μελέτες. Με τη μέθοδο αυτή ερευνάται το ιατρικό ιστορικό ενός δείγματος του πληθυσμού που κατοικεί ή εργάζεται σε χώρους βεβαρημένους ηλεκτρομαγνητικά και η συχνότητα των ασθενειών στα άτομα του δείγματος συγκρίνεται με εκείνη ενός άλλου ανάλογου δείγματος που δραστηριοποιείται σε χώρους πιο καθαρούς από ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Επίσης, αν και έχουν προταθεί κάποιοι μηχανισμοί μέσω των οποίων τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία επιδρούν στους βιολογικούς ιστούς, δεν είναι οριστικά κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο συμβαίνει αυτή η επίδραση.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και όλα τα δεδομένα σχετικά με την εκπομπή από αυτές. Ενδεικτικά παρουσιάζονται μετρήσεις, που έχουν πραγματοποιηθεί από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, πέντε κεραιών που βρίσκονται στην περιοχή γύρω από τις εγκαταστάσεις του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας στην Πάτρα.



# 1. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ

## 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

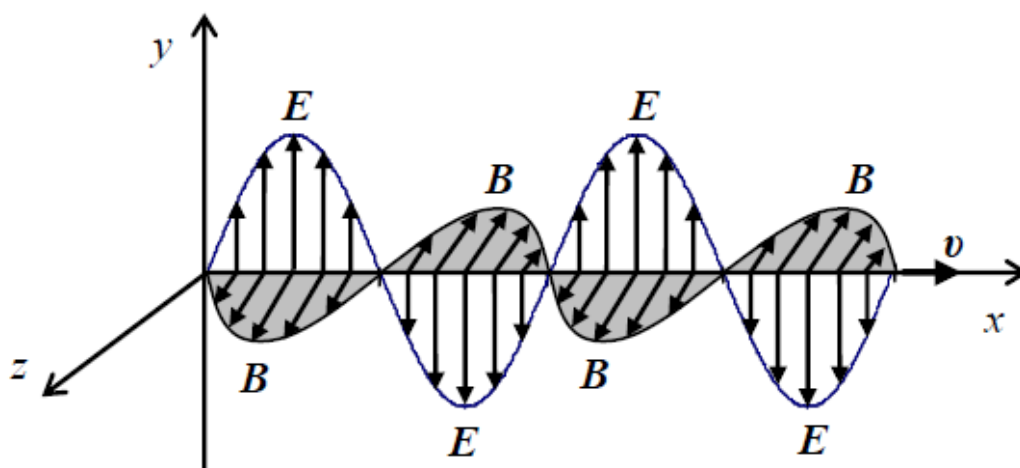
Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία. Αντίστοιχα μαγνητικό πεδίο είναι ο χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα και μόνιμους (φυσικούς) μαγνήτες. Η ισχύς των πεδίων αυτών σε ένα σημείο περιγράφεται ποσοτικά από τα αντίστοιχα διανύσματα έντασης,  $\vec{E}$  και  $\vec{B}$ . Καθένα από τα πεδία αυτά ονομάζεται στατικό αν το διάνυσμα της αντίστοιχης έντασης παραμένει χρονικά σταθερό και μεταβαλλόμενο αν η έντασή του μεταβάλλεται με το χρόνο. Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) το  $E$  μετράται σε V/m και το  $B$  σε Tesla (T).

Έως τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα οι φυσικοί πίστευαν ότι τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Ένα ιστορικό πείραμα του Δανού φυσικού Oersted το 1820 έδειξε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα ολοκληρώθηκε ενοποίηση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου ώστε σήμερα να μιλάμε πλέον για Ηλεκτρομαγνητισμό. Γνωρίζουμε πλέον ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο και δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο ακριβώς όπως και οι φυσικοί μαγνήτες. Στην πραγματικότητα η ύπαρξη στοιχειωδών ηλεκτρικών ρευμάτων μέσα στους λεγόμενους φυσικούς μαγνήτες είναι υπεύθυνη για τις μαγνητικές τους ιδιότητες.

## 1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Ταλαντούμενα ηλεκτρικά φορτία παράγουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία είναι μεταβολές του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου

στο χώρο και στο χρόνο. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από τις συνήθεις ηλεκτρονικές διατάξεις διαδίδονται κατά επίπεδα μέτωπα και είναι αρμονικά, δηλαδή, η ένταση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλονται τοπικά και χρονικά σύμφωνα με το νόμο του ημιτόνου. Επιπλέον, στα επίπεδα κύματα το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετα μεταξύ τους και συμφασικά, δηλαδή παίρνουν συγχρόνως τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή τους (σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 Διάδοση αρμονικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος κατά την  $x$  κατεύθυνση με ταχύτητα  $v$ . Οι εντάσεις των πεδίων  $E$  και  $B$  σε κάθε σημείο του χώρου μεταβάλλονται αρμονικά. Το ηλεκτρικό πεδίο  $E$  είναι πάντα κάθετο στο μαγνητικό πεδίο  $B$ . Τα διανύσματα των εντάσεων και των δύο πεδίων είναι κάθετα στην ταχύτητα  $v$  και την κατεύθυνση διάδοσης [2].

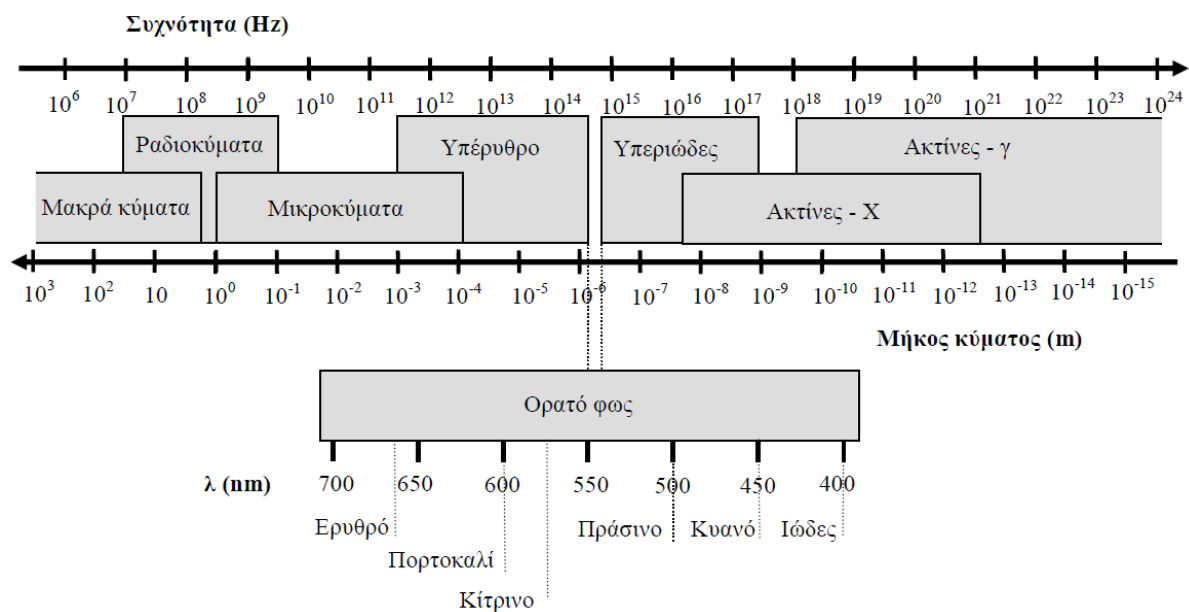
Η απόσταση μέσα στην οποία τα  $E$  και  $B$  συμπληρώνουν μια πλήρη εναλλαγή λέγεται μήκος κύματος,  $\lambda$ . ενώ ο αριθμός των πλήρων εναλλαγών ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται συχνότητα,  $f$ , του κύματος. Το μήκος κύματος και η συχνότητα συνδέονται με τη λεγόμενη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής:

$$v = \lambda \cdot f \quad (1.1)$$

όπου  $v$  είναι η ταχύτητα του φωτός, η οποία στο κενό έχει την τιμή  $v=300000 \text{ km/s}$ .

Για παράδειγμα η συχνότητα του δικτύου της ΔΕΗ είναι 50 κύκλοι ανά δευτερόλεπτο ή  $f=50\text{Hz}$ , δηλαδή το ηλεκτρικό πεδίο αλλάζει πολικότητα 50 φορές ανά δευτερόλεπτο, ενώ το μήκος κύματος είναι 6000km.

Στο σχήμα 1.2 φαίνεται το λεγόμενο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, δηλαδή το εύρος των συχνοτήτων (ή ισοδύναμα των μηκών κύματος) που καλύπτουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και οι επιμέρους ζώνες στις οποίες χωρίζεται το εύρος αυτό.



Σχήμα 1.2 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα βάσει του μήκους κύματος και της συχνότητας. Τα όρια μεταξύ των διαφόρων περιοχών του φάσματος δεν είναι σαφή. Η περιοχή του ορατού φωτός απαρτίζεται από τα γνωστά μας χρώματα τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές του μήκους κύματος [2].

### 1.3 ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Σύμφωνα με τη σύγχρονη Φυσική, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εκτός της κυματικής φύσης, παρουσιάζει και σωματιδιακές ιδιότητες. Η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διαδίδεται σε

«πακέτα» τα λεγόμενα φωτόνια τα οποία είναι σωματίδια χωρίς μάζα. Η ενέργεια κάθε φωτονίου είναι:

$$E_{\phi} = h \cdot f \quad (1.2)$$

όπου  $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  είναι η σταθερά του Plank.

Είναι προφανές ότι η έννοια του φωτονίου έχει σημασία κυρίως για τις ακτινοβολίες μεγάλης συχνότητας και συνεπώς μεγάλης ενέργειας. Το ποσό της ενέργειας που μεταφέρει η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη. Γι' αυτό το λόγο ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διακρίνεται βάσει της ενέργειας, ή αλλιώς της συχνότητας, σε ιοντίζουσα και μη-ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Ιοντίζουσες ακτινοβολίες (ionizing radiation) ονομάζουμε τις ακτινοβολίες που έχουν αρκετά μεγάλη ενέργεια, ώστε να μπορούν να ιοντίσουν την ύλη. Έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να μεταφέρουν αρκετή ενέργεια στα ηλεκτρόνια των ατόμων της ύλης και να τα αναγκάσουν να απομακρυνθούν από τα άτομα. Τα άτομα τότε μετατρέπονται σε θετικά ιόντα. Ιοντίζουσες είναι οι γνωστές σωματιδιακές ακτινοβολίες  $\alpha$ ,  $\beta$  και νετρόνια. Ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες (φωτόνια) είναι, κατά κύριο λόγο, οι ακτινοβολίες X και  $\gamma$  καθώς και ένα μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Μη ιοντίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει σχετικά μικρή ενέργεια η οποία δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει άμεσα ιοντισμό των ατόμων κατά την αλληλεπίδραση της με την ύλη. Είναι όμως ικανή να προκαλέσει ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα, άλλοτε ευεργετικές και άλλοτε επιβλαβείς για τη λειτουργία τους. Μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες καλούμε, συνήθως, την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μικρή σχετικά ενέργεια, όπως είναι η ορατή ακτινοβολία, η υπέρυθη, η υπεριώδης (κατά το μεγαλύτερο μέρος), τα μικροκύματα και τα ραδιοκύματα. Οι περιοχές συχνοτήτων της μη ιοντίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καθώς και οι πηγές τους φαίνονται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1 Περιοχές συχνοτήτων και πηγές εκπομπής της μη ιοντίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1]

ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (E.L.F.)	0-300Hz	>1000Km	Γραμμές Ηλ. Ενέργειας. Ακουστικές συχνότητες. Υποβρύχιες Επικοινωνίες.
ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (VF)	0,3-3KHz	1000-100Km	Φωνή, ακουστικές συχνότητες.
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (VLF)	3-30kHz	100-10Km	Ακουστικές συχνότητες.
ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (LF)	30-300KHz	10-1Km	Ραδιοεπικοινωνία Ναυσιπλοΐας. Επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων.
ΜΕΣΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (MF)	0,3-3MHz	1-0,1Km	Ραδιοεπικοινωνία ναυσιπλοΐας, ερασιτεχνικοί ραδιοσταθμοί.
ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (HF)	3-30MHz	100-10m	Ερασιτεχνικοί σταθμοί διεθνείς επικοινωνίες, έλεγχος αεροπλοΐας.
ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (VHF)	30-300MHz	10-1m	Αστυνομία, σταθμοί FM VHF-TV, Έλεγχος αεροπλοΐας και ναυσιπλοΐας.
ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (UHF)	0,3-3GHz	1-0,1m	Επικοινωνία ταξί, Αστυνομία, UHF-TV, φούρνοι μικροκυμάτων, ιατρική διαθερμία, βιομηχανικά μικροκύματα.
ΥΠΕΡ-ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (SHF)	3-30GHz	10-1cm	PANTAP, δορυφορικές επικοινωνίες.
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (EHF)	30-300GHz	1-0,1cm	PANTAP, δορυφορικές επικοινωνίες, ραδιοφασματομετρία.
ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (IR)	300GHz-300THz	1m-100μ	Εποπτεία, ηλεκτρονικός πόλεμος, βιομηχανική θέρμανση.

Στις χαμηλές συχνότητες, 0-500Hz, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι ασύνδετα, συνεπώς πρέπει αναγκαστικά να μετρηθεί η ένταση και των δύο πεδίων. Στις υψηλές συχνότητες όμως (πάνω από 3MHz) το E και το B συνδέονται με απλές σχέσεις μεταξύ τους καθώς επίσης και με την πυκνότητα ισχύος, δηλαδή την ισχύ του κύματος ανά μονάδα επιφανείας. Έτσι, στις υψηλές συχνότητες αρκεί η μέτρηση ενός από τα δύο πεδία (συνήθως του E) για τον προσδιορισμό του άλλου καθώς και της πυκνότητας ισχύος. Για αυτούς τους λόγους τα όρια επικινδυνότητας δίνονται, στις χαμηλές συχνότητες με τις τιμές των E και β, ενώ στις υψηλές συχνότητες με την τιμή της πυκνότητας ισχύος.

#### 1.4 ΦΥΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

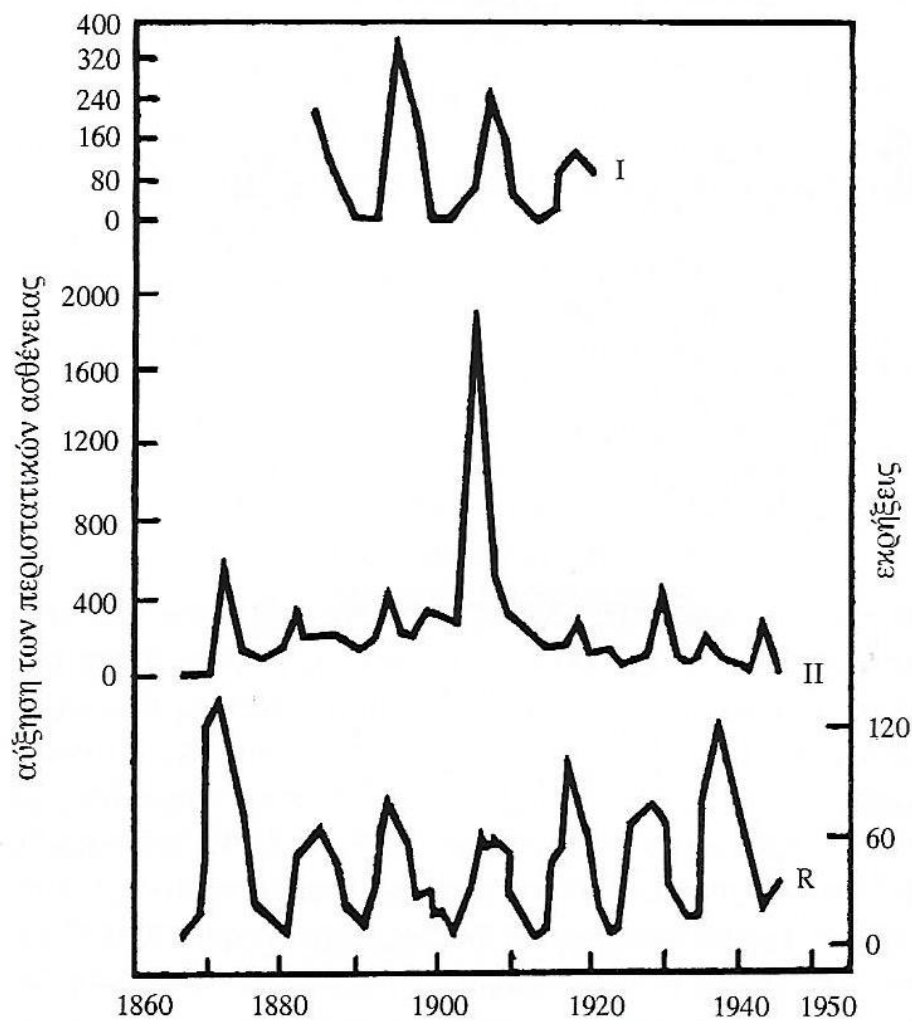
Κάθε ζωντανός οργανισμός στη γη υπόκειται βρίσκεται υπό την επίδραση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων άλλοτε στατικών και άλλοτε μεταβαλλόμενων. Μεταξύ ιονόσφαιρας και γης το φυσικό στατικό ηλεκτρικό πεδίο σε συνθήκες καλοκαιρίας κυμαίνεται από 0.1 kV/m έως 0.5 kV/m. Στις καταιγίδες παίρνει τιμές από 3 kV/m έως 20 kV/m. Το φυσικό στατικό γήινο μαγνητικό πεδίο παρόλο που είναι ασθενές, έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή στη γη. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος κυμαίνεται από 0.31 έως 0.62 Gauss, όπου 1 Gauss= $10^{-4}$  T. Κατά τις εκλάμψεις του ήλιου μπορεί να προκληθούν μεταβολές του γήινου μαγνητικού πεδίου μέχρι και κατά 0.03 Gauss (μαγνητικές καταιγίδες).

Εκτός από τα στατικά φυσικά πεδία, η γη δέχεται την επίδραση των φυσικών ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο ήλιος. Ο ήλιος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει όμως τελικά στην επιφάνεια της γης μέσω της ατμόσφαιρας εκτείνεται από το υπέρυθρο έως το υπεριώδες. Η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο ανώτερο όριο της ατμόσφαιρας είναι  $1371\text{W/m}^2$ . Η ποσότητα αυτή ονομάζεται ηλιακή σταθερά.

Κατά τη διάρκεια ηλεκτρικών εκκενώσεων στην ατμόσφαιρα (αστραπές) καθώς και κατά την ανατολή και δύση του ηλίου

εμφανίζονται τοπικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα στις χαμηλές συχνότητες. Παραδείγματα τέτοιων φαινομένων είναι οι ταλαντώσεις Schumann στα 8Hz περίπου καθώς και τοπικές ηλεκτρικές κυμάνσεις στα 0.7Hz και στα 3 έως 6Hz.

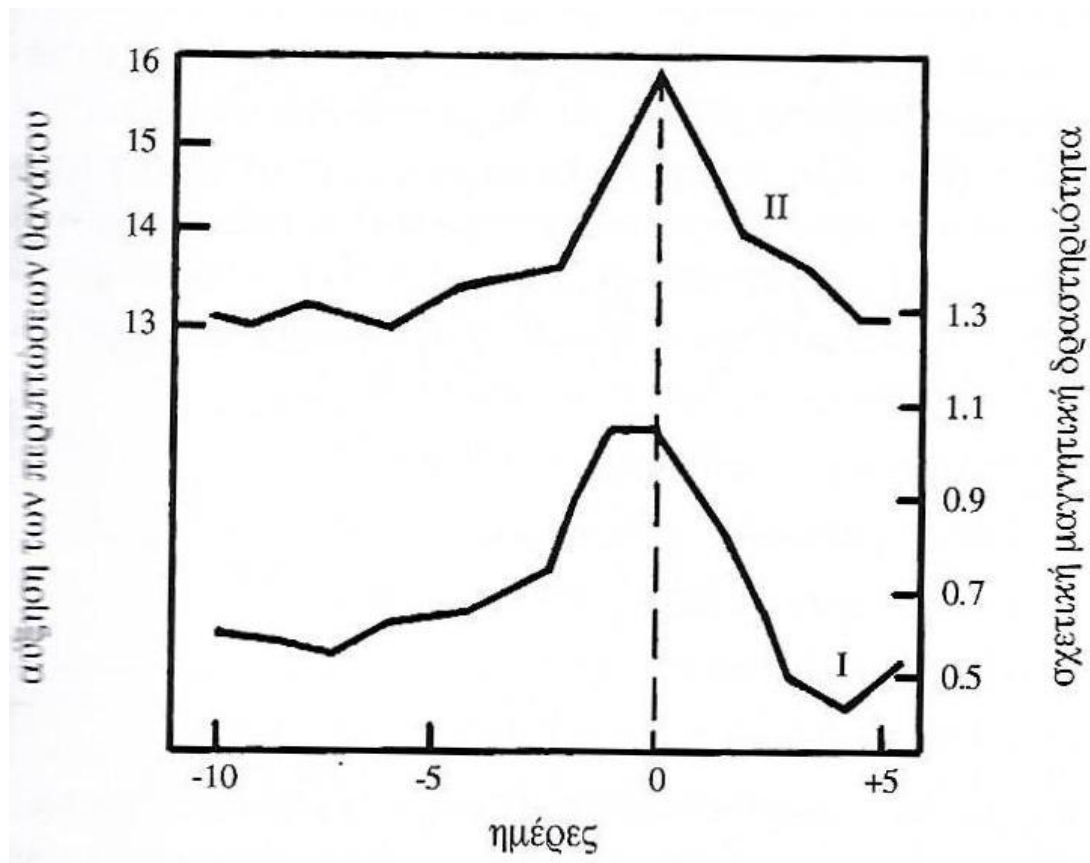
Από πολύ παλιά υπάρχει η υποψία ότι η φυσική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία επηρεάζει την σωματική υγεία αλλά και την ψυχική διάθεση των ανθρώπων. Η σύγχρονη επιστήμη μελετώντας τις βιολογικές επιδράσεις της φυσικής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επιβεβαίωσε αυτές τις υποψίες.



Σχήμα 1.3 Σχέση ανάμεσα στη δραστηριότητα του ήλιου (R) με τη μηνιγγίτιδα στη Νέα Υόρκη (I) και τον κυματοειδή πυρετό στο Ευρωπαϊκό τμήμα της Σοβιετικής Ένωσης (II) στην περίοδο 1860-1950 [1].



Στο σχήμα 1.3 φαίνεται η μεταβολή των κρουσμάτων περιοδικού (κυματοειδούς) πυρετού στο Ευρωπαϊκό τμήμα της Σοβιετικής Ένωσης και των κρουσμάτων μηνιγγίτιδας στη Νέα Υόρκη σε σχέση με την ηλιακή δραστηριότητα στη διάρκεια ενός περίπου αιώνα. Είναι φανερό ότι ο αριθμός των κρουσμάτων αυξάνεται στα μέγιστα της ηλιακής δραστηριότητας με μεγάλη έξαρση το 1910 όπου η ηλιακή δραστηριότητα παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα για μεγαλύτερο σχετικά χρονικό διάστημα.



Σχήμα 1.4 Μεταβολή της θνησιμότητας από καρδιο-νευρολογικές παθήσεις (II) κατά την εξέλιξη μιας μαγνητικής καταιγίδας (I) στην περιοχή της Φρανκφούρτης [1].

Στο σχήμα 1.4 φαίνεται η μεταβολή της θνησιμότητας από νευροκαρδιολογικά περιστατικά στην περιοχή της Φρανκφούρτης κατά την εξέλιξη μιας μαγνητικής καταιγίδας. Είναι φανερό ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο φαινομένων. Ανάλογα διαγράμματα υπάρχουν και για τις επιδημίες της γρίπης.



## **2. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ**

### **2.1 ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ**

Ο τρόπος με τον οποίο τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία προκαλούν τις οποιοσδήποτε επιδράσεις στους ζωντανούς ιστούς παραμένει ακόμη αντικείμενο συστηματικής και διεπιστημονικής έρευνας. Αρχικά, όλες οι επιδράσεις αποδόθηκαν στην θέρμανση των ιστών κάτω από την επίδραση της ακτινοβολίας. Τα μόρια του νερού, το οποίο αποτελεί το 70% του βάρους του ανθρώπινου σώματος, είναι ηλεκτρικά δίπολα, με τον θετικό πόλο ανάμεσα στα δύο άτομα του υδρογόνου και τον αρνητικό πόλο στο άτομο του οξυγόνου. Όταν ο οργανισμός δεχτεί ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, τα δίπολα του νερού τίθενται σε εξαναγκασμένη ταλάντωση, η ενέργεια της οποίας τελικά μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία τείνει να αυξήσει την θερμοκρασία του σώματος. Όταν η ισχύς του κύματος ξεπεράσει ένα όριο, οι μηχανισμοί ρύθμισης της θερμοκρασίας που διαθέτει το ανθρώπινο σώμα αδυνατούν να ανταπεξέλθουν. Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται φαινόμενα τεχνητού πυρετού που μπορεί να οδηγήσει ακόμη και στον θάνατο αν η θερμοκρασία του σώματος υπερβεί το όριο των 42°C. Τα διάφορα είδη των ιστών παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην ικανότητα απορρόφησης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Είναι γνωστό πως ο εγκέφαλος, το ήπαρ, τα σπλάχνα, οι όρχεις κ.τ.λ. απορροφούν εκλεκτικά την ακτινοβολία και πρέπει να προστατεύονται ιδιαίτερα. Επιπλέον οι μηχανισμοί απαγωγής θερμότητας για τα μάτια και τους όρχεις είναι ατελείς, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία τους να αυξάνεται περισσότερο από το υπόλοιπο σώμα κάτω από την επίδραση της ακτινοβολίας. Ο θερμικός μηχανισμός που μόλις περιγράψαμε μπορεί να εξηγήσει μόνο μερικές από τις βιολογικές επιδράσεις και συνεπώς δεν είναι ο μόνος μηχανισμός. Υπάρχουν επιδράσεις στις όποιες είτε δεν παρατηρήθηκε

αξιόλογη αύξηση της θερμοκρασίας, είτε παρατηρήθηκε μεν αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της ακτινοβόλησης αλλά όταν η ίδια αύξηση της θερμοκρασίας επιβλήθηκε με συμβατικά μέσα (π.χ. θερμός αέρας) δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση. Είναι λοιπόν σίγουρο ότι υπάρχουν και αθερμικοί μηχανισμοί οι οποίοι αποτελούν το στόχο εντατικής ερευνητικής προσπάθειας σήμερα.

## 2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Σήμερα, είναι γενικά αποδεκτό ότι ο συντονισμός της λειτουργίας του τεράστιου αριθμού κυττάρων που αποτελούν τον οποιονδήποτε ζωντανό οργανισμό επιτυγχάνεται με την παραγωγή, από τα ίδια τα κύτταρα, ενός συστήματος ηλεκτρομαγνητικών σημάτων στα οποία βασίζεται η ενδοεπικοινωνία τους. Έχει δειχθεί από τους ερευνητές η ικανότητα των νευρικών κυττάρων να εκπέμπουν και να λαμβάνουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην περιοχή συχνοτήτων ELF καθώς επίσης και το ότι οι ζωντανοί ιστοί εκπέμπουν σύμφωνη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όπως η ακτινοβολία Laser. Ένα πολύ συναρπαστικό εύρημα ήταν ότι τα κύτταρα πριν από το θάνατό τους εκπέμπουν έναν ηλεκτρομαγνητικό παλμό, ίσως για να ενημερώσουν το κεντρικό νευρικό σύστημα ή τα γειτονικά τους κύτταρα ότι πρέπει να αποβληθούν ή να αντικατασταθούν. Η εκπομπή και η λήψη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από τα κύτταρα γίνεται μέσω μικροσκοπικών ιών πρωτεΐνης που βρίσκονται πάνω στην κυτταρική μεμβράνη και λειτουργούν σαν κεραίες εκπομπής και λήψης. Οι κεραίες αυτές είναι ευαίσθητες μόνο σε συχνότητες κάτω από 100Hz (ELF). Παρόμοιες κεραίες φαίνεται να διαθέτουν και οι ιοί.

Οι παλμοί των νευρικών κυττάρων είναι πολύ ισχυροί, της τάξης των 1.5MV/m. Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο εσωτερικό (αρνητικά φορτισμένο) και το εξωτερικό (θετικά φορτισμένο) τοίχωμα της κυτταρικής τους μεμβράνης αν και είναι μόνο της τάξης των 100mV, αντιστοιχεί σε μία τεράστια ένταση ηλεκτρικού πεδίου, της τάξης των 50MV/m επειδή το πάχος της κυτταρικής μεμβράνης είναι μόνο 5nm. Η σχέση μεταξύ της τάσης  $V$  και του ηλεκτρικού πεδίου  $E$  είναι:

$$E = \frac{V}{L} \quad (2.1)$$

όπου  $L$  είναι το πάχος.

Είναι φανερό ότι τα εσωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία του ανθρώπινου οργανισμού είναι ιδιαίτερα ισχυρά και θα έπρεπε να αποτελούν επαρκή ασπίδα έναντι των εξωτερικών πεδίων. Όμως τα σχετικά πειράματα έχουν δείξει ότι τα πράγματα είναι διαφορετικά. Ήδη από τις δεκαετίες του 50 και του 60 είχε δειχθεί ότι η εκπομπή παλμών από τα νευρικά κύτταρα επηρεάζεται από πολύ ασθενή εξωτερικά πεδία της τάξης των  $0.8\text{V/m}$  και επίσης ότι η απουσία των πολύ ασθενών φυσικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (ELF) επηρεάζει το 24ώρο βιολογικό ρολόι του οργανισμού. Επίσης μια μελέτη στο UCLA έδειξε ότι ένα πεδίο  $12\text{ Hz}$  έντασης  $4\text{V/m}$  μειώνει τον χρόνο αντίληψης και λήψης απόφασης στους ανθρώπους. Τέλος, σε πάρα πολλές μελέτες αποδείχθηκε ότι τα ασθενέστατα φυσικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία της γης, όχι μόνο γίνονται αντιληπτά από τους ζωντανούς οργανισμούς, αλλά κυριολεκτικά καθορίζουν την ανάπτυξη, τον προσανατολισμό, τη μετανάστευση, την πλεύση, τους βιορυθμούς και τη συμπεριφορά όλων κατά πάσα πιθανότητα των ζώων και των φυτών.

Οι παραπάνω μελέτες έχουν ιδιαίτερη σημασία γιατί αποδεικνύουν ότι ο οργανισμός παρόλη τη μεγάλη φυσική του ηλεκτρομαγνητική θωράκιση είναι ικανός να διεγείρεται και να επηρεάζεται από εξωτερικά πεδία, φυσικά ή τεχνητά. Μία επιπλέον απόδειξη της ικανότητας αυτής του οργανισμού είναι τα πιο πρόσφατα ελπιδοφόρα πειράματα αντιμετώπισης πολλών ασθενειών όπως Αλτσχάιμερ, Πάρκινσον και σκλήρυνσης κατά πλάκας με την εφαρμογή πολύ ασθενών μαγνητικών πεδίων.

### **2.3 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ**

Σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις, ο εγκέφαλος λειτουργεί όχι όπως ένας ψηφιακός ηλεκτρονικός υπολογιστής, αλλά ως ένας εξαιρετικά σύνθετος μη γραμμικός ταλαντωτής που παράγει τα δικά του

ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλής συχνότητας. Τα κύματα αυτά, τα οποία ανιχνεύονται στα εγκεφαλογραφήματα, χρησιμοποιούνται από τον εγκέφαλο για την ολοκλήρωση των λειτουργιών του και για την επεξεργασία σημάτων που προέρχονται από τα αισθητήρια όργανα.

Τα σήματα εισόδου από τους αισθητήρες μετατρέπονται σε κυματομορφές και στη συνέχεια αποθηκεύονται στα εγκεφαλικά κύτταρα. Όταν εισέρχονται νέα σήματα, διεγείρουν τα εγκεφαλικά κύτταρα και μέσα από φαινόμενα συντονισμού με τις ιδιοσυχνότητες του εγκεφάλου αναδεικνύουν τις αποθηκευμένες κυματομορφές και συντελούν στην απόκτηση συνειδητής εμπειρίας.

Η μη γραμμική όμως συμπεριφορά του εγκεφάλου, του δίνει την ικανότητα να ενισχύει σήματα από το εξωτερικό περιβάλλον του ανοίγοντας με αυτόν τον τρόπο ρωγμές στο πολύ ισχυρό σύστημα ηλεκτρομαγνητικής προστασίας που διαθέτει.

Γενικά, τα μη γραμμικά στοιχεία δίνουν σήματα εξόδου και σε συχνότητες διαφορετικές από τη συχνότητα του σήματος εισόδου. Μπορούν να προσθαιρέσουν ή να πολλαπλασιάσουν συχνότητες καθώς και να παράγουν ή να σταθεροποιήσουν ταλαντώσεις. Χαρακτηριστικό τους είναι η προτίμηση σε ορισμένες τιμές ισχύος και συχνότητας.

Σύμφωνα με τις πρώτες υποθέσεις, το μη γραμμικό στοιχείο στο κύτταρο πρέπει να είναι η κυτταρική μεμβράνη, η οποία θα μπορούσε να συμπεριφέρεται σαν μια κρυσταλλοδίοδος ή σαν ένα τρανζίστορ μετατρέποντας εναλλασσόμενα πεδία σε συνεχή ή ενισχύοντάς τα όπως ακριβώς κάνουν οι κοινοί ηλεκτρονικοί ανορθωτές και ενισχυτές που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Την αλήθεια αυτής της υπόθεσης απέδειξε ο W. Pickard του Πανεπιστημίου της Ουάσινγκτον, που πειραματιζόμενος με κύτταρα φυκιών είδε ότι αυτά ήταν ικανά να μετατρέπουν ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία της περιοχής των MHz σε συνεχή, ακολουθώντας μάλιστα τους ίδιους νόμους με τις ηλεκτρονικές διόδους.

Ο I Grodsky έδειξε ότι το σύνολο των κυτταρικών μεμβρανών του εγκεφάλου μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεγάλη μεμβράνη, σύστημα ηλεκτρικών διπόλων, που επηρεάζεται τοπικά από την παρουσία ή απουσία ιόντων ασβεστίου στα μεγαλομόρια της μεμβράνης. Η ισχυρή αλληλεπίδραση ιόντων και διπόλων αποτελεί το έναυσμα μη γραμμικών ταλαντώσεων με συντονισμούς στην περιοχή των συχνοτήτων ELF (0-300Hz). Έτσι η μεγάλη αυτή μεμβράνη λειτουργεί ως ένας ενισχυτής

ικανός να ενισχύσει οποιοδήποτε εξωτερικό πεδίο, που η συχνότητά του ή κάποια αρμονική του εμπίπτει στην περιοχή των ιδιοσυχνοτήτων του.

Με βάση αυτές τις υποθέσεις αναπτύχθηκε ένα θεωρητικό μοντέλο πρόβλεψης των αντιδράσεων των κυττάρων στα εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία το οποίο κατέδειξε ότι τα κύτταρα ανοίγουν παράθυρα στην εξωτερικά προερχόμενη ακτινοβολία μόνο για ορισμένες (διακριτές) τιμές της έντασης της ακτινοβολίας αυτής και για καμία άλλη ενδιάμεση. Η συμπεριφορά αυτή είναι ενδεικτική της μη γραμμικής συμπεριφοράς.

Η πιο ενδιαφέρουσα επιβεβαίωση του μοντέλου του κυττάρου ως μη γραμμικού ταλαντωτή ήρθε από πειράματα που έδειξαν ότι η έξωθεν ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή προκαλεί μεταβολές στη συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου. Για να γίνει φανερή η σημασία του φαινομένου αυτού πρέπει να σημειωθεί ότι τα μεγαλομόρια του κυτταροπλάσματος συγκρατούνται στις θέσεις τους με τη βοήθεια ενός πλέγματος πολυμερών αλυσίδων που η στερεότητά του εξασφαλίζεται από μόρια ασβεστίου. Το ασβεστούχο αυτό πλέγμα απουσιάζει από τα καρκινικά κύτταρα. Με την ακτινοβολία το πλέγμα αυτό καταρρέει και το πλεονάζον ασβέστιο αποβάλλεται από τα κύτταρα, προδιαθέτοντάς τα ίσως, στην νεοπλασία.

Αν η εξωτερική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προκαλεί όντως παρεμβολές, όπως πιστεύεται, στο σύστημα ενδοεπικοινωνίας των κυττάρων, τότε θα μπορούσε να προκαλέσει:

- Την άκαιρη εκπομπή σημάτων από το κύτταρο στα γειτονικά του.
- Την αύξηση της έντασης των σημάτων του κυττάρου στις ιδιοσυχνότητές του.
- Την εκπομπή και άλλων συχνοτήτων από το κύτταρο.

Τα παραπάνω φαινόμενα θα μπορούσαν ενδεχομένως να ερμηνεύσουν πειραματικά ευρήματα, όπως η επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην κυτταρική διαίρεση, τον αριθμό αντιγράφων DNA, τη σύνθεση πρωτεΐνης, το εγκεφαλογράφημα, το αιμοποιητικό και λεμφικό σύστημα κ.ά. Είναι απαραίτητο όμως να γίνουν περισσότερες έρευνες για να ξεκαθαριστούν οι μηχανισμοί όλων αυτών των φαινομένων.

## 2.4 Η ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ

Ένας νέος πιθανός μηχανισμός επίδρασης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία συνδέεται με την μελατονίνη. Η μελατονίνη είναι μια ορμόνη που εκκρίνεται από την επίφυση (ή κωνάριο), έναν αδένα που βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου. Η ορμόνη αυτή ρυθμίζει τον ημερήσιο βιολογικό κύκλο, τον μηνιαίο κύκλο των γυναικών και ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού αποτρέποντας την ανάπτυξη πολλών μορφών καρκίνου. Η μελατονίνη εκκρίνεται από την επίφυση κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το ηλιακό φως καταστέλλει τη λειτουργία της επίφυσης. Είναι γνωστό ότι πολλά άτομα είναι ευαίσθητα στις μεταβολές της μελατονίνης.

Καταθλιπτικά φαινόμενα που εμφανίζονται με τον ερχομό του φθινοπώρου αποδίδονται στην έκκριση περισσότερης μελατονίνης λόγω συννεφιάς και μεγαλύτερης νύχτας. Σε άλλα άτομα εμφανίζονται καταθλιπτικά φαινόμενα με τον ερχομό της άνοιξης όπου τα επίπεδα της μελατονίνης μειώνονται. Είναι γενικά αποδεκτό ότι πολλοί οργανισμοί δυσκολεύονται να προσαρμοστούν στις μεταβολές των επιπέδων της μελατονίνης. Είναι επίσης πιθανό η επίφυση να αντιδρά με τον ίδιο τρόπο στο φως διαφόρων φωτιστικών διατάξεων που μοιάζει λιγότερο ή περισσότερο στο ηλιακό φως και στα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από διάφορες πηγές. Η ανάδειξη αυτών των υποθέσεων προκάλεσε υστερία στον κόσμο και μάλιστα κυκλοφόρησαν χάπια μελατονίνης για την αναπλήρωση των ποσοτήτων μελατονίνης που αδυνατεί να παράγει η επίφυση υπό την επίδραση του φωτός και των άλλων τεχνητών ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Φυσικά οι επιστήμονες προειδοποιούν για τις παρενέργειες αυτών των ποσοτήτων μελατονίνης που είναι πέραν των φυσιολογικών.

Πολλά πειράματα που έγιναν σε ανθρώπους και ζώα έδειξαν ότι πράγματι τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία καταστέλλουν τη λειτουργία της επίφυσης μειώνοντας τα επίπεδα της μελατονίνης στον οργανισμό. Στο εργαστήριο έχει δειχθεί η ικανότητα της μελατονίνης να καταστέλλει την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων. Τα καρκινικά κύτταρα, ιδιαίτερα, του στήθους έχουν υποδοχείς που αντιδρούν στη μελατονίνη. Έτσι, η αφαίρεση της επίφυσης από ποντίκια προκάλεσε αλματώδη αύξηση των καρκινωμάτων του στήθους. Σύμφωνα με μια

ερμηνεία, η μείωση της μελατονίνης οδηγεί σε αύξηση των οιστρογόνων και της προλακτίνης που θεωρείται προωθητικός παράγοντας του καρκίνου του στήθους. Επίσης, επειδή η μελατονίνη αποτρέπει μεταβολές στο μοριακό επίπεδο, είναι πιθανό η έλλειψή της να διευκολύνει εκφυλιστικά φαινόμενα όπως η στεφανιαία νόσος, η νόσος του Πάρκινσον, η νόσος του Αλτσχάιμερ κ.ά.

### **3. ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

#### **3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η καθιέρωση εδώ και πολλά χρόνια ορίων επικινδυνότητας για την μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τους σημαντικότερους διεθνείς οργανισμούς και τα κράτη είναι η πιο κραυγαλέα ομολογία της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας για τις επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία των ανθρώπων. Πρέπει να τονιστεί ότι πρόκειται για όρια επικινδυνότητας και όχι ασφαλείας αφού καμία δόση ακτινοβολίας οποιασδήποτε μορφής δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής οσοδήποτε μικρή κι αν είναι.

Τα όρια επικινδυνότητας που καθιερώθηκαν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ανάλογα με τον οργανισμό ή το κράτος. Οι διαφορές οφείλονται στις διαφορετικές εκτιμήσεις σχετικά με το μηχανισμό ή τους μηχανισμούς επίδρασης στον οργανισμό. Όσοι δέχονται μόνο το θερμικό μηχανισμό προτείνουν γενικά υψηλά όρια ενώ όσοι υποστηρίζουν τη σημασία και των αθερμικών μηχανισμών προτείνουν εντυπωσιακά χαμηλότερα όρια.

#### **3.2 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ RF ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΟΝΟ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ**

Οι οποιοσδήποτε επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από το βαθμό απορρόφησής τους από τους διάφορους ιστούς του σώματος.



Οι μηχανισμοί μέσω των οποίων είναι δυνατόν να μεταφερθεί ενέργεια από ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα σε έναν ζωικό ιστό είναι οι εξής:

- Διέγερση των ηλεκτρονίων των ατόμων των ιστών.
- Εξαναγκασμένη πόλωση των ατόμων και των μορίων των ιστών από το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.
- Ευθυγράμμιση των διπόλων ατόμων ή μορίων που προϋπάρχουν στους ιστούς με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.

Όλοι οι μηχανισμοί αυτοί έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού λόγω της απορρόφησης ενέργειας από το ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Ειδικά για τη μελέτη των επιπτώσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στους ιστούς έχει εισαχθεί το μέγεθος: Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης (Specific Absorption Rate, SAR) ο οποίος μετρά την ενέργεια που απορροφάται από έναν οργανισμό. Ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας του κύματος που απορροφάται από τη μονάδα μάζας του ιστού στη μονάδα του χρόνου. Στο Διεθνές Σύστημα μετράται σε W/kg. Εξαρτάται από το είδος του ιστού, τη συχνότητα του κύματος καθώς και από τον προσανατολισμό του σώματος σε σχέση με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Όσον αφορά τον προσανατολισμό διακρίνονται τρεις περιπτώσεις:

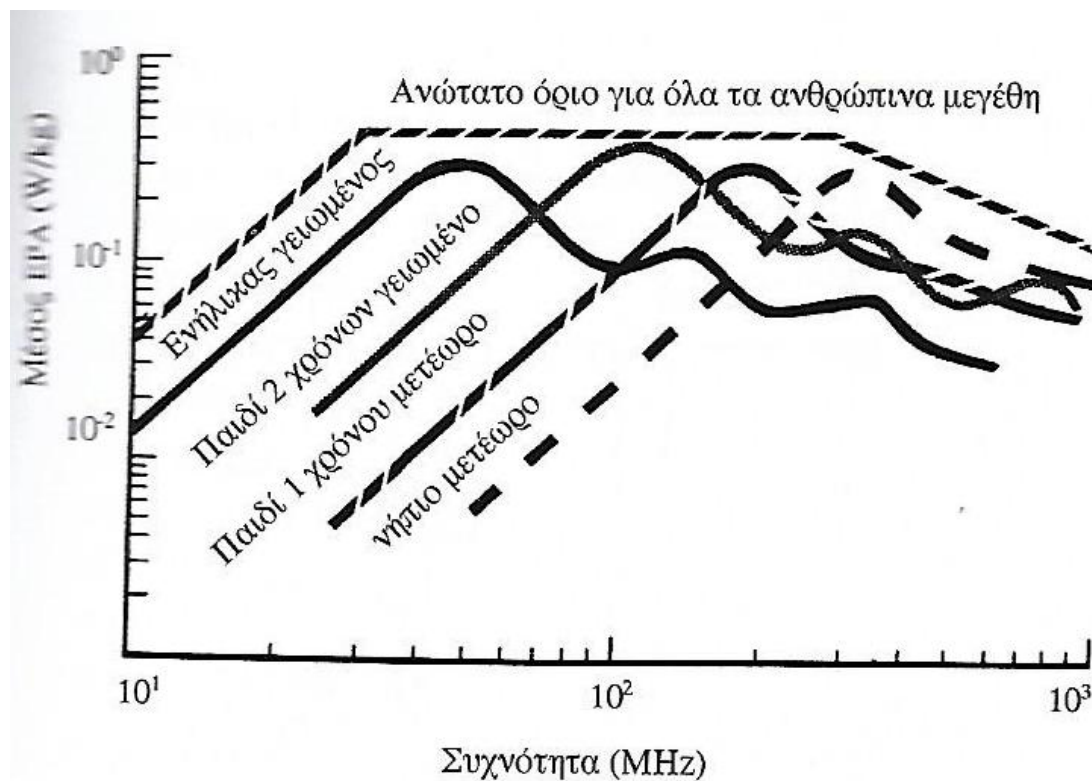
- Προσανατολισμός E, όταν ο μεγάλος άξονας του σώματος είναι παράλληλος με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.
- Προσανατολισμός B, όταν ο μεγάλος άξονας του σώματος είναι παράλληλος με το μαγνητικό πεδίο του κύματος.
- Προσανατολισμός K, όταν ο μεγάλος άξονας του σώματος είναι παράλληλος με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

Έχειδειχθεί θεωρητικά και πειραματικά ότι ο SAR παίρνει τη μέγιστη τιμή του στον προσανατολισμό E και όταν επίσης το ύψος του σώματος είναι ίσο με τα 4/10 του μήκους κύματος της ακτινοβολίας. Αν το σώμα πατάει σε αγώγιμο έδαφος τότε το ενεργό ύψος του σώματος εμφανίζεται μεγαλύτερο από το πραγματικό του ύψος. Αν το σώμα είναι μετέωρο ή πατάει σε μονωμένο έδαφος, το ενεργό ύψος είναι ίσο με το πραγματικό ύψος του σώματος.

Ο SAR συνδέεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος μέσω της σχέσης:

$$SAR = 4.166 \cdot \rho \cdot C \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (3.1)$$

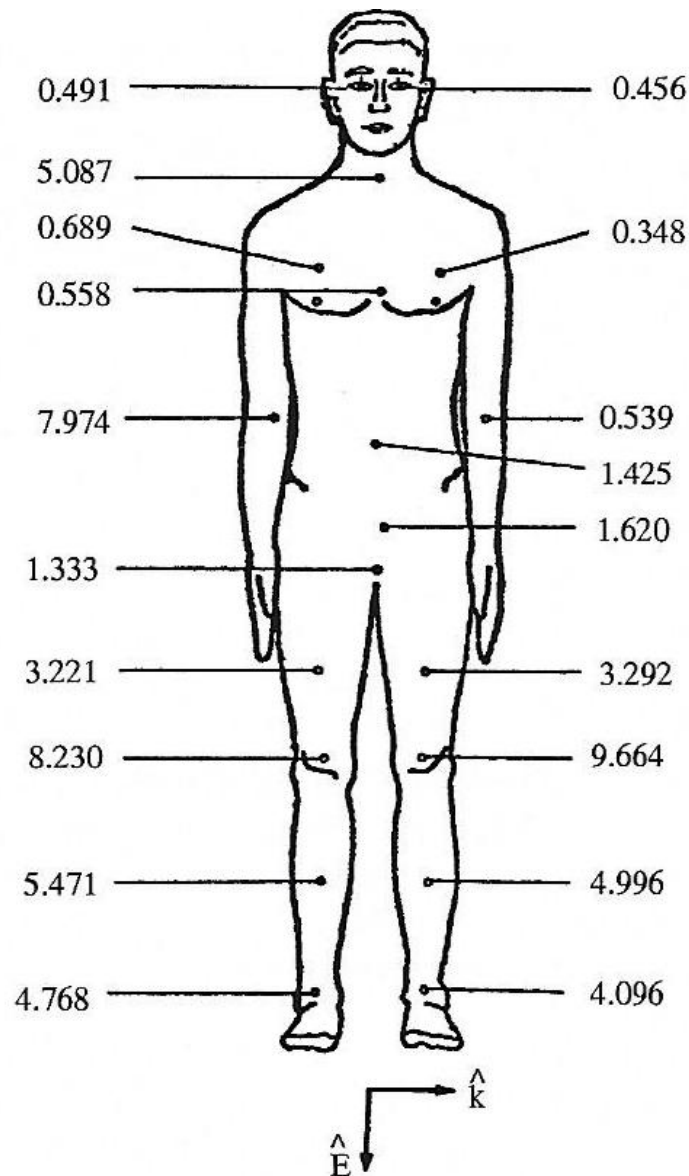
όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα σε  $g/cm^3$  και  $C$  είναι η ειδική θερμότητα σε  $\frac{cal}{g \cdot grad}$  του ιστού,  $\Delta t$  είναι ο χρόνος ακτινοβολήσης σε second και  $\Delta T$  η αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού σε  $^{\circ}C$ . Από τον τύπο (1.3) ο SAR υπολογίζεται σε μονάδες  $\frac{W}{cm^3}$ , δηλαδή ως ενέργεια στη μονάδα του χρόνου που απορροφάται από την μονάδα όγκου του ιστού. Αν στο δεύτερο μέλος παραληφθεί η πυκνότητα τότε υπολογίζεται στις συνήθεις μονάδες  $\frac{W}{g}$ .



Σχήμα 3.1 Μέσος ειδικός ρυθμός απορρόφησης (EPA) για γειωμένο ενήλικα και παιδιά διαφόρων ηλικιών γειωμένα ή μετέωρα καθώς και τα όρια μέγιστης δυνατής απορρόφησης για όλα τα ανθρώπινα μεγέθη [1].

Στο σχήμα 3.1 φαίνονται οι μέσες τιμές του SAR για έναν ενήλικα και για παιδιά διάφορων ηλικιών συναρτήσει της συχνότητας. Για σύγκριση παρατίθενται και τα όρια μέγιστης δυνατής απορρόφησης.

Στο σχήμα 3.2 φαίνεται η κατανομή της απορροφούμενης ισχύος του κύματος στις διάφορες περιοχές μετέωρου ανθρωπίνου σώματος. Οι αριθμοί που φαίνονται στο σχήμα είναι οι σχετικές τιμές του SAR, δηλαδή οι τιμές SAR του κάθε ιστού διά το μέσο SAR του σώματος.



Σχήμα 3.2 κατανομή της απορροφούμενης ισχύος στους διάφορους ιστούς μετέωρου ανθρωπίνου σώματος. Οι μετρήσεις έγιναν για πυκνότητα ισχύος  $10\text{mW}/\text{cm}^2$  και μήκος κύματος  $\lambda$  τέτοιο ώστε  $L/\lambda=0.417$  όπου  $L$  το μήκος του σώματος και προσανατολισμό  $\hat{E}$  [1].

Από τα παραπάνω διαγράμματα μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Το ανθρώπινο σώμα απορροφά την ενέργεια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος με εκλεκτικό τρόπο, δηλαδή η απορρόφηση εξαρτάται από τη συχνότητα και το είδος του ιστού.
- Η μέγιστη δεκτικότητα όσον αφορά τη συχνότητα (συντονισμός) εμφανίζεται στην περιοχή συχνοτήτων από 30MHz έως 300MHz, όπου ο SAR παίρνει τις μέγιστες τιμές του. Είναι μια δυσάρεστη σύμπτωση το γεγονός ότι το σώμα μας απορροφά περισσότερο τις συχνότητες εκείνες που χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία και στην τηλεόραση.
- Από τις διάφορες περιοχές του σώματος, μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης παρουσιάζουν ο λαιμός, τα πόδια, οι αγκώνες και η κοιλιακή χώρα όπου ο τοπικός SAR παίρνει τιμές έως και 10 φορές μεγαλύτερο από το μέσο SAR του ανθρώπινου σώματος.

Οι μηχανισμοί ρύθμισης της θερμοκρασίας που διαθέτει το ανθρώπινο σώμα μπορούν να αντιμετωπίσουν επιτυχώς ρυθμούς απορρόφησης έως και  $4 \frac{W}{kg}$ , αποτρέποντας έως το όριο αυτό οποιαδήποτε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Τα όρια επικινδυνότητας καθορίστηκαν από τους Διεθνείς Οργανισμούς με βάση αυτή την τιμή διαιρεμένη με ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με 10 (δηλαδή μια τάξη μεγέθους λιγότερο).

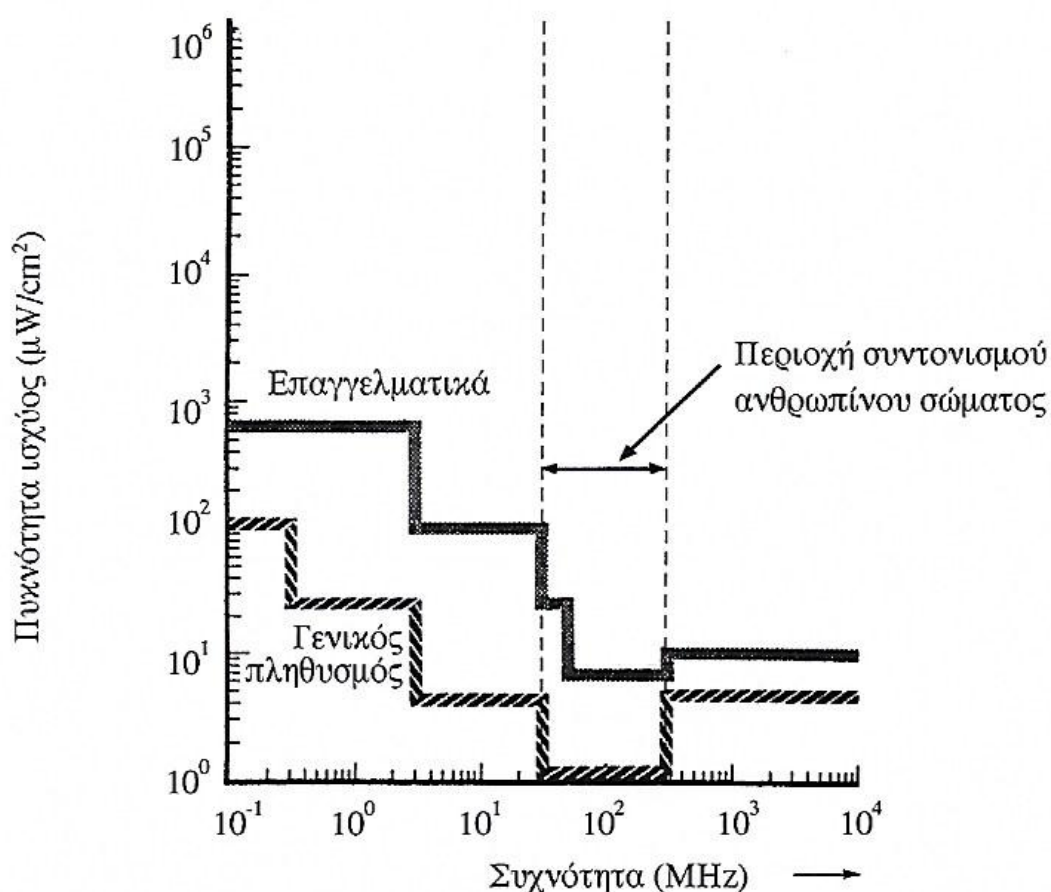
Έτσι το κριτήριο επικινδυνότητας για εργαζομένους σε ηλεκτρομαγνητικά βεβαρυμένους χώρους διατυπώνεται ως εξής: Ο μέγιστος επιτρεπόμενος ρυθμός απορρόφησης κυματικής ενέργειας (SAR) δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των  $0.4 \frac{W}{kg}$  αθροιζόμενη κατά μέσο όρο μέσα σε οποιαδήποτε 6 λεπτά του εικοσιτετραώρου και για ολόσωμη έκθεση. Οι εργαζόμενοι στους χώρους αυτούς είναι ενημερωμένοι, λαμβάνουν μέτρα ασφαλείας και εκτίθενται μόνο για ένα οκτάωρο την ημέρα. Για το γενικό πληθυσμό που εκτίθεται σε 24ώρη βάση και δεν ενημερος ώστε να λαμβάνει μέτρα ασφαλείας, το όριο επικινδυνότητας ορίστηκε πέντε φορές μικρότερο, δηλαδή  $0.08 \frac{W}{kg}$ .

Τα κριτήρια αυτά με κάποιες μικρές παρεκκλίσεις αποτελούν τη βάση των ορίων επικινδυνότητας στις ραδιοσυχνότητες που καθιερώθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση, την IRPA (International

Radiation Protection Association) και του ANSI (American National Standards Institute).

### 3.3 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ RF ΜΕ ΒΑΣΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Τα όρια αυτά καθιερώθηκαν στην πρώην Σοβιετική Ένωση και διατηρούνται ακόμη σε αρκετές χώρες της Ανατολικής Ευρώπης. Τα όρια αυτά φαίνονται στο σχήμα 3.3. Είναι φανερό ότι είναι ιδιαίτερα αυστηρά αφού σε κάποιες περιπτώσεις είναι ακόμη και 200 φορές μικρότερα από τα αντίστοιχα των Δυτικών χωρών για τον γενικό πληθυσμό.



Σχήμα 3.3 Όρια επικινδυνότητας των Ανατολικών Χωρών για εργαζομένους και γενικό πληθυσμό στις συχνότητες από 100kHz έως 10GHz [1].

### 3.4 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στις χαμηλές συχνότητες είναι λογικό να υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη συχνότητα του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (δίκτυο ΔΕΗ) η οποία στην Ευρώπη είναι 50Hz.

Πίνακας 3.1 Όρια επικινδυνότητας ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου για τους εργαζομένους και τον γενικό πληθυσμό στα 50Hz (δίκτυο ΔΕΗ) σύμφωνα με την IRPA και την Ευρωπαϊκή Ένωση [1]

Χαρακτηριστικά Έκθεσης	Όρια επικινδυνότητας ηλεκτρικού πεδίου, E, σε KV/m (rms)		Όρια επικινδυνότητας μαγνητικού πεδίου B, (rms)	
	IRPA	Ευρωπαϊκή Ένωση	IRPA	Ευρωπαϊκή Ένωση
<b>ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ</b>				
1. 8ωρη έκθεση	10	30	500 $\mu$ T (5000 mG)	1600 $\mu$ T (16.000 mG)
2. Βραχεία έκθεση	30	–	5000 $\mu$ T (50.000 mG)	–
3. Για τα άκρα μόνον	–	–	25.000 $\mu$ T (250.000 mG)	25.000 $\mu$ T (250.000 mG)
<b>ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ</b>				
1. 24ωρη έκθεση	5	10	100 $\mu$ T (1.000 mG)	640 $\mu$ T (6.400 mG)
2. Λίγες ώρες μόνον	10	–	1000 $\mu$ T (10.000 mG)	
3. Για τα άκρα μόνον	–	–		25.000 $\mu$ T (250.000 mG)

Σε αυτήν την συχνότητα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, τα καλώδια που στηρίζονται στις κολώνες και στους πυλώνες της ΔΕΗ καθώς και τα κάθε είδους ηλεκτροκίνητα μηχανήματα στη βιομηχανία. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στις πολύ χαμηλές συχνότητες το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι ασύνδετα, συνεπώς πρέπει να μετρηθούν και τα δύο και να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας της IRPA και της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα οποία φαίνονται στον πίνακα 3.1.

### 3.5 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Σε αντίθεση με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, η έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις των στατικών ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων (μη εναλλασσομένων), όπου η ένταση του πεδίου διατηρείται σταθερή στο χρόνο, είναι πολύ περιορισμένη. Η έκθεση σε τέτοια πεδία είναι σπάνια. Στατικά ηλεκτρικά πεδία δεν συναντάμε καθόλου και τα στατικά μαγνητικά πεδία απαντώνται μόνο σε περιβάλλον μαγνητών, σε ερευνητικούς χώρους και σε εργοστάσια που χρησιμοποιούν ηλεκτρόλυση. Για τα στατικά μαγνητικά πεδία ισχύουν τα όρια επικινδυνότητας που καθιέρωσε η Ευρωπαϊκή Ένωση και φαίνονται στον πίνακα 3.2. Όταν οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε στατικά μαγνητικά πεδία έντασης πάνω από 2T υπάρχει πιθανότητα ιλίγγου, ναυτίας, καρδιακής αρρυθμίας και μειωμένης νοητικής λειτουργίας.

Για συνεχή ολόσωμη έκθεση σε οκτάωρη βάση το όριο επικινδυνότητας για τους εργαζομένους είναι 0.2T (2000 Gauss) ενώ για τον γενικό πληθυσμό το όριο είναι 0.04T (400 Gauss).

Αξίζει να σημειωθεί ότι πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι παρατηρήθηκαν αιφνίδιοι θάνατοι επιληπτικών από τοπικές ξαφνικές μεταβολές του γήινου μαγνητικού πεδίου της τάξης των 50nT (0.5mG) μόλις.



Πίνακας 3.2 Όρια επικινδυνότητας για στατικά μαγνητικά πεδία [1]

Επιστημονικός Οργανισμός ή κράτος	Όριο επικινδυνότητας για στατικά μαγνητικά πεδία (εργαζόμενοι)
Ευρωπαϊκή Ένωση	2.000 Gauss
A.C.G.I.H. (1)	600 Gauss
N.R.P.B. (2)	2.000 Gauss
S.L.A.C. (3)	200 Gauss
U.S.S.R. (4)	300 Gauss

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ΗΠΑ)
2. National Radiation Protection Board (Μ. Βρεταννία)
3. Stanford Linear Accelerator Center (ΗΠΑ)
4. Πρώην Σοβιετική Ένωση.

### 3.6 ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Όλοι οι Διεθνείς Οργανισμοί που καθιέρωσαν τα όρια επικινδυνότητας συμφωνούν ότι η περιοχή συχνοτήτων από 1 έως 1000MHz, και ειδικότερα εκείνη από 30 έως 300MHz, είναι η πιο επικίνδυνη. Είναι μια ατυχής συγκυρία ότι σε αυτήν την περιοχή συχνοτήτων λειτουργούν η ραδιοφωνία, η τηλεόραση, η κινητή τηλεφωνία, πολλές βιομηχανικές και ιατρικές διατάξεις, ενώ και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (όπως και η συσκευή της τηλεόρασης), λόγω του μετασχηματιστή της υψηλής τάσης, εκπέμπει αρμονικές, πολλαπλάσιες δηλαδή συχνότητες της κύριας συχνότητας λειτουργίας, στην περιοχή των MHz.

Τα όρια επικινδυνότητας που καθιερώθηκαν από τους Διεθνείς Οργανισμούς βασίζονται στο σκεπτικό της αποφυγής των άμεσων επιπτώσεων στην υγεία. Στις Ανατολικές χώρες τα όρια είναι αισθητά



μικρότερα και βασίζονται στο σκεπτικό της αποφυγής οποιασδήποτε επίπτωσης στην υγείας άμεσης ή μακροπρόθεσμης.

Όσον αφορά την καρκινογένεση, δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να αποτελεί την αιτία αυτών. Όμως υπάρχουν ενδείξεις ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να αποδυναμώσει το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου με αποτέλεσμα να μειωθεί η ικανότητα του οργανισμού να εξουδετερώσει απόπειρες καρκινογένεσης που εκδηλώνονται σε κυτταρικό επίπεδο σε όλους τους οργανισμούς.

Η προώθηση του καρκίνου από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία θα μπορούσε να αποδοθεί:

- Σε απευθείας παρεμβολή στο ανοσοποιητικό σύστημα.
- Σε παρεμβολή στο σύστημα ενδοεπικοινωνίας των κυττάρων που εμποδίζει την κινητοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος.
- Σε επίδραση στο DNA που επιδρά με δικούς του μηχανισμούς διορθωτικά στις απόπειρες καρκινογένεσης.
- Στη μείωση της αντικαρκινικής ορμόνης μελατονίνης.
- Σε άλλους μηχανισμούς που δεν έχουν γίνει ακόμη γνωστοί.

Στη συχνότητα του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (50Hz) υπάρχουν κάποιες ενδείξεις πρόκλησης καρκινογένεσης. Τα ευρήματα των σχετικών ερευνών περιλαμβάνουν τα εξής:

- Ο κίνδυνος παιδικού καρκίνου είναι 2.7 φορές μεγαλύτερος όταν το μαγνητικό πεδίο υπερβαίνει μόλις τα 0.3 μT.
- Παρατηρήθηκε αύξηση των αυτοκτονιών για μαγνητικά πεδία της τάξης των 0.1μT.
- Παρατηρήθηκε αύξηση των καρδιοπαθειών, της υπέρτασης και της κατάθλιψης για μαγνητικά πεδία 0.3μT.
- Παρατηρήθηκε αύξηση των παιδικών όγκων του νευρικού συστήματος για μαγνητικά πεδία πάνω από 0.2μT.
- Ο κίνδυνος παιδικής λευχαιμίας τετραπλασιάζεται για μαγνητικά πεδία από 0.4μT.
- Ο κίνδυνος αποβολών εγκύων γυναικών τριπλασιάζεται για μαγνητικά πεδία πάνω από 0.3μT.
- Παρατηρήθηκαν θάνατοι βρεφών για ηλεκτρικά πεδία μόλις 70V/m.

- Παρατηρήθηκε αποβολή ασβεστίου από τα κύτταρα για ισχείς  $0.1\text{mW}/\text{cm}^2$ .
- Παρατηρήθηκε αναπαραγωγή του ιού του καρκίνου F-Stampar για ισχείς μικρότερες του ορίου.

Είναι φανερό ότι οι σχετικές έρευνες έχουν αναδείξει επιπτώσεις για τιμές εντάσεων και ισχύος αισθητά χαμηλότερες των ορίων επικινδυνότητας. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό και δείχνει ότι τα όρια πρέπει να αναθεωρηθούν και τα κράτη πρέπει να δείξουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην προστασία των πολιτών από την μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

### **3.7 ΓΕΝΙΚΑ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ**

Για πολλές από τις επιδράσεις που ανέδειξαν κατά καιρούς διάφορες έρευνες υπάρχουν επιφυλάξεις από πολλούς επιστήμονες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες επιδράσεις που θεωρούνται σήμερα γενικά αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα.

#### **3.7.1 Καταρρακτογένεση από ηλεκτρομαγνητικά πεδία**

Η εμφάνιση οφθαλμικού καταρράκτη ήταν ίσως η πρώτη δυσμενής επίπτωση που παρατηρήθηκε σε χώρους λειτουργίας μικροκυματικών πομπών συνεχούς ή παλμικής λειτουργίας. Κάτω από την επίδραση μιας μικροκυματικής δέσμης, η πρωτεΐνη του φακού αλλοιώνεται, ο φακός θολώνει και το φως δεν εστιάζει στην ωχρά κηλίδα για να δημιουργηθεί η αίσθηση της όρασης. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε στις συχνότητες 2-10GHz.

Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε μια ποικιλία πειραματόζωων οδήγησαν στα παρακάτω συμπεράσματα:

- 1) Η μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ενδεχομένως να δρα αθροιστικά όπως και η ιοντίζουσα (ραδιενέργεια). Δηλαδή, η καταρρακτογένεση είναι δυνατή είτε με την επίδραση μιας σχετικά ισχυρής δόσης, είτε με την επίδραση πολλών μικρότερων, χρονικά απομονωμένων δόσεων.

- 2) Υπάρχει ισχυρή ένδειξη αθερμικών επιπτώσεων της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας αφού η διαδικασία της καταρρακτογένεσης αποδείχθηκε ανεξάρτητη κάποιου ορίου θερμοκρασίας που πρέπει να ξεπεράσει ο οφθαλμός για να αναπτύξει καταρράκτη, ανεξάρτητη του ποσοστού αύξησης της θερμοκρασίας και επίσης ανεξάρτητη του χρονικού διαστήματος κατά το οποίο ο οφθαλμός διατηρήθηκε στην αυξημένη θερμοκρασία.

### 3.7.2 Μικροκυματικά ακούσματα

Είναι δυνατόν, κάτω από ορισμένες συνθήκες, να δημιουργηθεί στον άνθρωπο η παραίσθηση ακουστών σημάτων όταν η κεφαλή του δεχθεί την επίδραση μικροκυματικών παλμών. Η αίσθηση αυτή περιγράφεται από όσους την έχουν βιώσει ως κρότος, βόμβος ή κελάηδημα. Η επικρατέστερη ερμηνεία είναι πως οι μικροκυματικοί παλμοί δημιουργούν πολύ μικρή αλλά απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του εγκεφάλου, που διαστέλλεται απότομα και δημιουργεί ένα κύμα πίεσης το οποίο διεγείρει τον κοχλία του αυτιού και δημιουργεί την αίσθηση της ακοής. Η συχνότητα του ακουστικού σήματος είναι ίδια με εκείνη των μικροκυμάτων. Το κατώφλι ενέργειας του μικροκυματικού παλμού για την εμφάνιση του φαινομένου είναι  $80 \frac{\mu J}{cm^2}$ . Η πυκνότητα ισχύος της δέσμης των μικροκυμάτων (σε  $\frac{W}{cm^2}$ ) που απαιτείται για να ξεπεραστεί το όριο αυτό εξαρτάται από τη διάρκεια του παλμού, το ρυθμό επανάληψης των παλμών (pulse repetition rate, prr) και την ισχύ κορυφής του παλμού. Ανάλογα με αυτά τα χαρακτηριστικά του παλμού, είναι δυνατόν το κατώφλι να ξεπεραστεί για τιμές πυκνότητας ισχύος που είναι χιλιάδες φορές μικρότερες από τα διεθνώς καθιερωμένα όρια επικινδυνότητας.

Στην περίπτωση που η ισχύς των μικροκυμάτων είναι πολύ μεγάλη, η διαστολή του εγκεφάλου είναι τόσο μεγάλη και απότομη που έχει σαν αποτέλεσμα τη σύγκρουσή του με τα εσωτερικά τοιχώματα του κρανίου (μικροκυματική γροθιά).

Τέλος, σε πολύ προχωρημένα ερευνητικά προγράμματα γίνεται προσπάθεια εγγραφής στα εγκεφαλικά κύτταρα επιθυμητών μηνυμάτων με ρύθμιση των χαρακτηριστικών των μικροκυματικών παλμών. Τα μηνύματα αυτά είναι ανάλογα των μηνυμάτων που μεταφέρουν οι

αισθήσεις στον εγκέφαλο. Τα πειράματα αυτά έχουν σαν στόχο τη διερεύνηση του κατά πόσον μπορεί να πραγματοποιηθεί έλεγχος της σκέψης και των αντιδράσεων καθώς και δημιουργία παραισθήσεων με την χρήση των μικροκυμάτων.

### 3.7.3 Επίδραση στους καρδιακούς βηματοδότες

Οι βηματοδότες που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι σύγχρονοι, δηλαδή τροφοδοτούν την καρδιά με παλμούς μόνο όταν η καρδιά αποτυγχάνει να τους δώσει από μόνη της. Από τα πρώτα στάδια εφαρμογής της μεθόδου σταθεροποίησης του καρδιακού ρυθμού με βηματοδότη, παρατηρήθηκε ότι εξωτερικοί ηλεκτρικοί παλμοί που εκπέμπονται από ηλεκτρονικές διατάξεις μπορούν να επηρεάσουν και ακόμη και να αναστείλουν τη λειτουργία του κυκλώματος συγχρονισμού του βηματοδότη. Η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου του εξωτερικού παλμού πάνω από την οποία επηρεάζεται σημαντικά η λειτουργία του βηματοδότη ονομάζεται Κατώφλι Ηλεκτρομαγνητικής Παρεμβολής (Electromagnetic Interference Threshold, EMIT) και εξαρτάται από τη συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, τη διάρκεια του παλμού και το ρυθμό επανάληψης των παλμών. Μερικοί από τους παλαιότερους βηματοδότες έχουν EMIT μόλις  $10 \frac{V}{m}$ . Μία όμως πυκνότητα ισχύος μικροκυμάτων της τάξης του  $1 \frac{mW}{cm^2}$  συνεχούς κύματος (continues wave), ενώ θεωρείται ασφαλής σύμφωνα με τα όρια επικινδυνότητας, αντιστοιχεί σε ένταση ηλεκτρικού πεδίου  $60 \frac{V}{m}$ , που είναι πολύ μεγαλύτερη από το EMIT του βηματοδότη και συνεπώς μπορεί να επηρεάσει δραστικά τη λειτουργία του. Αν επιπλέον η ίδια μικροκυματική ισχύς προσφέρεται σε παλμούς μεγάλης πυκνότητας ενέργειας και μικρής χρονικής διάρκειας, η αντίστοιχη ένταση ηλεκτρικού πεδίου μπορεί να λάβει δραματικά μεγαλύτερες τιμές.

Είναι φανερό ότι σε ένα ηλεκτρομαγνητικά βεβαρυμένο περιβάλλον, όπως π.χ. κοντά σε φούρνους μικροκυμάτων ή κοντά σε μικροκυματικούς πομπούς, οι βηματοδότες μπορεί να δυσλειτουργούν ή ακόμη και να εξουδετερώνονται. Οι βηματοδότες είναι περισσότερο ευαίσθητοι στις χαμηλές συχνότητες και στους παλμούς μεγάλου πλάτους, ενώ για συχνότητες πάνω από 5GHz η επίδραση θεωρείται αμελητέα.

Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά αποτελέσματα πειραμάτων σχετικά με την επίδραση των μικροκυμάτων στους βηματοδότες:

- 1) Ραντάρ καθορισμού ύψους. Συχνότητα 2700-2900 MHz, διάρκεια παλμού 2μs, ρυθμός επανάληψης παλμών 300 παλμοί/s (300pps), ισχύς κορυφής παλμών 3-5MW. Οι βηματοδότες δοκιμάστηκαν σε απόσταση 60m από την κεραία κατά τη διεύθυνση της μέγιστης ακτινοβολίας (η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ήταν περίπου 1000V/m). Το αποτέλεσμα ήταν οι πλέον ευαίσθητοι από τους βηματοδότες να χάνουν 5-10 παλμούς ανά λεπτό.
- 2) Ραντάρ έρευνας. Συχνότητα 200-500 MHz, διάρκεια παλμού 15μs, ρυθμός επανάληψης παλμών 300 παλμοί/s (300pps), ισχύς κορυφής παλμών 3-5MW. Παρουσιάστηκαν σοβαρές δυσλειτουργίες στους πιο ευαίσθητους βηματοδότες οι οποίοι έχαναν έναν παλμό κάθε φορά που η δέσμη της περιστρεφόμενης κεραίας του ραντάρ περνούσε από τη διεύθυνσή τους (κάθε 12s), ακόμα και σε απόσταση 1600m. Σημαντικά μικρότερη ήταν η επίδραση ραντάρ έρευνας με τα ίδια χαρακτηριστικά, εκτός από τη συχνότητα λειτουργίας που ήταν 2400-2900 MHz.
- 3) Ραντάρ επιτήρησης-ανίχνευσης. Συχνότητα 400-450 MHz, διάρκεια παλμού 60μs, ρυθμός επανάληψης παλμών 200 παλμοί/s (200pps), ισχύς κορυφής παλμών 32MW. Παρουσιάστηκαν σοβαρές δυσλειτουργίες σε βηματοδότες μέχρι και σε απόσταση 800m.

Οι εταιρείες παραγωγής κάνουν προσπάθειες ώστε οι βηματοδότες να είναι λιγότερο ευαίσθητοι στα εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, δηλαδή να έχουν μεγαλύτερη τιμή EMIT.

## **4. ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κοντά στις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης έχουν πολύ χαμηλές συχνότητες (ELF). Η επίπτωση στον άνθρωπο εξαρτάται ισχυρά από την απόσταση στην οποία βρίσκεται ο άνθρωπος και το φορτίο της γραμμής. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μετρήσεις της έντασης του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου και συγκρίνονται με τα όρια επικινδυνότητας.

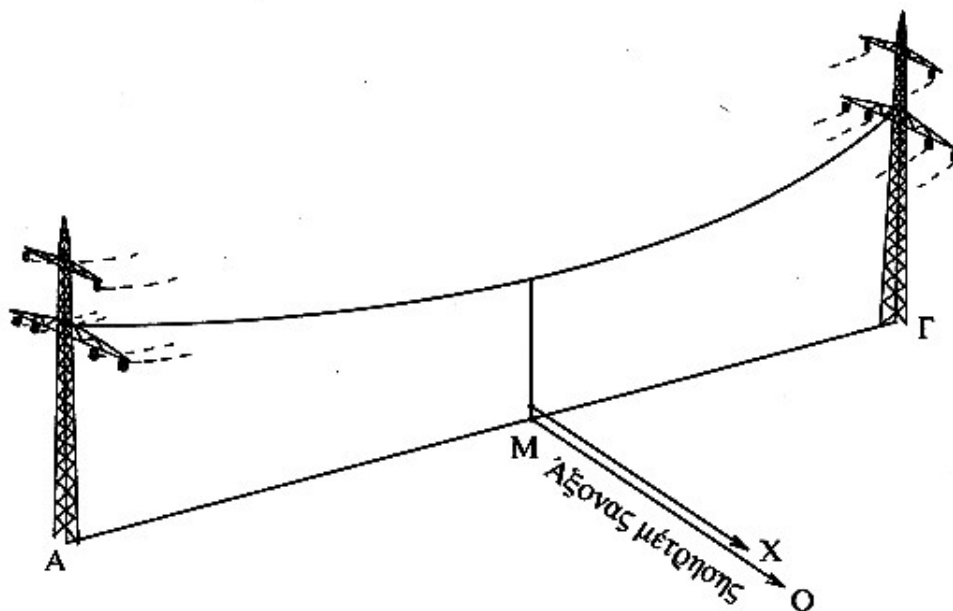
### **4.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ**

Στο σχήμα 4.1 απεικονίζεται η μορφή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης (380 kV) της ΔΕΗ με τους πυλώνες και τους αγωγούς. Στο μέσο Μ της απόστασης των δύο πυλώνων το ύψος των αγωγών από το έδαφος παίρνει την ελάχιστη τιμή του και αντίστοιχα το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο στο έδαφος κάτω από το Μ γίνονται μέγιστα.

Το ηλεκτρικό πεδίο στο έδαφος κάτω από το μέσο της απόστασης μεταξύ δύο πυλώνων παίρνει τιμές από 4kV/m έως 30kV/m ανάλογα με το ύψος των αγωγών από το έδαφος, τη στιγμιαία τιμή της τάσης και τη διάταξη των φάσεων. Οι τιμές αυτές είναι ίσες ή μεγαλύτερες από το όριο επικινδυνότητας. Στη βάση των πυλώνων, σημεία Α και Γ, το ηλεκτρικό πεδίο παίρνει τιμές από 2kV/m έως 4kV/m.

Το μαγνητικό πεδίο Β στο έδαφος κάτω από το μέσον μεταξύ των δύο πυλώνων παίρνει τιμές από 10 έως 150mGauss ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή μεταφοράς, το ύψος της από το έδαφος και τη διάταξη των φάσεων. Οι τιμές αυτές είναι πολύ

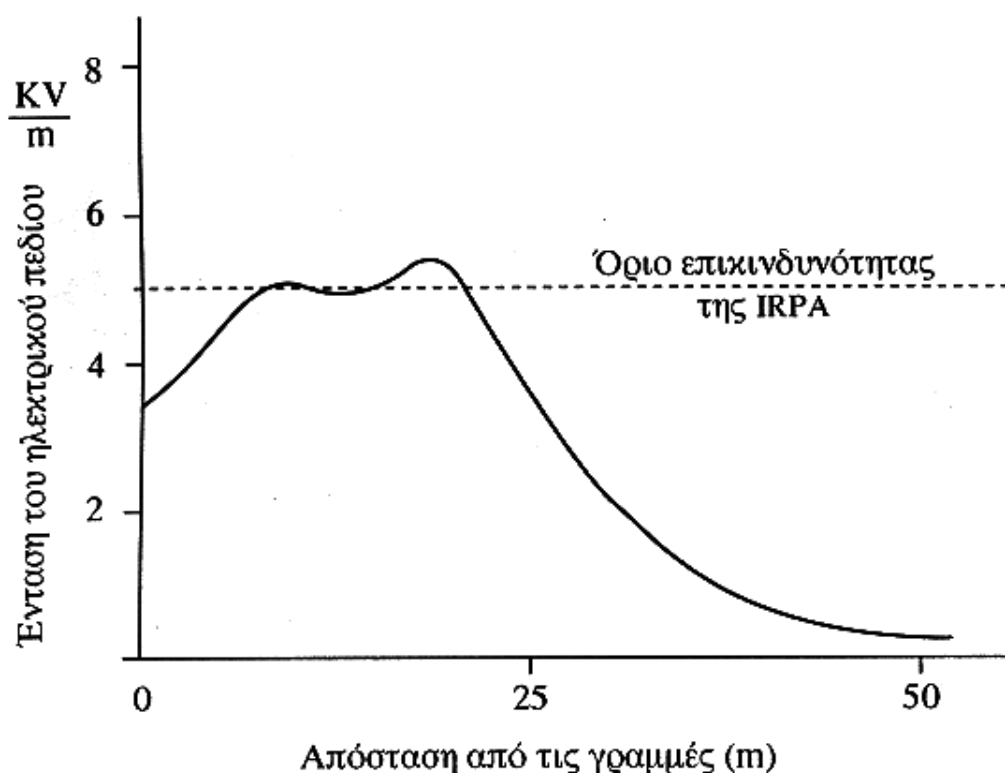
μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας για τη συχνότητα των 50Hz. Στις βάσεις των πυλώνων το μαγνητικό πεδίο παίρνει τιμές από 6 έως 60mGauss.



Σχήμα 4.1 Σχηματική απεικόνιση δύο πυλώνων υψηλής τάσης της ΔΕΗ και των αγωγών ανάμεσά τους [5].

Εκατέρωθεν της ευθείας ΑΜΓ οι εντάσεις  $E$  και  $B$  των πεδίων μεταβάλλονται όπως δείχνουν τα διαγράμματα 4.2 και 4.3. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν πάνω στη μεσοκάθετο ΜΟ της ΑΜΓ και σε ύψος μισού μέτρου από την επιφάνεια του εδάφους.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2, η ένταση  $E$  του ηλεκτρικού πεδίου, αρχικά αυξάνεται καθώς απομακρυνόμαστε από τη γραμμή μεταφοράς, παίρνει τη μέγιστη τιμή της σε μια απόσταση περίπου 20 μέτρα και στη συνέχεια μειώνεται πολύ γρήγορα. Σε απόσταση πάνω από περίπου 30 μέτρα γίνεται μικρότερη από το όριο επικινδυνότητας. Οι τιμές των μεγίστων για  $x=0$  και για  $x=20m$  περίπου εξαρτώνται από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν ήδη, δηλαδή το ύψος των γραμμών από το έδαφος, τη στιγμιαία τιμή της τάσης και τη διάταξη των φάσεων. Σε αποστάσεις πάνω από 200m, η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου πέφτει κάτω από το όριο ασφαλείας και ουσιαστικά είναι ασήμαντη.



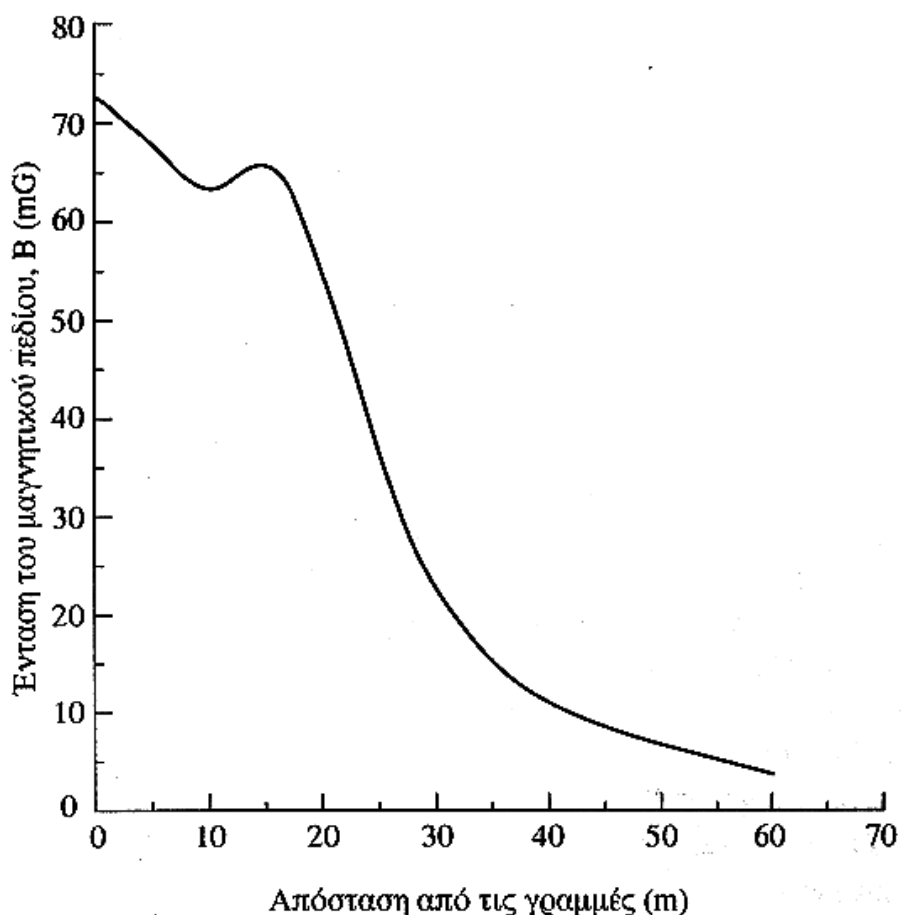
Σχήμα 4.2 Η ένταση  $E$  του ηλεκτρικού πεδίου συναρτήσει της απόστασης από τη γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης της ΔΕΗ [5].

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.3, η ένταση  $B$  του μαγνητικού πεδίου ελαττώνεται με την αύξηση της απόστασης από τη γραμμή μεταφοράς. Οι τιμές του  $B$  είναι σε όλα τα σημεία μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας. Σε αποστάσεις άνω των 200m η ένταση του μαγνητικού πεδίου γίνεται μικρότερη από το όριο ασφαλείας των 2mGauss.

Το συμπέρασμα που βγαίνει από τις μετρήσεις αυτές είναι ότι κάτω από τις γραμμές υψηλής τάσης και έως μια απόσταση περίπου 30m, το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο υπερβαίνει ή είναι πολύ κοντά στα όρια επικινδυνότητας. Σε αποστάσεις άνω των 200m μπορούμε πούμε ότι δεν υπάρχει απολύτως κανένας κίνδυνος.

Από μετρήσεις που έχουν γίνει γνωρίζουμε ότι όσον αφορά τους υποσταθμούς της ΔΕΗ τάσεων 15kV/400V και εντάσεων 10.4A/390A οι τιμές του μαγνητικού πεδίου σε αποστάσεις έως 1m παίρνουν τιμές από 20 έως 7000mGauss.





Σχήμα 4.3 Η ένταση B του μαγνητικού πεδίου συναρτήσει της απόστασης από τη γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης της ΔΕΗ [5].

### 4.3 ΠΡΟΣΘΕΤΟΙ ΠΙΘΑΝΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

Κατά καιρούς έχουν γίνει διάφορες υποθέσεις σχετικά με την δράση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου κοντά στις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης και το πως αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο για τον άνθρωπο από άλλους παράγοντες όπως ραδιενέργεια και επικίνδυνους ρύπους. Για κάποιες από αυτές τις υποθέσεις υπάρχουν κάποιες πειραματικές ενδείξεις αλλά απαιτείται περισσότερη έρευνα για την επιβεβαίωσή τους.

Οι σημαντικότερες από αυτές τις υποθέσεις είναι:

- Συσσώρευση ιοντίζουσας ακτινοβολίας (ραδιενέργειας) κοντά στις γραμμές μεταφοράς. Η ραδιενέργεια αυτή μπορεί να προέρχεται από την κοσμική ακτινοβολία, τα διάφορα ραδιενεργά πετρώματα,

από τα σωματίδια που εκπέμπει ο ήλιος, αλλά και από πυρηνικά ατυχήματα (π.χ. Τσερνομπίλ). Για την συσσώρευση αυτών των σωματιδίων είναι υπεύθυνο κυρίως το μαγνητικό πεδίο κοντά στις γραμμές. Ο μηχανισμός με τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι παρόμοιος με την εκτροπή των σωματιδίων που εκπέμπει ο ήλιος από το μαγνητικό πεδίο της γης με αποτέλεσμα τη δημιουργία του βορείου και νοτίου σέλαος.

- Συσσώρευση καρκινογόνων ουσιών και ραδιενεργών στοιχείων κοντά στις γραμμές υψηλής τάσης. Έχουν μετρηθεί αυξημένες συγκεντρώσεις βενζολίου (που είναι γνωστό ότι είναι καρκινογόνο) καθώς και των ραδιενεργών στοιχείων πολωνίου και ραδονίου (το ραδόνιο προέρχεται από τη διάσπαση του ραδίου στο έδαφος). Θεωρείται ότι οι ουσίες αυτές έλκονται από το μαγνητικό πεδίο των γραμμών υψηλής τάσης και είναι αυτές υπεύθυνες για τις αυξημένες καρκινογενέσεις και όχι το μαγνητικό πεδίο καθαυτό.
- Παράταση του χρόνου ζωής των ελευθέρων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες είναι χημικές ενώσεις ή τμήματα χημικών ενώσεων που διαθέτουν ένα ή περισσότερα μονήρη ηλεκτρόνια. Είναι οξειδωτικές και η άσκοπη παρουσία τους μπορεί να είναι καταστροφική. Με τη γήρανση του οργανισμού, οι μηχανισμοί καταστολής της δράσης των ελευθέρων ριζών εξασθενούν, προδιαθέτοντας τον οργανισμό σε μια σειρά ασθενειών.

## **5. ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

### **5.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Στις οικίες και στα γραφεία τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που υπάρχουν καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων, από 50 Hz (ηλεκτρικές συσκευές) έως συχνότητες της τάξης των GHz (τηλεοράσεις και οθόνες υπολογιστών).

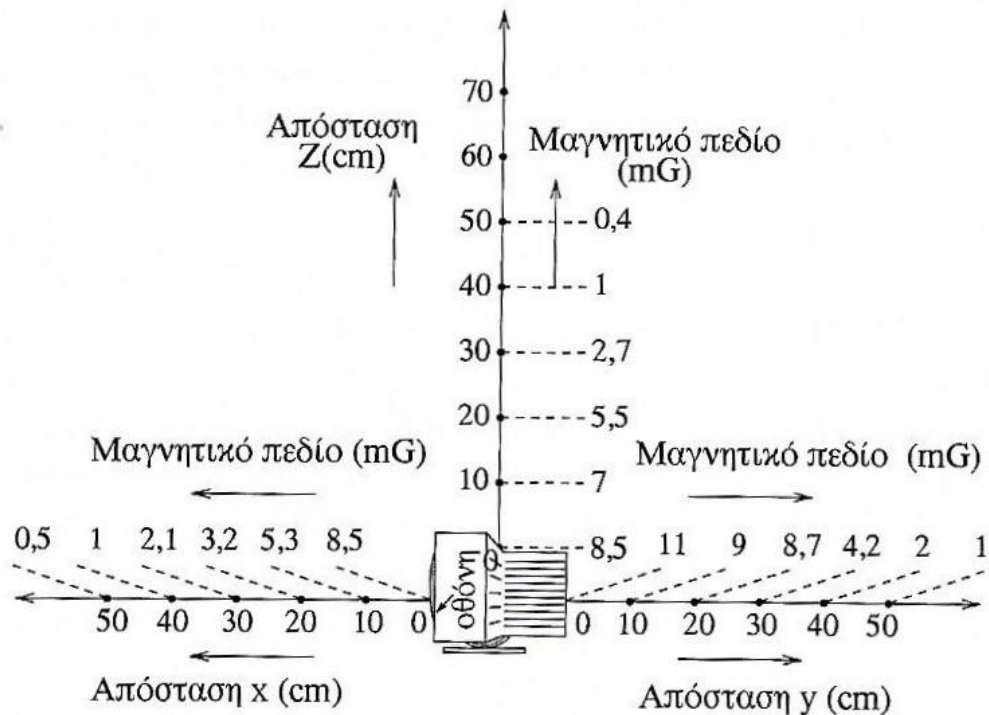
### **5.2 ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΘΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Μία τυπική τηλεόραση ή οθόνη υπολογιστή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε τρεις περιοχές συχνοτήτων:

- 15-20 kHz (VLF) από τον μετασχηματιστή (κεντρική συχνότητα).
- 300kHz-10GHz (RF) από τον μετασχηματιστή (αρμονικές).
- Συχνότητες μεγαλύτερες του ορατού φωτός (ιοντίζουσα ακτινοβολία) από την οθόνη. Η ακτινοβολία αυτή είναι πλέον αμελητέα λόγω της τεχνικής βελτίωσης των οθονών τα τελευταία χρόνια.

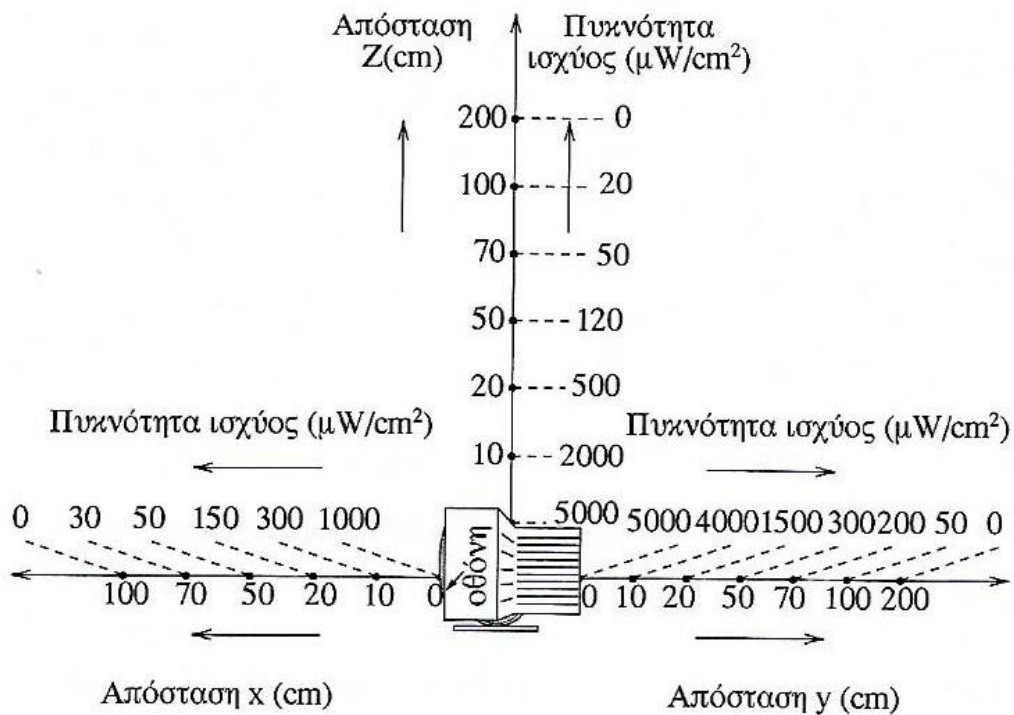
Στο σχήμα 5.1 φαίνεται το μαγνητικό πεδίο σε συχνότητες 3-30kHz (VLF) κοντά σε μία τυπική έγχρωμη τηλεόραση. Οι διευθύνσεις x και y είναι οι οριζόντιες απομακρύνσεις από το γεωμετρικό κέντρο της οθόνης και από το γεωμετρικό κέντρο του οπίσθιου καλύμματος αντίστοιχα. Η διεύθυνση z είναι η κατακόρυφη απομάκρυνση από το γεωμετρικό κέντρο του πάνω καλύμματος της συσκευής. Οι τιμές είναι πολύ μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα όμως με την Αμερικανική επιτροπή NCRP

μία απόσταση μισού μέτρου από τη συσκευή είναι αναγκαία για την ασφάλεια ως προς την ακτινοβολία VLF.



Σχήμα 5.1 Το μαγνητικό πεδίο VLF (3-30kHz) γύρω από μία τυπική έγχρωμη τηλεόραση [1].

Στο σχήμα 5.2 φαίνεται η πυκνότητα ισχύος κοντά σε μία τυπική έγχρωμη τηλεόραση. Σε επαφή με τη συσκευή η τιμή της πυκνότητας ισχύος είναι πάνω από τα όρια επικινδυνότητας για το γενικό πληθυσμό και 24ωρη έκθεση για την κεντρική περιοχή συχνοτήτων RF. Φυσικά η επαφή με τη συσκευή σε 24ωρη βάση είναι εντελώς απίθανη. Πάντως από τα διαγράμματα 5.1 και 5.2 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι μία απόσταση 2m από τη συσκευή παρέχει ασφάλεια σύμφωνα με όλα τα όρια και σε όλες τις περιοχές συχνοτήτων.

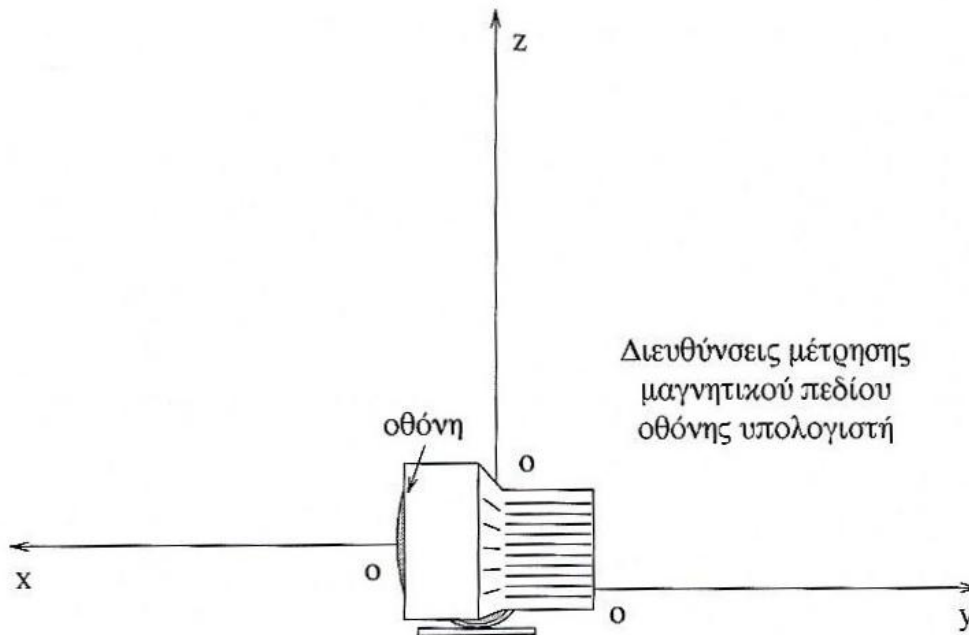


Σχήμα 5.2 Πυκνότητα ισχύος των ραδιοκυμάτων γύρω από μία τυπική έγχρωμη τηλεόραση [1].

Οι ηλεκτρονικές διατάξεις που περιέχονται σε μία οθόνη υπολογιστή είναι όμοιες με τις διατάξεις μιας συσκευής τηλεόρασης. Οι κατασκευαστές παρέχουν όμως οθόνες με μία μεγάλη ποικιλία από διαφορετικούς τύπους θωράκισης από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Για αυτόν τον λόγο δεν μπορούμε να μιλάμε για μία τυπική οθόνη όπως κάνουμε για τις τηλεοράσεις. Η ανάγκη για θωράκιση προκύπτει κυρίως από το γεγονός ότι ο χρήστης της οθόνης αναγκαστικά βρίσκεται σε μία μικρή απόσταση, περίπου 30-50cm από την οθόνη.

Στον πίνακα 5.1 φαίνονται οι τιμές του μαγνητικού πεδίου VLF (3-30kHz) κοντά σε διάφορες οθόνες υπολογιστή. Βλέπουμε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάλογα με το βαθμό θωράκισης. Πάντως όλες οι τιμές είναι μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας της Ε.Ε. Σύμφωνα πάντως με τις υποδείξεις της Αμερικανικής Επιτροπής NCRP, ο χρήστης πρέπει να εργάζεται σε απόσταση μεγαλύτερη του μισού μέτρου από την οθόνη. Οποιαδήποτε μετακίνηση ή καθαρισμός πρέπει να γίνεται με κλειστή τη συσκευή. Επίσης, κανείς δεν πρέπει να βρίσκεται κοντά στο πίσω μέρος της συσκευής.

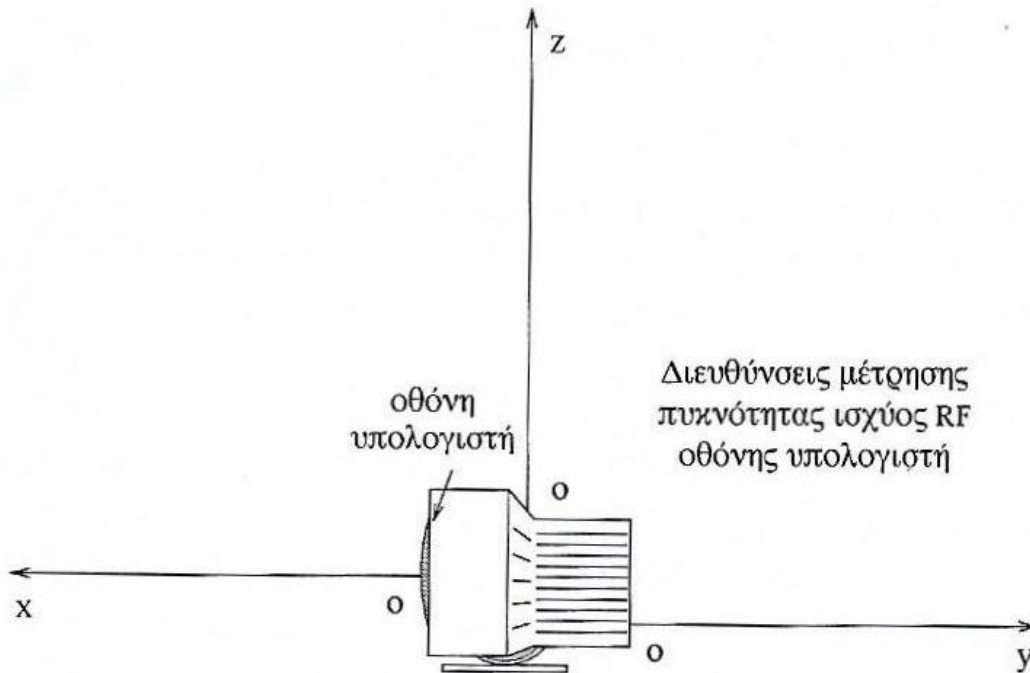
Πίνακας 5.1 Μαγνητικό πεδίο VLF (3-30kHz) κοντά σε οθόνη υπολογιστή για διάφορα μοντέλα του εμπορίου και σε διάφορες κατευθύνσεις [1]



Απόσταση σε cm για κάθε διεύθυνση	Μαγνητικό πεδίο (mG) κατά την διεύθυνση x	Μαγνητικό πεδίο (mG) κατά την διεύθυνση y	Μαγνητικό πεδίο (mG) κατά την διεύθυνση z
0	10-24	20-70	60-200
10	4-9	7-21	17-36
20	2-5	2,8-7	5-12
30	1-2	1,4-3,1	3-4,5
40	0,7-1,1	0,8-2,4	1,2-2
50	0,4-0,7	0,4-1,4	0,7-1
60	0,2-0,38	0,3-0,5	0,5-0,7

Στον πίνακα 5.2 φαίνονται οι τιμές της πυκνότητας ισχύος των ραδιοσυχνοτήτων (300kHz-10GHz) κοντά σε διάφορες οθόνες υπολογιστή. Και πάλι παρατηρούνται σημαντικές διαφορές. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι ο χρήστης πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη του μισού μέτρου. Οπότε σε όλες τις περιοχές συχνοτήτων η ακτινοβολία είναι αμελητέα.

Πίνακας 5.2 Πυκνότητα ισχύος RF (300kHz-10GHz) κοντά σε οθόνη υπολογιστή για διάφορα μοντέλα του εμπορίου και σε διάφορες κατευθύνσεις [1]



Απόσταση σε cm για κάθε διεύθυνση	Πυκνότητα ισχύος RF (300 KHz-10 GHz) σε $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ κατά την διεύθυνση x	Πυκνότητα ισχύος RF (300 KHz-10 GHz) σε $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ κατά την διεύθυνση y	Πυκνότητα ισχύος RF (300 KHz-10 GHz) σε $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ κατά την διεύθυνση z
0	150-300	500-2000	600-3000
10	50-150	50-300	100-500
50	μικρότερη από 1	μικρότερη από 1	μικρότερη από 1

### 5.3 ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, σε πολλές περιπτώσεις σε επαφή με πολλές οικιακές συσκευές οι τιμές του ηλεκτρικού και κυρίως του μαγνητικού πεδίου ξεπερνούν τα όρια επικινδυνότητας για 24ωρη έκθεση. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις ο χρήστης δεν έρχεται σε άμεση επαφή με αυτές τις συσκευές και σίγουρα η έκθεση έχει μικρή χρονική διάρκεια. Στις συνηθισμένες αποστάσεις του χρήστη (και ιδίως του κεφαλιού του) οι τιμές είναι κάτω από τα όρια επικινδυνότητας. Σχετικά μεγάλες τιμές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων δημιουργούν μερικά μοντέλα των παρακάτω συσκευών:

- ✓ Πιστολάκια μαλλιών
- ✓ Ηλεκτρική ξυριστική μηχανή
- ✓ Mixer
- ✓ Ηλεκτρική κουζίνα
- ✓ Φούρνος μικροκυμάτων
- ✓ Σκουπιδοφάγος
- ✓ Ηλεκτρική σκούπα
- ✓ Ηλεκτρικά τρυπάνια, πριόνια και δράπανα
- ✓ Επιτραπέζιοι λαμπτήρες φθορισμού

Τις παραπάνω συσκευές πρέπει να τις χρησιμοποιούμε με σύνεση κρατώντας όσο γίνεται μεγαλύτερη απόσταση και η χρήση να είναι χρονικά περιορισμένη.

Ειδικά για το φούρνο μικροκυμάτων πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός των πεδίων 50Hz του δικτύου εκπέμπει και μικροκύματα από την ενσωματωμένη γεννήτρια μικροκυμάτων συχνότητας 2450MHz. Οι μετρήσεις έδειξαν πως σε επαφή με το τζάμι, η πυκνότητα ισχύος των μικροκυμάτων είναι μεταξύ 180 και 700 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>, ενώ σε απόσταση μισού μέτρου είναι μικρότερη από 1 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>. Επομένως συστήνεται να τηρείται αυτή η απόσταση ασφαλείας και επίσης ο φούρνος μικροκυμάτων να τοποθετείται σε υψηλό ράφι ή τραπέζι ώστε να προστατεύονται τα μικρά παιδιά που συνηθίζουν βάζουν το πρόσωπό τους στο τζάμι και να κοιτάνε το φαγητό που ζεσταίνεται.



Τέλος, επειδή όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι διάφοροι ζωικοί ιστοί έχουν διαφορετική ικανότητα απορρόφησης της μικροκυματικής ακτινοβολίας είναι δυνατόν, ειδικά σε περίπτωση ελαττωματικής λειτουργίας του φούρνου μικροκυμάτων, ένα μέρος του κρέατος όπου ίσως βρίσκεται ένα μικρόβιο (π.χ. σαλμονέλα) να μην ψηθεί καλά. Συνεπώς οι φούρνοι μικροκυμάτων πρέπει να χρησιμοποιούνται για θέρμανση μαγειρεμένου φαγητού και όχι για μαγειρική.

#### **5.4 ΦΟΡΗΤΟΙ ΠΟΜΠΟΙ VHF**

Οι φορητοί πομποί VHF (30-300MHz) χρησιμοποιούνται συνήθως σε σκάφη και σπανιότερα σε κατοικίες. Οι περισσότεροι λειτουργούν στα 144 MHz και εκπέμπουν ισχύ 1W ή 6W. Όταν χρησιμοποιούνται είναι σε επαφή με το αυτί του χρήστη. Η πυκνότητα ισχύος που εκπέμπουν, σύμφωνα με τις μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, είναι  $5000\mu\text{W}/\text{cm}^2$  και  $20000\mu\text{W}/\text{cm}^2$  για ισχύ 1 και 6W αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι πάνω από το όριο επικινδυνότητας και γι' αυτόν τον λόγο συνιστάται η χρήση τους να γίνεται μόνο όταν είναι απαραίτητο.

## 6. ΚΕΡΑΙΕΣ

### 6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι ραδιοσυχνότητες που εκπέμπονται από κεραίες ραντάρ, ραδιοτηλεόρασης και κινητής τηλεφωνίας επηρεάζουν κυρίως αυτούς που εργάζονται σε αυτούς τους χώρους εκτός εάν κάποιες κεραίες είναι εγκατεστημένες μέσα σε κατοικημένες περιοχές όπως οι κεραίες κινητής τηλεφωνίας, οπότε επηρεάζουν και το γενικό πληθυσμό.

### 6.2 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΕΡΑΙΩΝ

Η πυκνότητα ισχύος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μία κεραία σε απόσταση  $r$  και σε διεύθυνση στην οποία η κεραία έχει απολαβή ίση με  $G$  (σε dB) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_r = \frac{N}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \left( \frac{W}{m^2} \right) \quad (6.1)$$

όπου  $N$  είναι η ισχύς εξόδου της κεραίας. Η σχέση (6.1) ισχύει εφόσον η εκπομπή είναι συνεχής στο χρόνο.

Αν η εκπομπή είναι παλμική, τότε στην σχέση (6.1) η ισχύς αντικαθίσταται με τη μέση ισχύ. Αν η χρονική διάρκεια του παλμού είναι  $w$  και ο ρυθμός επανάληψης των παλμών είναι  $prf$ , τότε ο κύκλος εργασίας του πομπού (Duty factor, DF) είναι:

$$DF = w \cdot prf \quad (6.2)$$

και η μέση ισχύς εκπομπής θα είναι:

$$N_{\mu} = N_{\kappa} \cdot DF \quad (6.3)$$

όπου  $N_{\kappa}$  είναι η ισχύς κορυφής των παλμών.

Από τις παραπάνω σχέσεις βρίσκουμε ότι η πυκνότητα ισχύος σε απόσταση  $r$  από κεραία παλμικής εκπομπής είναι:

$$P_{r,\pi} = \frac{N_{\kappa} \cdot w \cdot prr}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \left( \frac{W}{m^2} \right) \quad (6.4)$$

Στην περίπτωση περιστρεφόμενων κεραιών (π.χ. ραντάρ επιτήρησης αεροδρομίων), η παραπάνω σχέση τροποποιείται ως εξής:

$$P_{r,\pi} = \frac{N_{\kappa} \cdot w \cdot prr}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \cdot \frac{\phi^{\circ}}{360^{\circ}} \left( \frac{W}{m^2} \right) \quad (6.5)$$

όπου  $\phi$  είναι το εύρος ημίσειας ισχύος του οριζόντιου διαγράμματος της κεραίας σε μοίρες.

### 6.3 ΕΓΓΥΣ ΚΑΙ ΜΑΚΡΙΝΟ ΠΕΔΙΟ

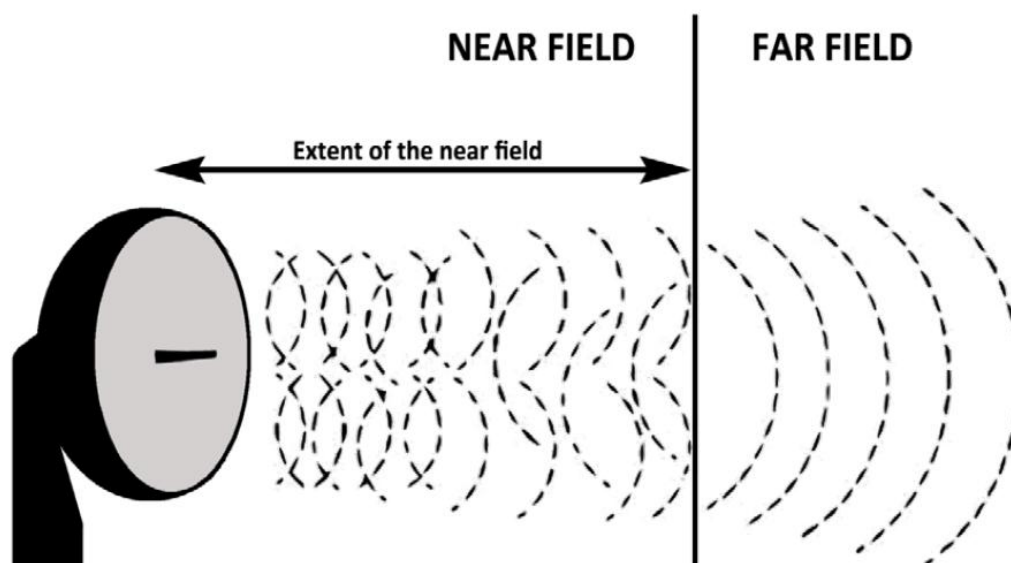
Ο χώρος γύρω από μία κεραία εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων χωρίζεται σε δύο περιοχές οι οποίες απεικονίζονται στο σχήμα 6.1:

Περιοχή εγγύς πεδίου (near field region)

Η περιοχή αυτή εκτείνεται από την επιφάνεια της κεραίας έως την απόσταση  $R=2D^2/\lambda$  όπου  $D$  είναι η μεγαλύτερη διάσταση της κεραίας και  $\lambda$  το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπει. Μέσα στην περιοχή αυτή ο προσανατολισμός του ηλεκτρικού πεδίου  $E$  δεν είναι σταθερός αλλά στο χώρο και στο χρόνο. Το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου περιστρέφεται στο επίπεδο που είναι κάθετο στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Στην περιοχή του εγγύς πεδίου το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο έχουν τη μορφή στάσιμου κύματος και δεν υπάρχει καθαρή ροή ενέργειας. Επίσης, τα δύο πεδία είναι εκτός φάσης, δηλαδή δεν παίρνουν συγχρόνως τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή τους.

Περιοχή μακρινού πεδίου (far field region)

Η περιοχή αυτή εκτείνεται πέρα από την απόσταση  $R=2D^2/\lambda$  και έως το άπειρο. Σε κάθε σημείο του μακρινού πεδίου ο προσανατολισμός των  $E$  και  $B$  είναι σταθερός. Τα δύο πεδία αποτελούν ένα επίπεδο ηλεκτρομαγνητικό κύμα, δηλαδή είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος και επίσης είναι συμφασικά.



Σχήμα 6.1 Ραδιοκύματα στην περιοχή του εγγύς και του μακρινού πεδίου. Στο εγγύς πεδίο τα ραδιοκύματα διαδίδονται ανομοιόμορφα μπροστά και πίσω προκαλώντας φαινόμενα συμβολής. Στο μακρινό πεδίο η διάδοση είναι ομοιόμορφη [7].

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο ρυθμός απορρόφησης της ακτινοβολίας από έναν οργανισμό εξαρτάται ισχυρά από τη θέση του σε σχέση με τον προσανατολισμό του ηλεκτρικού πεδίου του κύματος. Εφόσον, στην περίπτωση του εγγύς πεδίου ο προσανατολισμός του ηλεκτρικού πεδίου μεταβάλλεται συνεχώς είναι δύσκολο να καθορισθούν όρια επικινδυνότητας για την περιοχή αυτή. Οι συγκρίσεις των τιμών της πυκνότητας ισχύος με τα όρια επικινδυνότητας μπορεί να γίνει μόνο για το μακρινό πεδίο. Οι σχέσεις που παρατέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα για την πυκνότητα ισχύος ισχύουν μόνο για το μακρινό πεδίο.

## 6.4 ΡΑΝΤΑΡ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στα στρατιωτικά ραντάρ περιλαμβάνονται διάφορες κατηγορίες όπως τα ραντάρ συλλογής πληροφοριών (acquisition), τα ραντάρ επιτήρησης στρατηγικών χώρων (surveillance), τα ραντάρ καθοδήγησης πυραύλων (tracking) κ.ά. Οι κεραίες των στρατιωτικών ραντάρ εκπέμπουν ακτινοβολία πολύ υψηλής ισχύος η οποία μπορεί να είναι επικίνδυνη σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο παραδείγματα.

### 6.4.1 Ραντάρ Έρευνας

Τυπικά χαρακτηριστικά:

Συχνότητα λειτουργίας: 1250-1350MHz

Διάρκεια παλμού:  $w=6\mu s$

Ρυθμός επανάληψης παλμών:  $prf=200$  pps

Ισχύς κορυφής παλμού: 10MW

Περιστρεφόμενη κεραία: 5 στροφές ανά λεπτό

Μέγιστη διάσταση:  $D=5m$

Απολαβή κεραίας: 30dB

Γωνία μισής ισχύος:  $3^\circ$

Για συχνότητα 1250MHz υπολογίζουμε το μήκος κύματος από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 m/s}{1250 \cdot 10^6 s^{-1}} = 0.24m = 24cm$$

Το όριο μεταξύ εγγύς και μακρινού πεδίου είναι η απόσταση:

$$R = 2 \frac{D^2}{\lambda} = 2 \frac{5^2 m^2}{0.24m} = 208m$$

Θα υπολογίσουμε τη μέση πυκνότητα ισχύος σε μια απόσταση 250m από την κεραία, δηλαδή στην περιοχή μακρινού πεδίου. Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (6.5) παίρνουμε:

$$P = \frac{10 \cdot 10^6 W \cdot 6 \cdot 10^{-6} s \cdot 200 s^{-1}}{4 \cdot 3.14 \cdot 250^2 m^2} \cdot 10^{\frac{30}{10}} \cdot \frac{3}{360} = 0.12 \frac{W}{m^2} = 12 \frac{\mu W}{cm^2}$$

Η τιμή που βρέθηκε είναι μικρότερη από το όριο επικινδυνότητας της IRPA. Είναι όμως μεγαλύτερη από το όριο των χωρών της Ανατολικής Ευρώπης. Σε αποστάσεις μικρότερες από το R=208m η πυκνότητα ισχύος μπορεί να υπολογιστεί μόνο με προσεγγιστικές μεθόδους και οι τιμές που λαμβάνονται από αυτές τις μεθόδους δεν είναι δυνατόν να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας. Οπότε δεν ξέρουμε το μέγεθος του κινδύνου. Οπωσδήποτε χρειάζεται προσοχή.

Η στιγμιαία πυκνότητα ισχύος που δέχεται ένας άνθρωπος σε απόσταση 250m τη στιγμή που η περιστρεφόμενη δέσμη περνάει από τη θέση του υπολογίζεται από την εξίσωση (6.4). Με αντικατάσταση των τιμών βρίσκουμε την τιμή  $P = 1.5 \frac{mW}{cm^2}$ . Η στιγμιαία ισχύς δεν μπορεί βέβαια να συγκριθεί με τα όρια επικινδυνότητας για 24ωρη έκθεση. Μόνο σε περίπτωση ακινητοποίησης της κεραίας λόγω βλάβης η ισχύς αυτή θα γίνει διαρκής και συνεπώς πολύ επικίνδυνη.

Το ηλεκτρικό πεδίο όμως που αντιστοιχεί σε αυτήν την τιμή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E = \sqrt{P \cdot 377} = \sqrt{15 \frac{W}{m^2} \cdot 377} = 75 \frac{V}{m}$$

Η ένταση αυτή του ηλεκτρικού πεδίου θα μπορούσε να επηρεάσει τη λειτουργία ενός βηματοδότη χαμηλού κατωφλίου ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής.

#### 6.4.2 Ραντάρ Επιτήρησης Στρατηγικών Χώρων

Τυπικά χαρακτηριστικά:

Συχνότητα λειτουργίας: 450MHz

Διάρκεια παλμού: w=60μs

Ρυθμός επανάληψης παλμών: prf=200 pps

Ισχύς κορυφής παλμού: 32MW

Μέγιστη διάσταση: D=5m

Απολαβή κεραίας: 20dB

Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{450 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}} = 0.66 \text{ m} = 66 \text{ cm}$$

Η απόσταση R είναι:

$$R = 2 \frac{D^2}{\lambda} = 2 \frac{5^2 \text{ m}^2}{0.66 \text{ m}} = 75 \text{ m}$$

Στο μακρινό πεδίο της κεραίας και σε μία απόσταση π.χ. 100m η πυκνότητα ισχύος υπολογίζεται από την εξίσωση (6.4) ως εξής:

$$P = \frac{32 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \text{ s} \cdot 200 \text{ s}^{-1}}{4 \cdot 3.14 \cdot 100^2 \text{ m}^2} \cdot 10^{\frac{20}{10}} = 30.5 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2}$$

Η τιμή αυτή ξεπερνάει κατά πολύ το όριο επικινδυνότητας.

Όσον αφορά τα στρατιωτικά ραντάρ πρέπει να σημειωθεί ότι αν και εκπέμπουν πολύ ισχυρές δέσμες, βρίσκονται συνήθως σε απομονωμένες περιοχές και τα χειρίζεται εκπαιδευμένο προσωπικό που τηρεί όλους τους κανόνες ασφαλείας.

## 6.5 ΡΑΝΤΑΡ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

Τα τυπικά χαρακτηριστικά των ραντάρ των πολιτικών αεροδρομίων είναι:

Συχνότητα λειτουργίας: 2900MHz

Διάρκεια παλμού:  $w=0.8\mu\text{s}$

Ρυθμός επανάληψης παλμών:  $\text{prf}=1040 \text{ rps}$

Ισχύς κορυφής παλμού: 1.5MW

Μέγιστη διάσταση:  $D=5\text{m}$

Απολαβή κεραίας: 33dB

Περιστρεφόμενη κεραία: 15 στροφές ανά λεπτό

Γωνία μισής ισχύος στο οριζόντιο επίπεδο:  $1.5^\circ$

Πίνακας 6.1 Πυκνότητα ισχύος σε διάφορες αποστάσεις από την κεραία  
 τερματικού ραντάρ Ελληνικών αεροδρομίων μέσα στην περιοχή του  
 εγγύς πεδίου αυτής [1]

Απόσταση από κεραία (m)	Πυκνότητα ισχύος $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
10	200
20	112
30	79
40	60
50	48
75	31
100	20
150	10
200	6
250	3,77
500	3

Η περιοχή μακρινού πεδίου μιας τέτοιας κεραίας αρχίζει από τα 500m περίπου. Σε αυτήν την απόσταση, η μέση πυκνότητα ισχύος υπολογίζεται από τη σχέση (6.5) περίπου ίση με  $3 \frac{mW}{cm^2}$ . Η τιμή αυτή είναι πολύ χαμηλότερη από το όριο επικινδυνότητας. Η επιβάρυνση από τα ραντάρ των αεροδρομίων μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα αν μάλιστα ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι οι κεραίες αυτές είναι εγκατεστημένες σε πύργους ύψους 30m πάνω από το έδαφος και εκπέμπουν οριζόντια και αρκετές φορές λίγες μοίρες πάνω από το οριζόντιο επίπεδο.

Στο εγγύς πεδίο οι τιμές της πυκνότητας ισχύος είναι σίγουρα μεγαλύτερες από ότι στο μακρινό πεδίο. Παρόλα αυτά, η επιβάρυνση παραμένει αμελητέα. Αυτό έχει αποδειχθεί και από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί και παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.

## 6.6 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΡΑΝΤΑΡ

Έχει αποδειχθεί ότι τα ραντάρ καιρού και ναυσιπλοΐας έχουν αμελητέα επίδραση. Τα ραντάρ ελέγχου της ταχύτητας των οχημάτων



που χρησιμοποιεί η Τροχαία δημιουργούν σε απόσταση π.χ. 30m μία πυκνότητα ισχύος της τάξης των  $0.2 \frac{mW}{cm^2}$  και λειτουργούν μικρό χρονικά διάστημα. Συνεπώς η επιβάρυνση και από αυτά τα ραντάρ είναι αμελητέα.

## 6.7 ΚΕΡΑΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Οι κεραιές δορυφορικών επικοινωνιών λειτουργούν σε συχνότητα 2-10GHz. Η μέγιστη πυκνότητα ισχύος κατά τη διεύθυνση του κύριου λοβού μιας κεραιάς δορυφορικών επικοινωνιών είναι της τάξης των  $10 \frac{mW}{cm^2}$ . Ο προσανατολισμός της όμως είναι προς τον ουρανό, συνεπώς δεν συνιστά κίνδυνο. Οι πλευρικοί λοβοί της κεραιάς έχει δειχθεί ότι μπορούν να δώσουν μια πυκνότητα ισχύος από 10 έως  $100 \frac{\mu W}{cm^2}$  σε απόσταση 800m από την κεραιά. Οι τιμές αυτές πλησιάζουν τα όρια επικινδυνότητας για τις συχνότητες λειτουργίας. Προφανώς, οι δορυφορικοί σταθμοί θα πρέπει να εγκαθίστανται μακριά από κατοικημένες περιοχές και το προσωπικό να παίρνει όλα τα μέτρα προστασίας.

## 6.8 ΚΕΡΑΙΕΣ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ

Οι κεραιές ραδιοφωνίας και τηλεόρασης συνήθως είναι εγκατεστημένες σε υψηλά σημεία μακριά από κατοικημένες περιοχές. Οι υπολογισμοί και οι μετρήσεις έχουν δείξει ότι δεν προκαλούν καμία επιβάρυνση. Δεν πρέπει όμως να εγκαθίστανται πομποί ραδιοφωνίας ή τηλεόρασης σε κατοικημένες περιοχές γιατί δημιουργούν μία ζώνη με ακτίνα δεκάδων ή και εκατοντάδων μέτρων όπου η πυκνότητα ισχύος είναι μεγαλύτερη ή συγκρίσιμη με τα όρια επικινδυνότητας.

## 7. ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

### 7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η χρήση συσκευών εκπομπής ραδιοκυμάτων έχει αυξηθεί δραματικά με την πάροδο των ετών με την εξέλιξη των ασύρματων τεχνολογιών. Υπάρχει ευρύτερη διαθεσιμότητα μιας ποικιλίας ασύρματων συσκευών, όπως κινητά τηλέφωνα, Wi-Fi, φορητοί υπολογιστές, tablet και bluetooth. Λόγω της παρουσίας τους παντού και της εγγύτητάς τους με τους χρήστες, τα κινητά τηλέφωνα είναι η μεγαλύτερη πηγή συνολικής έκθεσης του πληθυσμού σε ραδιοσυχνότητες. Η συνεχιζόμενη έρευνα σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των ραδιοκυμάτων στην υγεία δεν έχει δείξει σαφή ένδειξη επιπτώσεων στον καρκίνο, την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη. Ωστόσο, το ερώτημα είναι αν υπάρχουν επιπτώσεις της συνολικής και συνεχιζόμενης έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες στην υγεία του πληθυσμού. Διεξήχθησαν προσεκτικά μελέτες σχετικά με τη σχέση των οξέων και χρόνιων επιπτώσεων στην υγεία με τις μετρηθείσες συνολικές εκθέσεις σε κύματα ραδιοσυχνότητας από πολλές συσκευές, ειδικά για παιδιά, για να κατανοήσουμε καλύτερα εάν η καθημερινή έκθεση σε αυτές τις πηγές RF έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βλάβη. Αναμένεται ότι η έκθεση σε πολλές διαφορετικές πηγές RF θα αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου. Η τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας αλλάζει και μαζί της αλλάζει το πως, το που και το πόσα άτομα εκτίθενται σε RF. Τα κανονιστικά μέτρα περιορίζουν τη συνολική έκθεση του πληθυσμού. Ωστόσο, καθένας ξεχωριστά μπορεί να επιλέξει να εφαρμόσει τα κατάλληλα μέτρα για να μειώσει την έκθεση των δικών του και της οικογένειάς του σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας, ιδιαίτερα από τη χρήση κινητών τηλεφώνων.

## 7.2 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

Η μέγιστη ισχύς των παλαιότερων κινητών τηλεφώνων (1ης και 2ης γενιάς) ήταν 2 W. Για τα σύγχρονα μοντέλα κινητών τηλεφώνων η μετάδοση είναι συνεχής σε χαμηλότερες μέγιστες εξόδους ισχύος έως και 250 mW (1/4 του watt). Για εκθέσεις στο εγγύς πεδίο από συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα, που βρίσκονται κοντά στο σώμα, δεν μετράται η πυκνότητα ισχύος και αντί αυτής, υπολογίζεται το SAR. Το SAR λόγω της έκθεσης σε κινητό τηλέφωνο είναι γενικά της τάξης του 1W/kg, αλλά μπορεί να είναι ελαφρώς χαμηλότερο ή υψηλότερο ανάλογα με το μοντέλο του κινητού τηλεφώνου. Όταν το κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιείται, η απόστασή του από το κεφάλι είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η απορροφούμενη ισχύς για ένα κινητό τηλέφωνο τοποθετημένο 10 cm από το κεφάλι είναι περισσότερο από 10 φορές χαμηλότερη από ότι όταν το κρατάμε κοντά στο αυτί και περίπου 100 φορές χαμηλότερη από όταν το κρατάμε 40 cm από το κεφάλι, όπως όταν στέλνουμε μηνύματα.

Το SAR μπορεί επίσης να αυξηθεί εάν τα κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται σε κλειστούς χώρους όπως γραφεία, λόγω απόσβεσης σήματος, απαιτώντας έτσι υψηλότερη απόδοση ισχύος κινητού τηλεφώνου για να φτάσει στον πλησιέστερο δρομολογητή, ή κοντά σε μεταλλικούς τοίχους όπως μέσα σε ανελκυστήρες, όπου τα κύματα που αντανακλούν τους τοίχους μπορούν να αυξήσουν την έκθεση στην ακτινοβολία. Σε γενικές γραμμές, καθώς η τεχνολογία έχει βελτιωθεί, η ενέργεια RF που εκπέμπεται από μεμονωμένα κινητά τηλέφωνα έχει μειωθεί. Καθώς το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας διευρύνεται με περισσότερες κεραιές εγκατεστημένες, τα κινητά τηλέφωνα απαιτούν λιγότερη ισχύ για να συνδεθούν στο δίκτυο, μειώνοντας έτσι την έκθεση του χρήστη σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας.

## 7.3 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

Τα ασύρματα τηλέφωνα είναι ασύρματα ακουστικά χαμηλής ισχύος που επικοινωνούν εντός της μικρής εμβέλειας ενός μοναδικού, ιδιωτικού σταθμού βάσης συνδεδεμένου με μια σταθερή τηλεφωνική

γραμμή. Τα τηλέφωνα Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) χρησιμοποιούν τη ζώνη 1880-1900 MHz και παράγουν παλμικά κύματα που παράγονται σε σύντομα διαστήματα. Σε αντίθεση με τα κινητά τηλέφωνα, τα τηλέφωνα DECT δεν διαθέτουν προσαρμοστικό έλεγχο ισχύος. Επομένως, η απόσταση μεταξύ του ακουστικού και του σταθμού βάσης δεν επηρεάζει την έξοδο ισχύος της συσκευής. Ενώ οι εκπομπές από το ακουστικό εμφανίζονται μόνο κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, οι εκπομπές από το σταθμό βάσης είναι συνήθως συνεχείς. Όταν δεν υπάρχουν κλήσεις σε εξέλιξη, ο σταθμός βάσης μεταδίδει έναν σύντομο παλμό κάθε 10 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Ωστόσο, σε ορισμένα μοντέλα, ο σταθμός βάσης δεν εκπέμπει ποτέ εάν το ακουστικό είναι στη θέση του. Η μέγιστη ισχύς μετάδοσης του σταθμού βάσης και του ακουστικού είναι έως 250 mW. Ωστόσο, κατά μέσο όρο με την πάροδο του χρόνου, οι εκπομπές είναι χαμηλότερες, καθώς η μετάδοση δεν είναι συνεχής. Όπως αναφέρθηκε από την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Δημόσιας Υγείας της Ελβετίας, οι μετρημένες τιμές SAR που ελήφθησαν στα ομοιώματα ιστών κεφαλής ήταν μεταξύ 0.01 και 0.05 W/kg, πολύ χαμηλότερες από τα όρια επικινδυνότητας για την προστασία του γενικού πληθυσμού.

#### **7.4 ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ**

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας περιλαμβάνουν διάφορους σταθμούς βάσης, ο καθένας εξοπλισμένος με μία ή περισσότερες κεραιές RF εγκατεστημένες σε διαφορετικές τοποθεσίες για την εξασφάλιση πλήρους κάλυψης στους χρήστες. Οι μεγάλες κεραιές RF που έχουν εύρος εκπομπής έως 10 χιλιόμετρα είναι συνήθως τοποθετημένες σε ιστούς ή στέγες ύψους 50 μέτρων πάνω από το επίπεδο του εδάφους, προκειμένου να αποφευχθεί η παρεμπόδιση σήματος από ψηλά κτίρια, πυκνό φύλλωμα και λοφώδη τοπία. Αυτές οι κεραιές χρησιμοποιούν σχετικά υψηλές ισχύεις (έως και 60 W) και λειτουργούν σε συχνότητες που κυμαίνονται από 800 MHz έως 2100 MHz. Ορισμένες πρόσφατες τεχνολογίες κινητών τηλεφώνων (4ης γενιάς) χρησιμοποιούν συχνότητες έως και 3800 MHz. Ενώ η κάλυψη κινητών τηλεφώνων επιτυγχάνεται κυρίως με χρήση μεγάλων κεραιών RF, η πρόσθετη κάλυψη σε

πυκνοκατοικημένες περιοχές παρέχεται από κεραιές χαμηλής ισχύος (μερικών Watt) που είναι τοποθετημένες σε τοίχους κτιρίων ή στύλους λαμπτήρων. Αυτές οι μικρές κεραιές προσθέτουν κάλυψη μόνο σε άμεσες περιοχές λόγω της μικρότερης εμβέλειας, υπερβαίνοντας σπάνια τις μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Στη Βρετανική Κολομβία (Καναδάς), πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων πυκνότητας ισχύος το 2004 σε 20 διαφορετικές τοποθεσίες σε ολόκληρη την επαρχία χρησιμοποιώντας μια ειδική μονάδα έρευνας RF τοποθετημένη σε ένα όχημα. Οι μετρήσεις πυκνότητας ισχύος που συλλέχθηκαν στην έρευνα έδειξαν ότι οι σταθμοί βάσης ήταν σε μεγάλο βαθμό συμμορφωμένοι με τις οδηγίες με εκθέσεις 3000 έως 1.000.000 φορές χαμηλότερες από τα όρια επικινδυνότητας για μη ελεγχόμενα (δημόσια μη εργασιακά) περιβάλλοντα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, πραγματοποιήθηκε έρευνα γύρω από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας μεταξύ 1998 και 2000 σε 118 τοποθεσίες. Η πυκνότητα ισχύος που μετρήθηκε κυμαινόταν από  $0.01 \text{ mW/m}^2$  έως  $1 \text{ mW/m}^2$ , που ισοδυναμεί με 0.0002% έως 0.02% των δημόσιων ορίων του ICNIRP. Πρόσθετες μεγάλης κλίμακας έρευνες RF, που πραγματοποιήθηκαν πρόσφατα κοντά σε σταθμούς βάσης στην Κίνα και στην Ευρώπη, κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα με επίπεδα έκθεσης χιλιάδες φορές κάτω από τα αντίστοιχα όρια.

## 7.5 ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Wi-Fi

Τα δίκτυα υπολογιστών Wi-Fi είναι συστήματα επικοινωνίας που βασίζονται σε ραδιοκύματα που ενσωματώνουν έναν ή περισσότερους δρομολογητές και πολλά συστήματα υπολογιστών με δυνατότητα Wi-Fi. Ο δρομολογητής είναι ένα ενσύρματο κομμάτι υλικού που συνδέεται απευθείας στο Διαδίκτυο και χρησιμεύει ως σταθμός βάσης για ασύρματους υπολογιστές και περιφερειακά (εκτυπωτές, σαρωτές κ.τ.λ.). Τα συστήματα Wi-Fi κατηγοριοποιούνται ως συσκευές χαμηλής κατανάλωσης αφού σπάνια υπερβαίνουν τα 100 mW σε ισχύ και λειτουργούν σε «κύκλους λειτουργίας» 10% ή λιγότερο. Ο κύκλος λειτουργίας είναι το κλάσμα του χρόνου κατά το οποίο η συσκευή εκπέμπει κύματα ραδιοσυχνότητας. Συγκριτικά, τα κινητά τηλέφωνα

χρησιμοποιούν μεγαλύτερες ισχύεις (έως 2 W) και οι κύκλοι λειτουργίας τους είναι γενικά υψηλότεροι λόγω εκτεταμένης χρήσης.

Μια εκτεταμένη έρευνα στο Ηνωμένο Βασίλειο που μετρά την έκθεση σε Wi-Fi σε διαφορετικές αποστάσεις από ένα μεγάλο ασύρματο δίκτυο 12 δρομολογητών και 15 φορητών υπολογιστών που λειτουργούσαν ταυτόχρονα διαπίστωσε ότι οι εκθέσεις ήταν ένα μικρό κλάσμα των προβλεπόμενων ορίων. Σε μία άλλη έρευνα στον Καναδά μετρήθηκε η έκθεση από δίκτυο WiFi μέσα σε μια αίθουσα συσκέψεων εξοπλισμένη με 2 δρομολογητές και 24 φορητούς υπολογιστές όπου γινόταν συνεχώς μεταφόρτωση ή λήψη μεγάλων αρχείων. Η υψηλότερη έκθεση που μετρήθηκε μέσα στο δωμάτιο έφτασε περίπου το 0,19% των ορίων. Γενικά, οι εκθέσεις από εκπομπές Wi-Fi είναι πολύ χαμηλότερες σε σύγκριση με τα κινητά τηλέφωνα λόγω της χαμηλής ισχύος των δρομολογητών (λιγότερο από 0.1 W) και των φορητών υπολογιστών (λιγότερο από 0.030 W) και της μεγαλύτερης απόστασης των ατόμων από αυτές τις πηγές RF. Για παράδειγμα, το SAR στο κεφάλι ενός παιδιού που χρησιμοποιεί φορητό υπολογιστή συνδεδεμένο σε Wi-Fi εκτιμάται ως 0.0057 W/kg (από το δρομολογητή και το φορητό υπολογιστή), το οποίο αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 1% των τυπικών τιμών SAR για χρήση κινητού τηλεφώνου.

## **7.6 ΈΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ**

Οι έξυπνοι μετρητές είναι ασύρματες συσκευές που χρησιμοποιούνται από εταιρείες κοινής ωφέλειας για τη συλλογή απομακρυσμένων δεδομένων σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, νερού και φυσικού αερίου. Οι αναγνώσεις βοηθητικών προγραμμάτων που λαμβάνονται από έξυπνους μετρητές κοινοποιούνται σε ασύρματους συλλέκτες δεδομένων, οι οποίοι με τη σειρά τους μεταδίδουν τις πληροφορίες στους διακομιστές βοηθητικών εταιρειών. Οι έξυπνοι μετρητές διατίθενται σε διάφορα σχήματα και σχέδια, ανάλογα με τον κατασκευαστή τους, αλλά λειτουργούν γενικά με συχνότητα 900 MHz και ισχύ 1 W ή μικρότερη. Αυτά τα χαρακτηριστικά τοποθετούν τους έξυπνους μετρητές στο ίδιο επίπεδο εκπομπών με τα

κινητά τηλέφωνα δεύτερης γενιάς. Ωστόσο, οι έξυπνοι μετρητές εκπέμπουν μόνο για μικρές χρονικές περιόδους κατά τη διάρκεια της ημέρας, που κυμαίνονται από 1–6 λεπτά σε 24 ώρες («κύκλοι λειτουργίας» από 0.07% έως 0.4%).

Οι εκπομπές από μια τράπεζα έξυπνων μετρητών μετρήθηκαν σε διάφορες αποστάσεις χρησιμοποιώντας έναν μετρητή ευρείας ζώνης RF. Η μέγιστη μέση έκθεση που καταγράφηκε σε απόσταση 30 cm ήταν περίπου  $0.0028 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  που είναι ισοδύναμη με το 0.001% των ορίων στα 900 MHz. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, εκτελέστηκαν εκτεταμένες μετρήσεις έκθεσης με τη χρήση μετρητών επιλεκτικής συχνότητας και τα μέγιστα επίπεδα έκθεσης που ελήφθησαν βρέθηκαν να είναι κάτω από το 1% των ορίων. Στην Αυστραλία δοκιμάστηκαν έξυπνοι μετρητές ισχύος 1W που λειτουργούν σε μέγιστο κύκλο λειτουργίας 2.5% (δηλαδή, 36 λεπτά ανά ημέρα), έξω και μέσα σε σπίτια σε 16 διαφορετικές κατοικίες. Στα 30 cm από την πηγή, η μέγιστη έκθεση έξω από τα σπίτια με τα κουτιά των μετρητών ανοιγμένα έφτασε σε πυκνότητα ισχύος  $3.8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (0.8% των ορίων της Αυστραλίας), ενώ η μέγιστη έκθεση μέσα στα σπίτια ανήλθε σε  $0.002562 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (0.0056% των αυστραλιανών ορίων). Με τα κουτιά του μετρητή κλειστά, η μέγιστη πυκνότητα ισχύος που καταγράφηκε εκτός σπιτιών μειώθηκε στα  $0.5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (0.01% των ορίων της Αυστραλίας). Ο Αυστραλιανός Οργανισμός Προστασίας από την Ακτινοβολία και την Πυρηνική Ασφάλεια (ARPANSA) πραγματοποίησε μετρήσεις σε απόσταση 50 cm από έξυπνο μετρητή 1W. Χρησιμοποιώντας έναν κύκλο λειτουργίας 0.7%, όπως μετρήθηκε από τους ερευνητές, οι μέσες τιμές έκθεσης ήταν  $0.005 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  και  $0.002 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , που αντιστοιχούν σε 0.001% και 0.0004% των ορίων αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, τα ραδιοκύματα εκπέμπονται σε χαμηλή ισχύ και μόνο κατά διαστήματα από τους έξυπνους μετρητές, με μετρημένα επίπεδα έκθεσης πολύ κάτω από τα ρυθμιστικά όρια, ενώ επίσης τα επίπεδα έκθεσης μειώνονται γρήγορα με την απόσταση από τη συσκευή.

## 7.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΓΙΑ ΜΩΡΑ

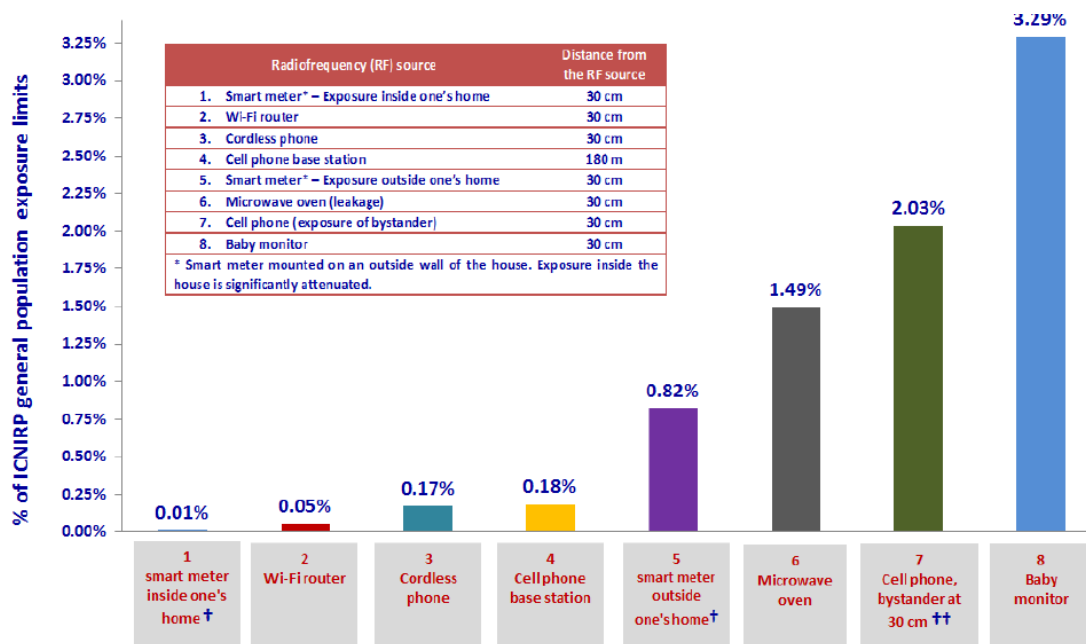
Τα συστήματα ενδοεπικοινωνίας για μωρά (baby monitors) είναι συσκευές εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιούνται σε νοικοκυριά και βρεφονηπιακούς σταθμούς για την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ήχων που γίνονται από βρέφη. Η συσκευή εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων τοποθετείται σε απόσταση 30 cm έως 1 m από το κρεβάτι του μωρού και ο δέκτης RF τοποθετείται σε άλλο δωμάτιο. Τα συστήματα αυτά διατίθενται σε διαφορετικά σχέδια και μπορούν να λειτουργήσουν σε διάφορες συχνότητες από 12 MHz έως 2.4 GHz και με ισχύ RF έως 3 W. Υπάρχουν σχετικά λίγες έρευνες σχετικά με τα επίπεδα έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες που σχετίζονται με τα συστήματα ενδοεπικοινωνίας για μωρά. Σε μια μελέτη που διεξήχθη στην Αυστραλία μετρήθηκε οι μέσες πυκνότητες ισχύος από baby monitors και βρέθηκε ότι οι τιμές είναι έως  $14.8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  στα 30 cm,  $5.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  στα 50 cm και  $1.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  στο 1 m, που αντιστοιχούν στο 3.29%, 1.1%, και 0.3% των ορίων επικινδυνότητας αντίστοιχα. Έτσι, η απόσταση της συσκευής εκπομπής RF του συστήματος ενδοεπικοινωνίας από το βρέφος είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της έκθεσης στην ακτινοβολία.

## 7.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Τα κινητά τηλέφωνα, οι σταθμοί βάσης, τα ασύρματα δίκτυα υπολογιστών (Wi-Fi), οι έξυπνοι μετρητές και τα συστήματα ενδοεπικοινωνίας για μωρά εκπέμπουν κύματα ραδιοσυχνοτήτων σε διαφορετικά επίπεδα, αλλά όλα συμμορφώνονται με τις ισχύουσες κανονιστικές οδηγίες. Μια σύγκριση των κοινών συσκευών εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων, οι περισσότερες που λαμβάνονται σε απόσταση 30 cm από την πηγή, δείχνει ότι τα baby monitors προκαλούν σχετικά υψηλότερες εκθέσεις στο 3.3% των ορίων έκθεσης ICNIRP, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.1 παρακάτω. Η έκθεση από έναν έξυπνο μετρητή που μετριέται έξω από το σπίτι είναι πολύ υψηλότερη από αυτήν



που μετρείται στο εσωτερικό, λόγω της εξασθένησης των κυμάτων RF από το μεταλλικό στήριγμα και τον τοίχο.



Σχήμα 7.1 Σύγκριση των μεγίστων πυκνοτήτων ισχύος από διάφορες πηγές ραδιοκυμάτων. Οι τιμές δίνονται ως ποσοστά των ορίων ICNIRP για τον γενικό πληθυσμό [7].

Σε σύγκριση με την έκθεση σε έναν παρευρισκόμενο από ένα κινητό τηλέφωνο που λειτουργεί 30 εκατοστά μακριά (2% των ορίων έκθεσης), ανάλογα με το μοντέλο και την παραγωγή του κινητού τηλεφώνου που χρησιμοποιείται, η έκθεση από ένα κινητό τηλέφωνο που κρατιέται στο κεφάλι θα μπορούσε να φτάσει το 10% έως 70% των κανονιστικών ορίων.

Στην πραγματικότητα, είμαστε εκτεθειμένοι σε πολλές συσκευές εκπομπής RF ανά πάσα στιγμή. Πρόσφατες μελέτες στην Ευρώπη μέτρησαν τη συνολική έκθεση σε RF σε κατοίκους από πολλαπλές πηγές RF και έδειξαν ότι κανένα από τα επίπεδα έκθεσης δεν υπερέβη τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε μια ξεχωριστή μελέτη, οι υψηλότερες συνολικές προσωπικές εκθέσεις RF στο Βέλγιο και στην Ελβετία βρέθηκαν στις δημόσιες συγκοινωνίες, (τρένα, λεωφορεία, τραμ και γραμμές μετρό) σε σύγκριση με εξωτερικούς χώρους (κατοικημένες

περιοχές, κέντρο και προάστια) και εσωτερικούς χώρους (αεροδρόμιο, σιδηροδρομικοί σταθμοί και εμπορικά κέντρα).

## **7.9 ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ**

### **7.9.1 Ανάπτυξη Καρκίνου**

Μία σημαντική ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις της έκθεσης σε RF είναι η ανάπτυξη καρκίνου. Ορισμένες επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει συσχέτιση μεταξύ της μακροχρόνιας και συχνής χρήσης κινητών τηλεφώνων και συγκεκριμένων τύπων όγκων του εγκεφάλου, που βρίσκονται στην ίδια πλευρά του κεφαλιού με το τηλέφωνο που χρησιμοποιήθηκε. Για παράδειγμα, μια σειρά από μελέτες διαπίστωσαν συσχέτιση μεταξύ γλοιώματος και χρήσης κινητού τηλεφώνου. Τα γλοιώματα είναι ο πιο κοινός τύπος πρωτογενούς όγκου εγκεφάλου, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 75% όλων των περιπτώσεων. Ωστόσο, οι πρωτογενείς όγκοι του εγκεφάλου είναι σχετικά σπάνιοι, αποτελώντας μόνο το 1% όλων των καρκίνων.

Στην πολυεθνική μελέτη INTERPHONE, παρατηρήθηκε αυξημένος κίνδυνος όγκων του εγκεφάλου (ειδικά γλοιώματα) μόνο σε ασθενείς με το βαρύτερο ιστορικό χρήσης κινητού τηλεφώνου σε όλη τη διάρκεια της ζωής (περισσότερες από 1640 ώρες συνολικά). Οι συγγραφείς της μελέτης ήταν πολύ προσεκτικοί σχετικά με την ερμηνεία αυτού του ευρήματος δεδομένου του γεγονότος ότι τέτοιου είδους μελέτες βαρύνονται από σημαντικά σφάλματα.

Στην μελέτη CERENAT, όσοι χρησιμοποιούσαν κινητά τηλέφωνα πολύ συχνά και για περισσότερα χρόνια είχαν υψηλότερο κίνδυνο γλοιώματος. Ωστόσο, πέρα από ορισμένα θετικά ευρήματα, υπήρξε έλλειψη συνέπειας στις επιδημιολογικές μελέτες και τις μετα-αναλύσεις ως προς το εάν η μακροχρόνια και εντατική χρήση του κινητού τηλεφώνου αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση όγκων του εγκεφάλου.

Οι μελέτες για καρκίνο, εκτός από τους όγκους του εγκεφάλου, και η σχέση τους με τη χρήση κινητών τηλεφώνων ήταν ως επί το πλείστον αρνητικές. Ορισμένες μελέτες, συμπεριλαμβανομένης μιας από την ομάδα INTERPHONE, διαπίστωσαν συσχέτιση μεταξύ ακουστικού

νευρώματος (καλοήθης όγκος του κύριου νεύρου από το εσωτερικό αυτί στον εγκέφαλο) και του υψηλότερου επιπέδου αθροιστικού χρόνου τηλεφωνικών κλήσεων.

Μια μελέτη που αξιολόγησε τη σχέση μεταξύ έκθεσης σε ραδιοσυχνότητες από χρήση κινητού τηλεφώνου και μελανωμάτων (επιθετικός καρκίνος του δέρματος) στο κεφάλι και το λαιμό δεν έδειξε συσχέτιση. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε μεσήλικες γυναίκες στην Βρετανία δεν διαπίστωσε αυξημένο κίνδυνο για οποιοδήποτε τύπο καρκίνου σε συνδυασμό με τη χρήση κινητού τηλεφώνου.

### **7.9.2 Αναπαραγωγικό Σύστημα**

Η πλειονότητα των μελετών σχετικά με τις επιδράσεις στην αναπαραγωγή που σχετίζονται με την έκθεση σε RF έχουν αξιολογήσει τη βλάβη στα σπερματοζώαρια. Αυτό βασίζεται σε ένα μηχανιστικό επιχείρημα που υποθέτει ότι η έκθεση στο κινητό έχει άμεση επίδραση στα σπερματοζώαρια όταν τοποθετείται κοντά στους όρχεις (μεταφέρεται σε ζώνη ή σε τσέπες) ή σε έμμεσο αποτέλεσμα μέσω αναπαραγωγικών ορμονικών αλλαγών. Ενώ η επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων δείχνει μια συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε RF και των ανωμαλιών του σπέρματος, αυτά τα αποτελέσματα δεν ταυτίζονται απαραίτητα με τη στειρότητα. Ένα κοινό εύρημα ήταν ότι η έκθεση σε RF σχετίζεται με μειώσεις στην ποιότητα του ανθρώπινου σπέρματος, ιδιαίτερα στην κινητικότητα (πόσο καλά το σπέρμα κινείται) και στην μορφολογία (εμφάνιση). Δύο μετα-αναλύσεις μελετών παρατήρησης και εργαστηριακές πειραματικές μελέτες σε ανθρώπινο σπέρμα έδειξαν συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε RF από κινητά τηλέφωνα και της μειωμένης κινητικότητας και βιωσιμότητας του σπέρματος (ζωντανό σπέρμα), ενώ η επίδραση στη συγκέντρωση σπέρματος ήταν λιγότερο σαφής. Ωστόσο, υπάρχουν μεθοδολογικοί περιορισμοί σε αυτές τις μελέτες και συνεπώς τα αποτελέσματα δεν είναι απολύτως σίγουρα.

Τα αποτελέσματα των μελετών σε ζώα ήταν ασυνεπή και αντιφατικά. Αν και ορισμένες μελέτες σε πειραματόζωα δεν έχουν δείξει καμία επίδραση στην ποιότητα του σπέρματος λόγω της έκθεσης σε RF, άλλες μελέτες έχουν βρει σημαντικές αλλαγές στις παραμέτρους του σπέρματος όπως η κινητικότητα, η μορφολογία και οι βιοχημικές ιδιότητες.

Οι μελέτες σχετικά με την επίδραση του κινητού τηλεφώνου στην εγκυμοσύνη βασίζονται σχεδόν σε πειραματικές μελέτες σε ζώα. Εργαστηριακές μελέτες σε αρουραίους και ποντίκια δεν έχουν δείξει αναπαραγωγικές επιδράσεις από τη μετρούμενη έκθεση σε RF κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης στον αριθμό ζωντανών ή νεκρών εμβρύων ή ανωμαλίες στους απογόνους. Ωστόσο, έχει αναφερθεί αυξημένη θνησιμότητα των εμβρύων κοτόπουλου μετά από έκθεση σε RF από κινητά τηλέφωνα. Γενικά, οι διαθέσιμες μελέτες σε ζώα είναι πολύ διαφορετικές και ασυνεπείς στις μεθόδους και συχνά αναφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα. Οι επιδημιολογικές μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις στους απογόνους από τη μητρική έκθεση σε RF είναι σχετικά σπάνιες.

Κανένα από τα αναπαραγωγικά αποτελέσματα που μελετήθηκαν, συμπεριλαμβανομένης της αναλογίας φύλου, της περιγεννητικής θνησιμότητας, του χαμηλού βάρους γέννησης, του πρόωρου τοκετού ή των συγγενών ανωμαλιών, δεν συσχετίστηκε σημαντικά με το αυξανόμενο επίπεδο έκθεσης στο μητρικό κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης.

### **7.9.3 Ανάπτυξη των Παιδιών**

Έχει προταθεί ότι η έκθεση σε ραδιοσυχνότητες επηρεάζει τα παιδιά πιο σοβαρά καθώς έχουν λεπτότερα κρανία, οι εγκεφαλικοί ιστοί τους είναι πιο απορροφητικοί και το μέγεθός τους είναι σχετικά μικρό για μια δεδομένη έκθεση, σε σύγκριση με τους ενήλικες. Για παράδειγμα, το SAR για ένα 10χρονο έχει εκτιμηθεί ότι είναι έως και 153% υψηλότερο από το SAR για έναν ενήλικα και η απορρόφηση της ραδιοσυχνότητας στο κεφάλι ενός παιδιού μπορεί να είναι πάνω από δύο φορές μεγαλύτερη από αυτήν ενός ενήλικα για την ίδια ποσότητα έκθεσης σε RF.

Πολλές μελέτες που αξιολογούν τις αναπτυξιακές επιδράσεις των πεδίων RF στα ζώα έχουν δείξει τερατογόνες επιδράσεις σε επίπεδα RF αρκετά υψηλά ώστε να προκαλέσουν αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού ή του σώματος. Δεν υπάρχουν σταθερές ενδείξεις αναπτυξιακών επιδράσεων σε επίπεδα μη θερμικής έκθεσης.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες που αξιολογούν τη σχέση μεταξύ προβλημάτων συμπεριφοράς ή ελλειμματικής εγκεφαλικής λειτουργίας σε παιδιά που εκτίθενται σε RF προγεννητικά ή κατά τη διάρκεια της

παιδικής ηλικίας. Δύο μεγάλες μελέτες κατέληξαν σε αντίθετα συμπεράσματα σχετικά με το κατά πόσον τα παιδιά έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο προβλημάτων συμπεριφοράς, όπως η υπερκινητικότητα, που σχετίζονται με τη χρήση κινητών τηλεφώνων από τη μητέρα κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Παρόλο που υπήρχαν εικασίες ότι οι διαταραχές του φάσματος του αυτισμού μπορεί να σχετίζονται με την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες, δεν υπάρχουν επιστημονικά στοιχεία που να υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Δεν βρέθηκαν διαφορές στη λειτουργία του εγκεφάλου συγκρίνοντας τους εφήβους (ηλικίας 11-13 ετών) που εκτέθηκαν σε RF τυπικά κινητά τηλέφωνα με εκείνους που δεν εκτέθηκαν.

Μια μελέτη περίπτωσης για παιδιά και εφήβους στην Ευρώπη δεν διαπίστωσε καμία σχέση μεταξύ του βαθμού χρήσης του κινητού τηλεφώνου και της εμφάνισης όγκων στον εγκέφαλο κατά την παιδική ηλικία.

Συνολικά, λαμβανομένων υπόψη των περιορισμένων διαθέσιμων στοιχείων, οι επιπτώσεις της έκθεσης σε RF στη γνωστική ανάπτυξη που οδηγεί σε προβλήματα συμπεριφοράς και στον παιδικό καρκίνο, παραμένουν ασαφείς.

#### **7.9.4 Συμπτώματα**

Τα συμπτώματα που αναφέρονται συνήθως ότι σχετίζονται με την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες περιλαμβάνουν αϋπνία, πονοκεφάλους, εμβοές (κουδούνισμα ή βουητό στο αυτί), κόπωση και ζάλη.

Η μόνη δημοσιευμένη μελέτη σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία των έξυπνων μετρητών είναι μια μελέτη του 2014 που περιγράφει μια σειρά περιπτώσεων 92 κατοίκων από την πολιτεία Βικτώρια της Αυστραλίας, οι οποίοι είχαν υποβάλει καταγγελίες μέσω ενός αυστραλιανού δημόσιου ιστότοπου, σχετικά με την εμφάνιση συγκεκριμένων συμπτωμάτων όταν η κυβέρνηση εγκατέστησε έξυπνους μετρητές στην περιοχή τους. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα συμπτώματα για τα οποία παραπονέθηκαν οι κάτοικοι σχετίζονται με την εγκατάσταση των έξυπνων μετρητών. Ωστόσο, η απόδειξη της σχέσης μεταξύ συμπτωμάτων και μετρητών είναι αδύναμη λόγω της απουσίας άλλης ομάδας κατοίκων για σύγκριση και έλλειψη πληροφοριών σχετικά με την έκθεση στα ραδιοκύματα καθενός από τους

κατοίκους και άλλους παράγοντες (όπως το άγχος) που ενδέχεται να έχουν επηρεάσει τα συμπτώματά τους.

Εκτός από τα μεμονωμένα μη ειδικά συμπτώματα, το σύνδρομο της ηλεκτροϋπερευαισθησίας (electrohypersensitivity, EHS) έχει αποδοθεί σε εκθέσεις από ασύρματους (κινητούς) τηλεφωνικούς σταθμούς βάσης και άλλες συσκευές εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων. Τα άτομα που έχουν EHS υποφέρουν από συμπτώματα που επηρεάζουν πολλά συστήματα του σώματος, όπως μυρμήγκιασμα ή κάψιμο του δέρματος, αϋπνία, πονοκεφάλους κόπωσης, ναυτία, πεπτικές διαταραχές και αίσθημα παλμών της καρδιάς.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η σοβαρότητα αυτών των συμπτωμάτων μπορεί να οδηγήσει σε αναπηρία. Οι πειραματικές εργαστηριακές μελέτες συχνά περιλαμβάνουν διπλή τύφλωση, στην οποία ούτε ο πειραματιστής ούτε το άτομο γνωρίζουν τις συνθήκες έκθεσης. Σε τέτοιες μελέτες, άτομα που πάσχουν από EHS και υγιή άτομα κατανέμονται τυχαία είτε σε ομάδα που λαμβάνει γνωστή έκθεση σε σήματα RF (από κεραίες σταθμού βάσης κινητού τηλεφώνου για παράδειγμα) είτε σε ομάδα που δεν εκτίθεται στην ακτινοβολία. Μια συστηματική ανασκόπηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε RF από σταθμούς βάσης κινητών τηλεφώνων κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι περισσότερες από τις τυχαιοποιημένες εργαστηριακές μελέτες δεν είχαν εντοπίσει συσχετίσεις μεταξύ της έκθεσης και της εμφάνισης οξέων συμπτωμάτων κατά τη διάρκεια ή λίγο μετά την έκθεση.

## **8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

### **8.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η ΕΕΑΕ είναι υπεύθυνη για την προστασία του πληθυσμού και του περιβάλλοντος από τις τεχνητά παραγόμενες μη-ιοντίζουσες ακτινοβολίες - οι οποίες δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να συγχέονται με τη ραδιενέργεια (ιοντίζουσα ακτινοβολία) - και φροντίζει για την παροχή σχετικής πληροφόρησης σε κάθε ενδιαφερόμενο. Ο ρόλος της περιλαμβάνει τον έλεγχο των μελετών ραδιοεκπομπών, τον έλεγχο των περιβαλλοντικών μελετών και τις μετρήσεις της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.

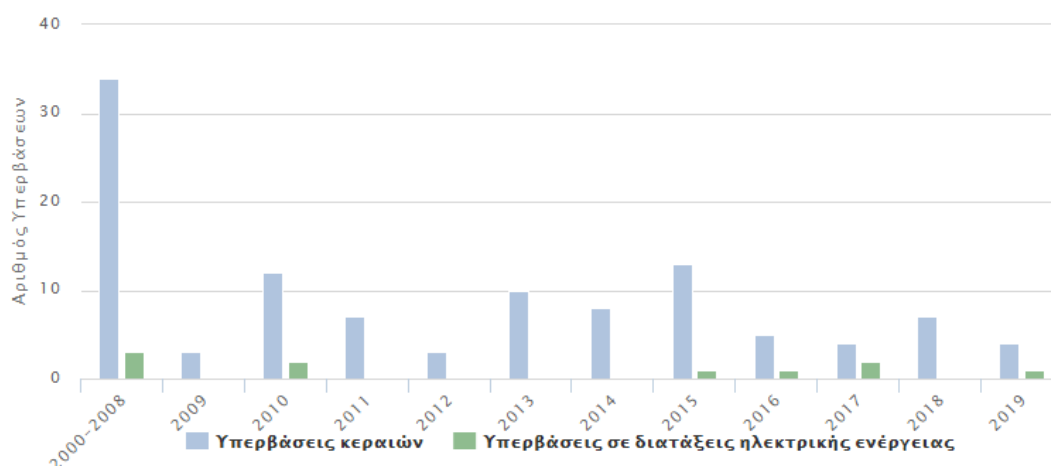
Ο έλεγχος αφορά διατάξεις εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως οι ακόλουθες:

- Σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας και σταθερής ασύρματης πρόσβασης και άλλα είδη σταθμών που παρέχουν πάσης φύσεως τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες
- Γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, υποσταθμοί συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, μηχανήματα, συσκευές και άλλες διατάξεις εκπομπής ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων
- Κεραίες τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών σταθμών
- Διατάξεις ραντάρ και επίγειοι δορυφορικοί σταθμοί
- Σολάριουμ (διατάξεις τεχνητού μαυρίσματος)
- Μαγνητικοί τομογράφοι

Την περίοδο 2000-2019 κλιμάκια της ΕΕΑΕ και εξουσιοδοτημένων από αυτή φορέων διενήργησαν περισσότερες από 17.000 αυτοψίες και επί τόπου μετρήσεις στο περιβάλλον σταθμών κεραιών όλων των ειδών που παρέχουν πάσης φύσεως τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες σε όλη τη χώρα. Όλη αυτή την

περίοδο, υπερβάσεις των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε υψίσυχηνη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε θέσεις στις οποίες είναι ελεύθερη και δυνατή η πρόσβαση του γενικού πληθυσμού διαπιστώθηκαν σε 110 περιπτώσεις (σχήμα 8.1).

Οι περισσότερες (94) αφορούσαν μετρήσεις σε χώρους που πρακτικά συνιστούν πάρκα κεραιών εκτός οικιστικού ιστού, ενώ οι υπόλοιπες (16) αφορούσαν μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας. Για καθεμία από αυτές τις περιπτώσεις η ΕΕΑΕ ενήργησε τάχιστα και σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, προκειμένου να αρθεί η αιτία της δυσλειτουργίας και να ληφθούν τα αναγκαία κατά περίπτωση μέτρα προφύλαξης του κοινού, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται με επανέλεγχο και επί τόπου μετρήσεις από συνεργεία της ΕΕΑΕ.



Σχήμα 8.1 Υπερβάσεις ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού [9].

Παράλληλα, κλιμάκια της ΕΕΑΕ έχουν πραγματοποιήσει επί τόπου μετρήσεις των επιπέδων των δημιουργούμενων ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στο περιβάλλον όλων των τύπων γραμμών, υποσταθμών και διατάξεων του συστήματος μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη χώρα. Σε σύνολο πλέον των 734 ελέγχων την περίοδο 2000-2019, σε 10 περιπτώσεις διαπιστώθηκαν υπερβάσεις των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού. Για καθεμία από αυτές τις περιπτώσεις η ΕΕΑΕ ενήργησε αρμοδίως σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, προκειμένου να



αρθεί η αιτία της δυσλειτουργίας και να ληφθούν τα αναγκαία, κατά περίπτωση, μέτρα προφύλαξης του κοινού.

Επισημαίνεται ότι εντός αστικού ιστού, δεν διαπιστώθηκε καμία υπέρβαση ή πιθανή υπέρβαση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού.

## **8.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΚΕΡΑΙΕΣ ΠΛΗΣΙΟΝ ΤΟΥ ΑΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μετρήσεων σε κεραιές που βρίσκονται πλησίον των εγκαταστάσεων του ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας στην περιοχή Κουκούλι της Πάτρας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας και είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα της επιτροπής [9].

Στα ιστογράμματα παρουσιάζονται σε λογαριθμική κλίμακα η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και του μαγνητικού πεδίου καθώς και η πυκνότητα ισχύος και ο λόγος έκθεσης στα σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Το απεικονιζόμενο όριο αντιστοιχεί στο αυστηρότερο όριο, δηλαδή το αριθμητικά μικρότερο όριο, των περιοχών συχνοτήτων όπως παρουσιάζονται στο διάγραμμα «πίτας» που ακολουθεί.

Στο διάγραμμα του λόγου έκθεσης παρουσιάζεται ο λόγος έκθεσης της μετρούμενης τιμής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στις φασματικές περιοχές για το σημείο μέτρησης στο οποίο καταγράφηκε η μεγαλύτερη τιμή έντασης ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε περίπτωση και ο αντίστοιχος συνολικός λόγος έκθεσης (τελευταία δεξιά στήλη). Ο λόγος έκθεσης υπολογίζεται από το πηλίκο του τετραγώνου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε μία ζώνη συχνοτήτων προς το τετράγωνο του αντίστοιχου ορίου επικινδυνότητας. Ο συνολικός λόγος έκθεσης είναι το άθροισμα των επιμέρους λόγων έκθεσης. Το όριο του λόγου έκθεσης για κάθε φασματική περιοχή, καθώς και του συνολικού, είναι η τιμή 1.

Στο διάγραμμα «πίτας» παρουσιάζεται η ανάλυση της μετρούμενης πυκνότητας ισχύος σε φασματικές περιοχές στο σημείο μέτρησης στο οποίο καταγράφηκε η μεγαλύτερη τιμή έντασης ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε περίπτωση.

1) Στην οροφή της απόληξης του τετραώροφου κτιρίου επί της οδού Ακρωτηρίου 78 εδράζει ιστός ύψους τριών περίπου μέτρων εντός καλύμματος κυλινδρικού σχήματος στον οποίο είναι τοποθετημένες 3 κεραιοδιατάξεις αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας που λειτουργούν στις περιοχές συχνοτήτων των 900 και 2100 MHz. Διαπιστώθηκε ακόμα η παρουσία στην ίδια θέση, μίας μικροκυματικής κεραίας εντός καλύμματος ορθογωνικής διατομής.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα ακόλουθα σημεία περιμετρικά του σταθμού:

### Σημείο 1

Μπροστά στην είσοδο του 33ου Δημοτικού 55ου Νηπιαγωγείου Πάτρας, σε απόσταση 50 περίπου μέτρων από τις κεραιοδιατάξεις.

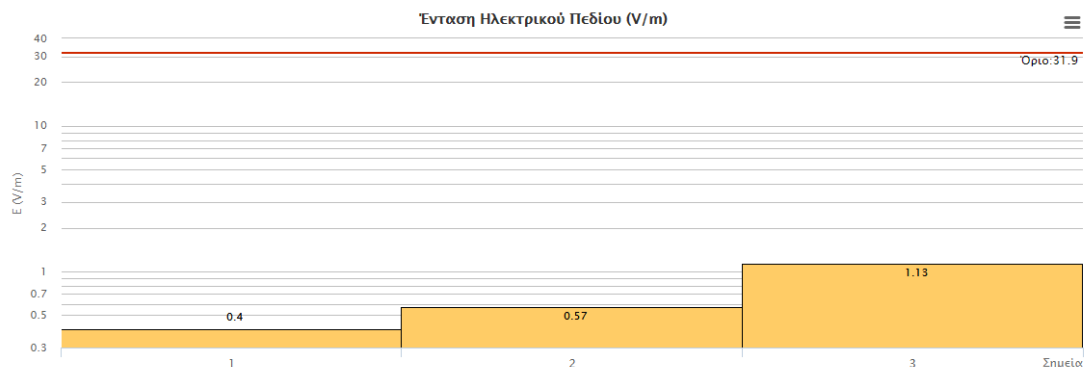
### Σημείο 2

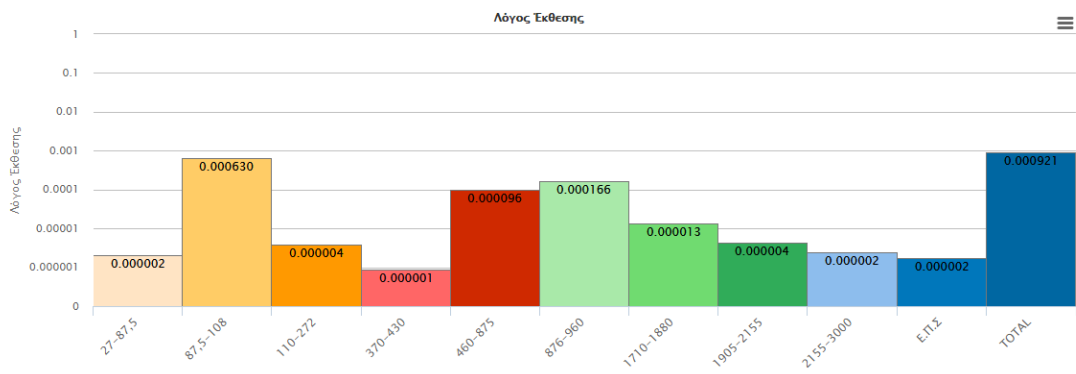
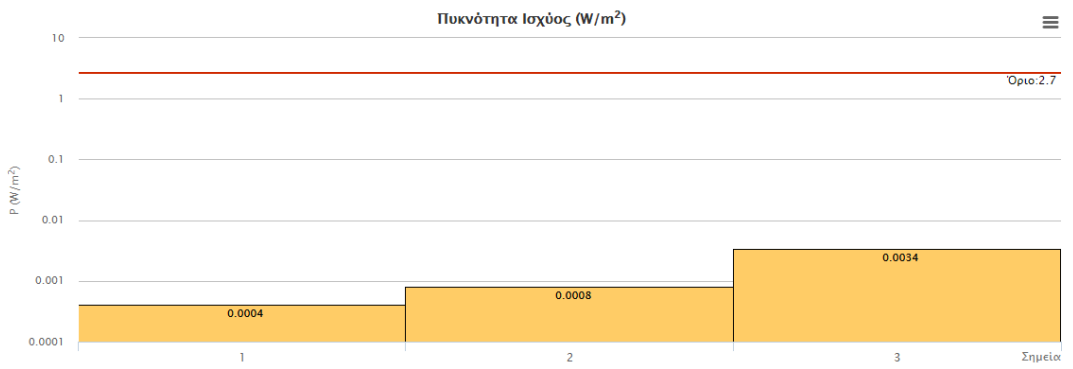
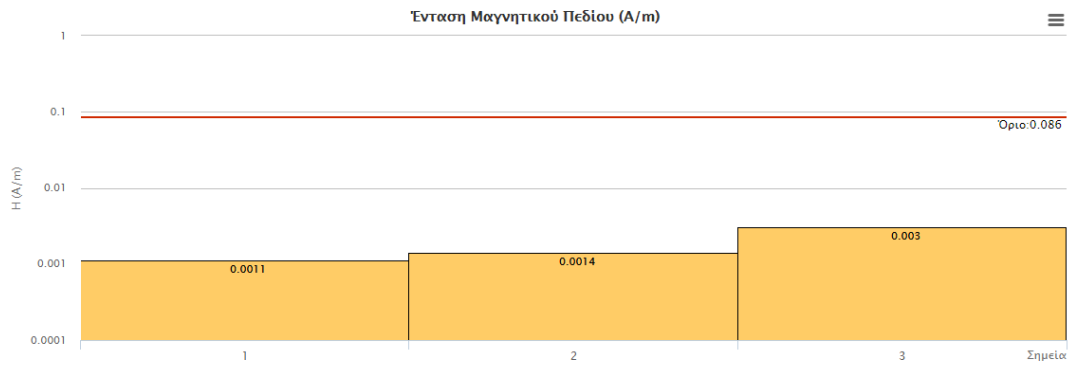
Στο μπαλκόνι του 1ου ορόφου του 33ου Δημοτικού Σχολείου, έξω από την τάξη Ε2 και σε απόσταση 20 περίπου μέτρων από τις κεραιοδιατάξεις.

### Σημείο 3

Στην ταράτσα του διώροφου κτιρίου επί της Ακρωτηρίου 75, σε απόσταση 40 περίπου μέτρων από τις κεραιοδιατάξεις.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στο σχήμα 8.2.





## Φασματική Ανάλυση



- 27-87,5
- 87,5-108 Ραδιοφωνικές εκπομπές στη φασματική περιοχή των FM
- 110-272 Αεροναυτική και ναυτιλιακή επικοινωνία - Εκπομπές στη φασματική περιοχή VHF
- 370-430 Ενδοεπικοινωνίες ιδιωτικών δικτύων και δίκτυα σωμάτων ασφαλείας (σύστημα TETRA)
- 460-875 Ψηφιακές τηλεοπτικές εκπομπές (DVB-T) στη φασματική περιοχή UHF, εκπομπές σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στις ζώνες συχνοτήτων των 800 MHz (LTE)
- 876-960 Εκπομπές σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στις ζώνες συχνοτήτων των 900 MHz (GSM, GSM-R & UMTS), ραδιοενοτοπισμός
- 1710-1880 Εκπομπές σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στις ζώνες συχνοτήτων των 1800 MHz (DCS & LTE)
- 1905-2160 Εκπομπές σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στις ζώνες συχνοτήτων των 2000-2100 MHz (UMTS)
- 2160-3000 Εκπομπές σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στη ζώνη συχνοτήτων των 2600 MHz (LTE), εκπομπές κεραιοδιατάξεων Wi-Fi, εκπομπές μικροκυματικών κεραιών ζεύξης, συστήματα ραντάρ, ραδιοενοτοπισμός
- Ενδιάμεσες περιοχές συχνοτήτων (Ε.Π.Σ) Οι υπόλοιπες περιοχές συχνοτήτων από 27 MHz έως 3 GHz, οι οποίες δεν περιέχονται στις παραπάνω περιοχές

Σχήμα 8.2 Αποτελέσματα μετρήσεων για την κεραία στην Ακρωτηρίου 78 [9].

2) Στο Π.Ε.Ο.Α.Κ ΠΑΜΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΙΑΚΟ ΓΗΠΕΔΟ, στο δήμο Πατρέων, στο νομό ΑΧΑΪΑΣ, υπάρχει εγκατεστημένος σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας. Αναλυτικότερα αναφέρεται για την εν λόγω θέση ότι διαπιστώθηκε η ύπαρξη 2 μικροκυματικών ζεύξεων, 5 κατευθυντικών κεραιοδιατάξεων τύπου panel αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας και 2 ομοιοκατευθυντικών κεραιοδιατάξεων αναμετάδοσης Tetra στον εξωτερικό χώρο του γηπέδου. Εντός του γηπέδου στην οροφή των κερκίδων εντοπίστηκαν 5 κατευθυντικών κεραιοδιατάξεων τύπου panel αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα ακόλουθα σημεία περιμετρικά του σταθμού:

### Σημείο 1

Επί του εδάφους, εντός γηπέδου στο ταρτάν, σε οριζόντια απόσταση 40 μέτρων περίπου, ανατολικά του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 2

Επί του εδάφους, εντός γηπέδου, σε οριζόντια απόσταση 36 μέτρων περίπου, ΒΑ του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 3

Επί του εδάφους, στην κερκίδα, σε οριζόντια απόσταση 51 μέτρων περίπου, βόρεια του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

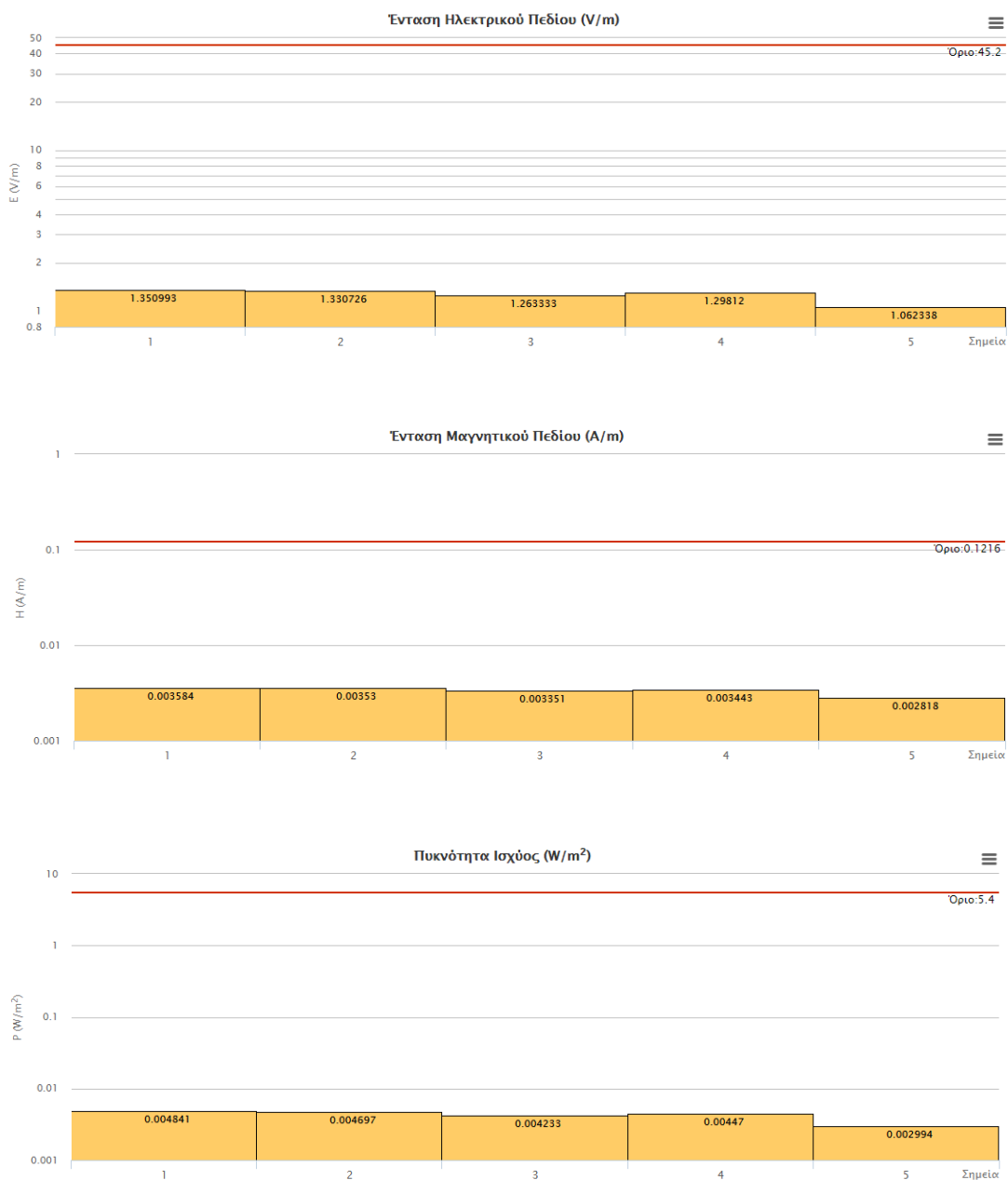
#### Σημείο 4

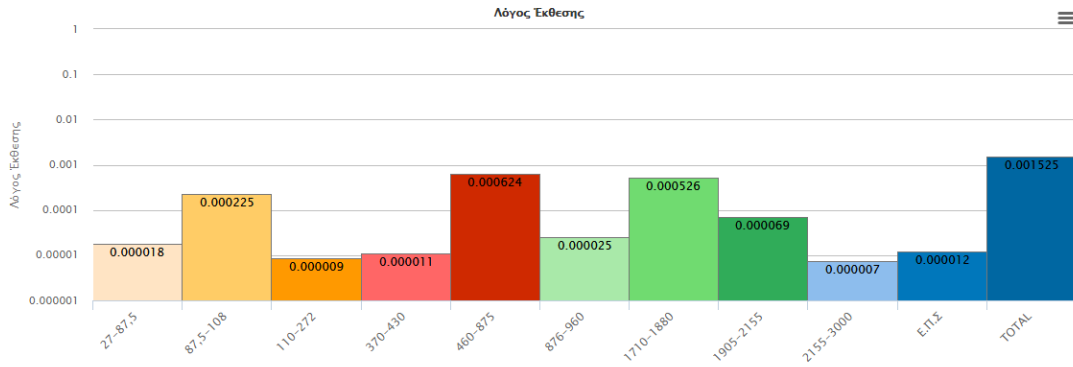
Στο επίπεδο του δρόμου, επί της οδού Ι. Ρίτσου, σε οριζόντια απόσταση 55 μέτρων περίπου, νότια του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

#### Σημείο 5

Στο επίπεδο του δρόμου, επί της οδού Πατρών Κλάους 110, σε οριζόντια απόσταση 65 μέτρων περίπου, δυτικά του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στο σχήμα 8.3.





### Φασματική Ανάλυση



Σχήμα 8.3 Αποτελέσματα μετρήσεων για την κεραία στο Π.Ε.Ο.Α.Κ ΠΑΜΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΙΑΚΟ ΓΗΠΕΔΟ [9].

3) Σε ταράτσα τετραώροφου κτιρίου, επί της οδού Φιλίππου και Ολυμπιάδος, στο δήμο Πατρέων, στο νομό Αχαΐας, υπάρχει εγκατεστημένος σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας. Αναλυτικότερα αναφέρεται για τον σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας, ότι διαπιστώθηκε η ύπαρξη μίας μικροκυματικής ζεύξης σε ιστό ενός μέτρου και μίας κατασκευής τύπου καμινάδας, εντός της οποίας υπάρχουν κεραιοδιατάξεις αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας, ύψους περίπου 3 μέτρων.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα ακόλουθα σημεία περιμετρικά του σταθμού:

#### Σημείο 1

Στο μπαλκόνι δευτέρου ορόφου (γιαπί), επί της οδού Φιλίππου Ολυμπιάδος, σε οριζόντια απόσταση 52 μέτρων περίπου, νότια του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

#### Σημείο 2

Σε ταράτσα τετραώροφου κτιρίου επί της οδού Σκύρου 102 Α , σε οριζόντια απόσταση 24 μέτρων περίπου, ανατολικά του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 3

Σε ταράτσα τετραόροφου κτιρίου επί της οδού Σκύρου 102 Β, σε οριζόντια απόσταση 22 μέτρων περίπου, βόρεια του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

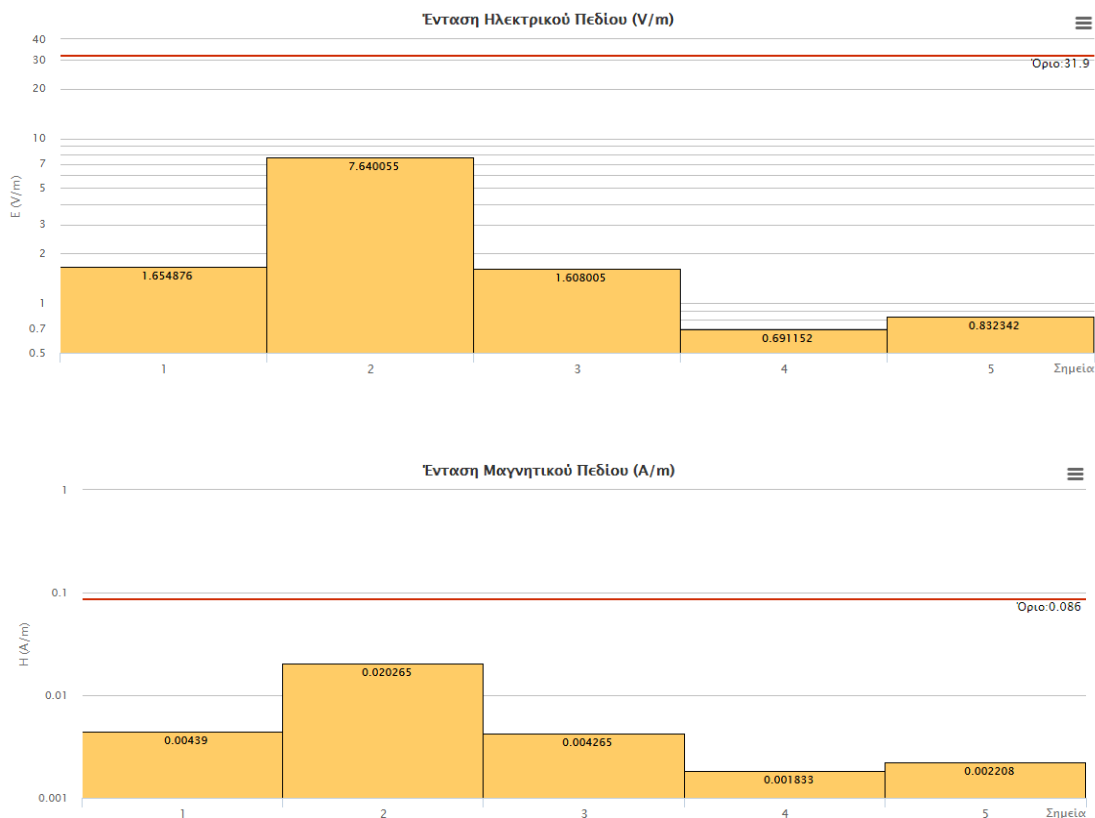
### Σημείο 4

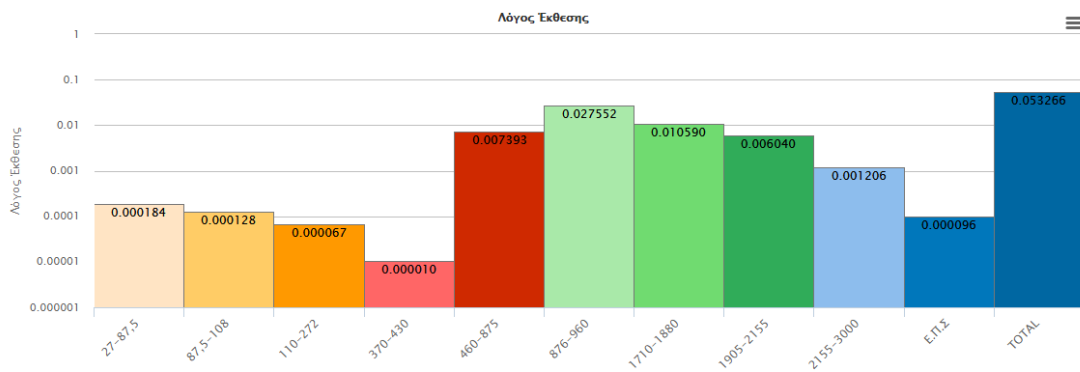
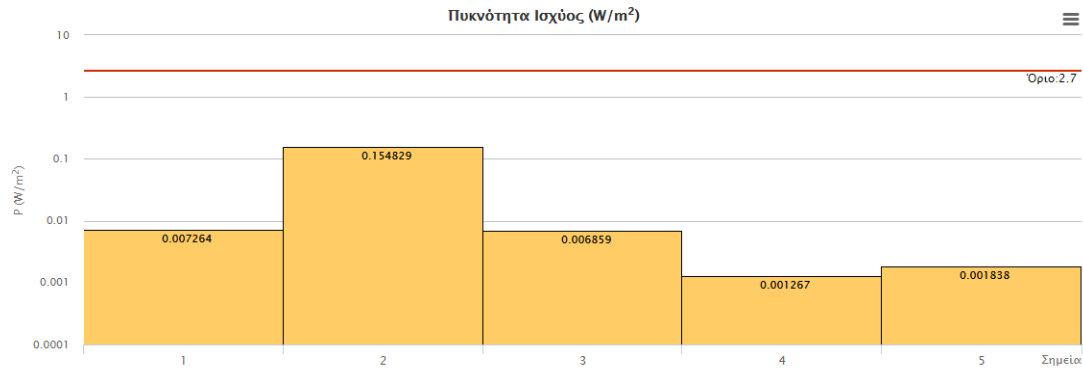
Στο επίπεδο του δρόμου, επί της οδού Φιλίππου Ολυμπιάδος, σε οριζόντια απόσταση 59 μέτρων περίπου, δυτικά του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 5

Στο επίπεδο του δρόμου, στη συμβολή των οδών Φιλίππου Ολυμπιάδος και Ξενωνος, σε οριζόντια απόσταση 40 μέτρων περίπου, ΝΔ του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στο σχήμα 8.4.





### Φασματική Ανάλυση



Σχήμα 8.4 Αποτελέσματα μετρήσεων για την κεραία στην οδό Φιλίππου και Ολυμπιάδος [9].

4) Στην οροφή της απόληξης του πενταόροφου κτιρίου, επί της οδού Ακρωτηρίου 13, στο δήμο Πατρέων, στο νομό Αχαΐας, υπάρχει εγκατεστημένος σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας. Αναλυτικότερα αναφέρεται για τον εν λόγω σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας, ότι διαπιστώθηκε η ύπαρξη μίας κατασκευής τετραγωνικής διατομής τύπου καμινάδας, εντός της οποίας υπάρχουν κεραιοδιατάξεις αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας, ύψους περίπου 5 μέτρων.



Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα ακόλουθα σημεία περιμετρικά του σταθμού:

### Σημείο 1

Σε ταράτσα διώροφου κτιρίου επί της οδού Βισαλτίας 3, σε οριζόντια απόσταση 64 μέτρων περίπου, ανατολικά του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 2

Σε ταράτσα διώροφου κτιρίου επί της οδού Τανάγρας 5, σε οριζόντια απόσταση 38 μέτρων περίπου, βόρεια του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 3

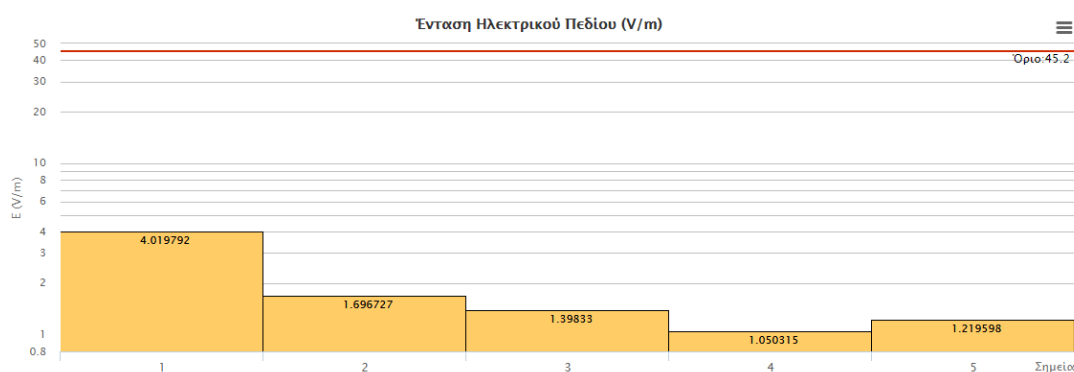
Σε ταράτσα διώροφου κτιρίου επί της οδού Ακρωτηρίου 7, σε οριζόντια απόσταση 38 μέτρων περίπου, ΒΔ του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

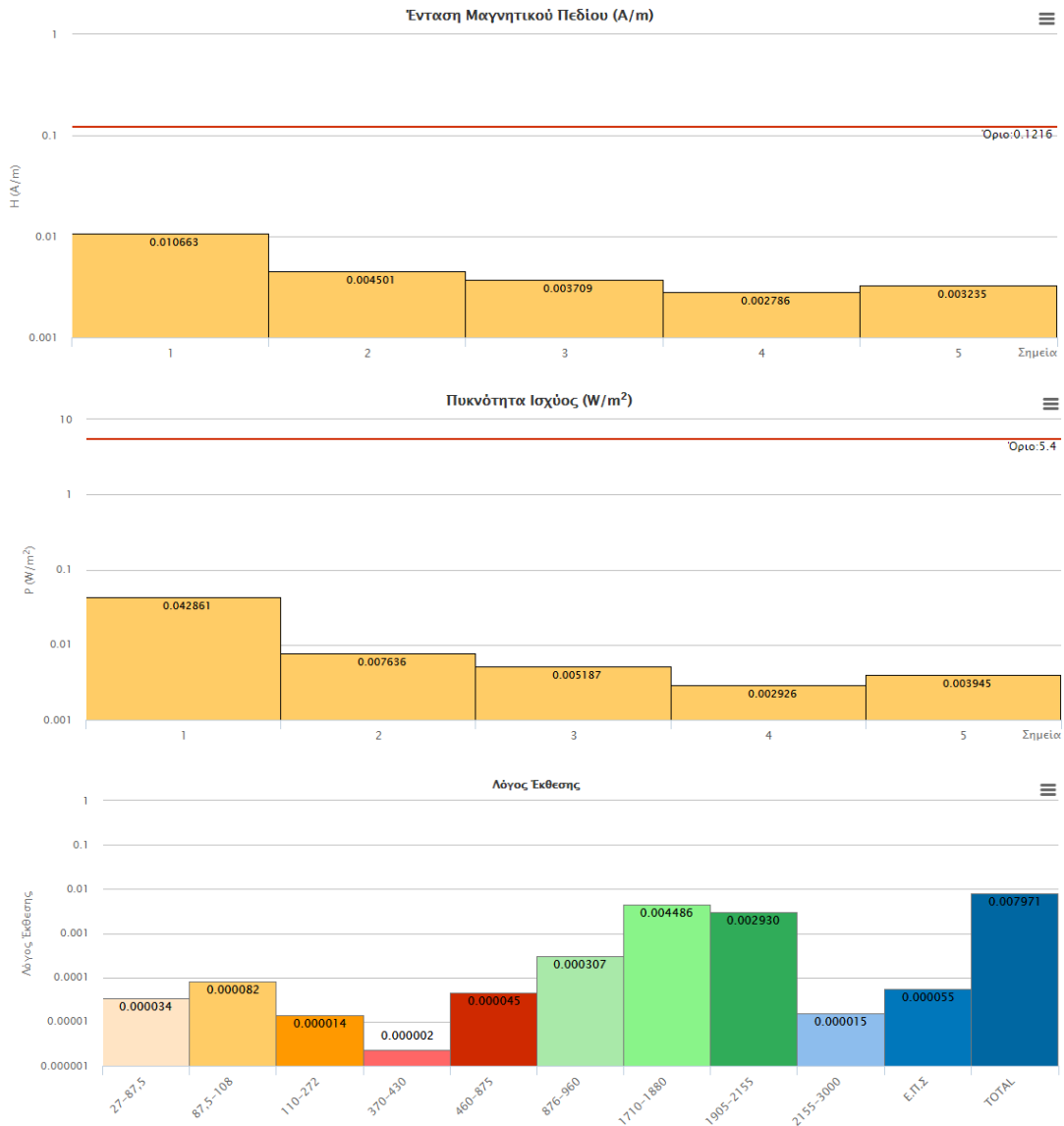
### Σημείο 4

Επί του εδάφους, στην πλατεία Παπανδρέου, σε οριζόντια απόσταση 45 μέτρων περίπου, ΝΔ του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

### Σημείο 5

Στο επίπεδο του δρόμου, επί της οδού Ακρωτηρίου 22, σε οριζόντια απόσταση 49 μέτρων περίπου, νότια του υπό μέτρηση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.





### Φασματική Ανάλυση



Σχήμα 8.5 Αποτελέσματα μετρήσεων για την κεραία στην οδό Ακρωτηρίου 13 [9].

5) Στην ταράτσα του εμπορικού κέντρου Carrefour στην Περιβόλα Πάτρας και επί ιστού ύψους 5 περίπου μέτρων εντός καλύμματος τύπου αεραγωγού, βρίσκονται εγκατεστημένες κεραιοδιατάξεις αναμετάδοσης

κινητής τηλεφωνίας. Αναλυτικότερα, αναφέρεται ότι στην εν λόγω θέση βρίσκεται εγκατεστημένος σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας ο οποίος περιλαμβάνει 2 κεραιοδιατάξεις αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας που λειτουργούν στις περιοχές συχνοτήτων των 900, 1800 και 2100 MHz και με κατευθύνσεις μέγιστης ακτινοβολίας των κύριων λοβών τους προς τα βορειοανατολικά και νοτιοδυτικά. Στον εν λόγω σταθμό βάσης συμπεριλαμβάνεται και μία μικροκυματική κεραία, εγκατεστημένη στην ταράτσα του προαναφερθέντος κτιρίου.

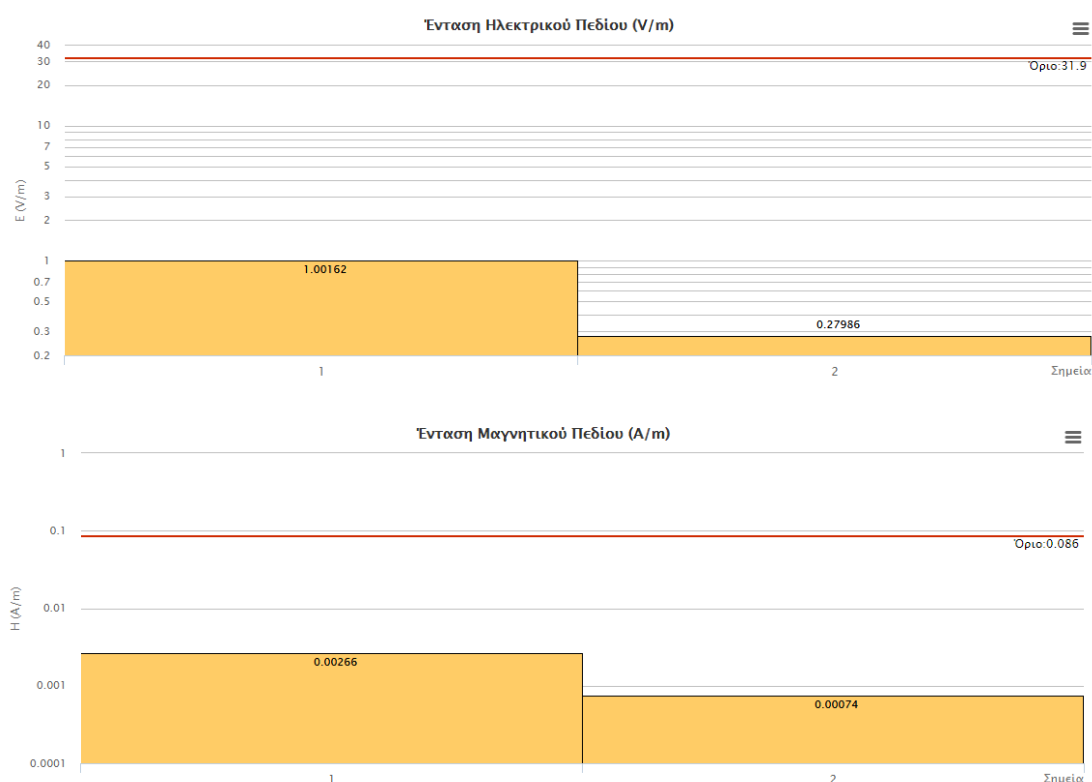
Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα ακόλουθα σημεία περιμετρικά του σταθμού:

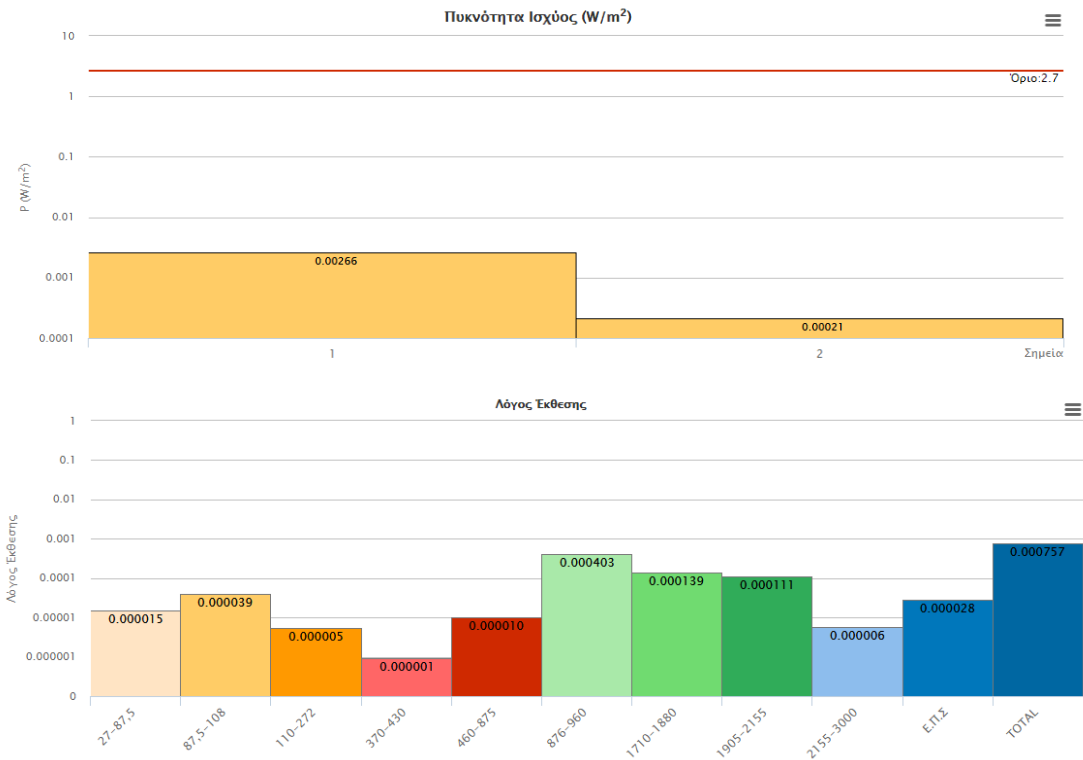
### Σημείο 1

Πλησίον της πίσω εισόδου παραλαβής εμπορευμάτων, σε οριζόντια απόσταση 40 περίπου μέτρων βόρεια από τον ιστό στήριξης των κεραιοδιατάξεων.

### Σημείο 2

Στο χώρο του parking, σε οριζόντια απόσταση 100 περίπου μέτρων νότια από τον ιστό στήριξης των κεραιοδιατάξεων.





### Φασματική Ανάλυση



Σχήμα 8.6 Αποτελέσματα μετρήσεων για την κεραία στο εμπορικό κέντρο Carrefour στην Περιβόλα Πάτρας [9].

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν οι τιμές του λόγου έκθεσης είναι πολύ χαμηλές. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι πολύ χαμηλότερες από το όριο επικινδυνότητας. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η περιοχή που βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας στην Πάτρα δεν είναι ηλεκτρομαγνητικά επιβαρυνόμενη.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο τεχνολογικός μας πολιτισμός βασίζεται στον ηλεκτρομαγνητισμό και τις εφαρμογές του. Είμαστε απόλυτα εξαρτημένοι από τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές μας συσκευές και είναι σίγουρο ότι αυτό θα συνεχιστεί και στο μέλλον.

Παρά το γεγονός ότι όλο και περισσότεροι επιστήμονες ασχολούνται με την έρευνα των βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων δεν έχει ακόμη δοθεί μία οριστική απάντηση σε αυτό το ερώτημα. Υπάρχουν μόνο ενδείξεις, που σε κάποιες περιπτώσεις είναι ισχυρές, για την επικινδυνότητα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων αλλά όχι αποδείξεις. Είναι σίγουρο ότι η έρευνα και οι συζητήσεις για αυτό το θέμα θα συνεχιστεί για πολλά χρόνια.

Η συνετή επιλογή είναι να πάρουμε από τώρα κάποια μέτρα για την περίπτωση που επιβεβαιωθεί ο κίνδυνος παρά να περιμένουμε την οριστική απάντηση των επιστημόνων για να αρχίσουμε να μιλάμε για μέτρα αποφυγής. Άλλωστε οι ενδείξεις που έχουμε στη διάθεσή μας αφορούν πολύ σημαντικές ασθένειες.

Ανάμεσα στα μέτρα που πρέπει να ληφθούν είναι οι βελτιώσεις στα συστήματα παραγωγής, διανομής και χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και στα συστήματα τηλεπικοινωνιών με σκοπό τη μείωση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Επίσης, καθένας από εμάς πρέπει να λαμβάνει μέτρα αποφυγής όπως η τήρηση αποστάσεων από τις πηγές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και η μείωση του χρόνου παραμονής σε χώρους όπου τα πεδία έχουν υψηλές τιμές. Τέλος, είναι ανάγκη τα κράτη και οι διεθνείς οργανισμοί να ενθαρρύνουν και να υποστηρίξουν τη σχετική έρευνα ώστε να μάθουμε το βαθμό στον οποίο τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία επηρεάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς καθώς και τους μηχανισμούς μέσα από τους οποίους συμβαίνει αυτή η επίδραση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1] Λιολιούσης Κ.Θ. Βιολογικές Επιδράσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας, εκδόσεις Δίαυλος 1997.
- 2] Βλάχος Δ., Βασικά Στοιχεία Ηλεκτρομαγνητισμού, εκδόσεις ΣΕΑΒ 2015.
- 3] Νικολόπουλος Δ., Κόττου Σ. και Γιαννακόπουλος Π., Ακτινοβολίες Περιβάλλοντος και Άνθρωπος, εκδόσεις ΣΕΑΒ 2015.
- 4] Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, European Commission 2007.
- 5] Καμπύλη Ν. και Μαρούλης Σ., Επιδράσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στον Άνθρωπο και στο Περιβάλλον, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης 2005.
- 6] Τσανάκας Δ., Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία γραμμών, υποσταθμών και συσκευών ηλεκτρικής ενεργείας ως περιβαλλοντικοί παράγοντες, Πρακτικά Ημερίδας: ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ: ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών 2005.
- 7] 2016 Review: Radiofrequency and Health, National Collaborating Centre for Environmental Health, Vancouver, Canada.
- 8] Pall M., Wi-Fi is an important threat to human health, Environmental Research **164** 405-416 (2018).
- 9] Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, [www.eeae.gr](http://www.eeae.gr)
- 10] Zaman Tanim M., Electromagnetic Radiation and Human Health, Technical Report, Tampere University of Applied Sciences, May 2015.