

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ

ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Οι Βλαπτικές Επιδράσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στους Οργανισμούς

Ιωάννης Αθ. Δίελας

Επιβλέπων: Αριστείδης Τσίπουρας, Λέκτορας

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Οι Βλαπτικές Επιδράσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στους Οργανισμούς

Ιωάννης Αθ. Δίελας

Α.Μ.: ΜΟΠ333

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Αριστείδης Τσίπουρας, Λέκτορας

ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των επιρροών και επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και εκπομπών πάνω στο ανθρώπινο σώμα. Στους χώρους όπου υπάρχει ανθρώπινη παρουσία όπως οικίες και εξωτερικοί χώροι αλλά κυρίως επαγγελματικοί χώροι υπάρχει διαρκής παρουσία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων λόγω της πρωτοφανούς ανάπτυξης ηλεκτρονικών και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων όπως π.χ. κινητή τηλεφωνία και ασύρματα δίκτυα υπολογιστών.

Η διπλωματική αυτή εργασία εκτείνεται σε έξι κεφαλαία τα οποία πραγματεύονται κυρίως τις επιδράσεις της ιονίζουσας και μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, τα μέτρα προστασίας, τις ρυθμίσεις και το νομικό πλαίσιο που έχουν θεσπίσει κράτη και διεθνείς οργανισμοί για την προστασία του προσωπικού και του περιβάλλοντος.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Φυσική, ηλεκτρομαγνητισμός

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ιοντίζουσες ακτινοβολίες, μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες, κινητή τηλεφωνία, βιολογικές επιδράσεις, νομοθετικό πλαίσιο.

ABSTRACT

The goal of this diploma thesis is the study and analysis of the harmful influence that an electromagnetic emission exerts in the human body. In the areas where there is long term human inhabitance such as houses, outdoors spaces and mainly professional spaces, electromagnetic radiation is continuously flowing due to unprecedented usage of devices such as mobile telephony and wireless computer networks.

The following study encompasses six chapters that analyze thoroughly the effects of the ionizing radiation and non-ionizing radiation, the protection measures, the regulations and the legal frame that has been passed by states and international organizations for the protection of people and environment alike, and that can be applied to workplace and our residence.

SUBJECT AREA: Physics, electromagnetism

KEYWORDS: ionizing radiation, non-ionizing radiation, mobile, biological effects, legislative framework

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου Αριστείδη Τσίπουρα για τις εύστοχες παρατηρήσεις και επισημάνσεις του πάνω στην εργασία μου και την οικογένεια μου που με ενθάρρυνε σε όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 14

1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ 15

1.1 Ιστορική αναδρομή 15

1.2 Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και ηλεκτρομαγνητικό κύμα – βασικές έννοιες και μεγέθη 16

1.2.1 Ορισμοί βασικών εννοιών και μεγεθών 16

1.2.2 Φυσικά και τεχνητά Η/Μ πεδία 17

1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 19

1.3.1 Εισαγωγή 19

1.3.2 Ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες 20

1.3.3 Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες των ιστών του ανθρώπινου σώματος 21

1.4. Σύνδεση Η/Μ πεδίων και του ανθρώπινου σώματος 22

2. ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 23

2.1 Εισαγωγή 23

2.2 Ιοντισμός 23

2.2.1 Ιοντισμός και βιολογική βλάβη 24

2.3 Τύποι ιοντίζουσας ακτινοβολίας και ραδιενέργειας 24

2.4 Ραδιοϊσότοπα και ραδιενέργεια 24

2.4.1 Είδη ραδιενέργειας 26

2.4.2 Κοσμική ακτινοβολία 27

2.4.3 Ακτινοβολία από τη Γη 28

2.4.4 Ακτινοβολία από το εσωτερικό του ανθρώπου 29

2.4.5 Άλλες φυσικές πηγές ραδιενέργειας 29

2.4.6 Πηγές Τεχνητής Ραδιενέργειας 29

2.5 Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Ιονιζουσών Ακτινοβολιών 30

2.5.1 Ακτινοβολία ‘α’ 32

2.5.2 Ακτινοβολία ‘β’ 33

2.5.3 Ακτινοβολία ‘γ’ 33

2.5.4 Ακτινοβολία ‘Χ’ 33

2.6 Δοσιμετρία Ιονίζουσας Ακτινοβολίας 33

2.6.1 Αναρροφούμενη Δόση 34

2.6.2 Ισοδύναμη Δόση 34
2.6.3 Ενεργός Δόση 35
2.7 Μονάδες ραδιενέργειας 35
2.8 Βιολογικές Επιδράσεις της Ιονίζουσας Ακτινοβολίας 36
2.8.1 Επιδράσεις από τη Ραδιενέργεια 39
2.8.2 Θετικές επιδράσεις από την χρήση της Ιονίζουσας Ακτινοβολίας 42
3. ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 45
3.1 Εισαγωγή 45
3.2 Πηγές της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας 45
3.2.1 Ζώνες συχνοτήτων 45
3.3 Βιολογική επίδραση των Η/Μ κυμάτων 46
3.3.1 Θερμικές επιδράσεις 46
3.3.2 Αθερμικές επιδράσεις 48
3.4 Μηχανισμοί βιολογικών επιδράσεων των Η/Μ κυμάτων στο νευρικό σύστημα 49
3.4.1 Επίδραση στον εγκέφαλο 49
3.4.2 Επίδραση στη Μελατονίνη 50
3.5 Μέθοδοι μελέτης 52
3.5.1 Επιδημιολογικές Μελέτες 52
3.5.2 Μελέτες με πειραματόζωα 53
3.5.3 Μελέτη των αιφνίδιων θανάτων βρεφών 53
3.5.4 Μελέτες με καλλιέργειες κυττάρων 54
3.5.5 Πειράματα εξομοίωσης του ανθρώπινου οργανισμού 54
3.6 Οι βιολογικές επιδράσεις της μη Ιονίζουσας Η/Μ Ακτινοβολίας στον άνθρωπο 54
3.6.1 Επιδράσεις στους οφθαλμούς 55
3.6.2 Ακουστικό φαινόμενο 55
3.6.3 Εκροή ασβεστίου 55
3.6.4 Επιδράσεις στη συμπεριφορά 55
3.6.5 Γενετικές και αναπτυξιακές ανωμαλίες 56
3.6.6 Βιολογικές επιδράσεις χρόνιας έκθεσης σε Η/Μ ακτινοβολία 56
4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ 57
4.1 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι παντού 57

4.2 Ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση και βιολογικές επιδράσεις από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας 57
4.3 Η βλαπτική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας 61
4.3.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα 62
4.4 Η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση από οικιακές συσκευές 64
4.5 Η/Μ επιβάρυνση από τις οθόνες 65
4.6 ΗΜ επιβάρυνση από την κινητή τηλεφωνία 65
4.6.1 Αρχή λειτουργίας της κινητής τηλεφωνίας 65
4.6.2 Ακτινοβολία Κεραιών Βάσης και κινητών τηλεφώνων 67
4.6.3 Επίδραση της εκπομπής ΗΜ ακτινοβολίας από τους σταθμούς βάσης της κινητής τηλεφωνίας 70
4.6.4 Επίδραση της εκπομπής ΗΜ ακτινοβολίας από τις τερματικές συσκευές κινητής τηλεφωνίας 71
4.7 Μηχανισμοί Επίδρασης των ραδιοσυχνοτήτων στον ανθρώπινο οργανισμό 71
4.7.1 Θερμική αντίδραση βιολογικών ιστών 74
4.7.2 Ερευνητικά αποτελέσματα 74
4.7.3 Επιδημιολογικές μελέτες 75
4.7.4 Ομάδες αυξημένου κινδύνου 76
4.8 Δοσιμετρικά μεγέθη και όρια ασφαλούς έκθεσης 76
4.8.1 Εκτίμηση ρυθμού ειδικής απορρόφησης 77
4.8.2 Συμπεράσματα 80
5. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΑ ΡΑΝΤΑΡ 81
5.1 Αρχές λειτουργίας των RADAR 81
5.2 Είδη RADAR 82
5.2.1 RADAR στρατιωτικών εγκαταστάσεων 82
5.2.2 RADAR επιτήρησης στρατηγικών χώρων 83
5.2.3 RADAR πολιτικών αεροδρομίων 84
5.3 Βιολογικές επιδράσεις των διατάξεων RADAR 85
5.4 Όρια επιτρεπτής έκθεσης 86
5.5 Συμπεράσματα 88
6. ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΑ ΗΜ ΠΕΔΙΑ 89

6.1 Διεθνή όρια έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 89
6.1.1 Προσωπικά δοσίμετρα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας 91
6.2 Νομοθετικό Πλαίσιο 92
6.3.1 Περί θερμικών φαινομένων 93
6.3.2 Περί ορίων έκθεσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση 94
6.3.3 Τα όρια σήμερα στην Ελλάδα 94
6.3.4 Έλεγχος της τήρησης των ορίων στην Ελλάδα 94
6.3.5 Συμπεράσματα 95
Οι θέσεις της Ε.Ε.Τ.Τ. 95
6.4.1 Έκθεση του ανθρωπίνου σώματος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία Ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ) 95
6.5 Συμπεράσματα της επιστημονικής έρευνας 96
6.5.1 Συμμόρφωση των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας με τις διεθνείς/ εθνικές οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ραδιοκύματα 96
6.6 Οι θέσεις της Ε.Ε.Α.Ε. 97
6.6.1 Πηγές μη ιονιζουσών ακτινοβολιών 97
6.6.2 Σύστημα ακτινοπροστασίας 97
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 99
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ 104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι 106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ 107
ΑΝΑΦΟΡΕΣ 114

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1:Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (Ε) και Η ένταση του μαγνητικού πεδίου (Β) 16

Σχήμα 2:Διάφορες πηγές συχνοτήτων 18

Σχήμα 3: Ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες 20

Σχήμα 4: κύκλωμα LC 21

Σχήμα 5:ο ιοντισμός ουδέτερου ατόμου από προσβολή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Βίαιη εκδίωξη του ηλεκτρονίου από το άτομο και παραγωγή ζεύγους αντίθετα φορτισμένων ιόντων. 23

Σχήμα 6:τα τρία φυσικά ισότοπα του στοιχείου υδρογόνου, από τα οποία το τρίτιο έχει ασταθή ραδιενεργό πυρήνα. Το τρίτιο είναι ραδιενεργό στοιχείο και από τη διάσπαση του προκύπτει η ακτινοβολία β. 25

Σχήμα 7:Οι ασταθείς πυρήνες που διασπώνται με χαρακτηριστικούς μηχανισμούς και στόχο τη μετάπτωση σε μία σταθερότερη φυσική κατάσταση. Για το σκοπό αυτό αποβάλλουν μάζα και ενέργεια με τη μορφή σωματιδιακής και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αντίστοιχα 26

Σχήμα 8: φυσικές πηγές ακτινοβόλησης 27

Σχήμα 9: κοσμική ακτινοβολία στα διάφορα ύψη 28

Σχήμα 10: διέλευση της εκπεμπόμενης από ραδιενεργό πηγή, ακτινοβολίας μέσα από ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο 31

Σχήμα 11: αναφορά στη U-238 32

Σχήμα 12: οι ακτινοβολίες με υψηλό LET προκαλούν σημαντικότερη βλάβη στον προσβαλλόμενο ιστό από τις αντίστοιχες με μικρό LET 32

Σχήμα 13 : Ανάπτυξη καρκίνου από μετάλλαξη με ιονίζουσα ακτινοβολία 38

Σχήμα 14 : Επιτρεπτή έκθεση σε ΗΜ ακτινοβολία χωρίς να σημειωθεί αύξηση της θερμοκρασίας τ πάνω από ένα βαθμό. 48

Σχήμα 15:Διάταξη για τη μελέτη της επίδρασης ΗΜ ακτινοβολία στον εγκέφαλο 50

Σχήμα 16: Άξονας μέτρησης για τα καλώδια υψηλής τάσης 60

Σχήμα 17: Σύνδεση των σταθμών βάσης με το κέντρο 67

Σχήμα 18:Σύγκριση των συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας με τις άλλες συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος 68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Οι τιμές του παράγοντα q 36

Πίνακας 2 : Οι τιμές των δόσεων ακτινοβολίας πού παίρνουμε με διάφορες ιατρικές εξετάσεις 44

Πίνακας 3 : Όρια αποδεκτής έκθεσης σε ηλεκτρικά & μαγνητικά πεδία 58

Πίνακας 4:Ισχύς σταθμού βάσης και κινητού τηλεφώνου 69

Πίνακας 5 : Ακτίνα της ζώνης επικινδυνότητας R_{NHZ} από βιολογικές επιπτώσεις 86

Πίνακας 6: Όρια επιτρεπτής έκθεσης 87

Πίνακας 7 : Μονάδες μέτρησης 106

Πίνακας 8 : πολλαπλάσια και τα υποπολλαπλάσια μονάδων 106

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Λήψη ΗΜ ακτινοβολίας συναρτήσει της απόστασης 61

Γράφημα 2 : Η μείωση της έντασης ακτινοβολίας ανάλογα με την απόσταση 70

Γράφημα 3: Τα όρια που έχουν θέσει διάφορες χώρες για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 91

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 : Το ‘μανιτάρι’ της ατομικής έκρηξης.....41

Εικόνα 2: Διάγραμμα ενός κυττάρου.....72

Εικόνα 3 : Ομοίωμα ανθρώπινου κεφαλιού για πειραματικές μετρήσεις απορροφούμενης ισχύος.....79

Εικόνα 4 :Η κατανομή RF ισχύος από ένα PCS τηλέφωνο μέσα στο κεφάλι .80

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ερευνητική αυτή εργασία πραγματεύεται ένα θέμα επίμαχο, τόσο επιστημονικά όσο και κοινωνικά, αυτό της επίδρασης της ΗΜ ακτινοβολίας στον άνθρωπο – ζωντανούς οργανισμούς. Είναι επίμαχο κοινωνικά , καθώς οι τεχνολογικά αναπτυγμένες κοινωνίες μας, φαίνεται να αγνοούν και αναγκαστικά να συμβιώνουν με το πρόβλημα που μάλλον διογκώνεται. ενώ πολιτικές ομάδες το προσεγγίζουν διαφορετικά και συχνά αντιφατικά. Η επιστημονική κοινότητα ασχολείται με αυτό ουσιαστικά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Παρά τον όγκο στοιχείων και εργασιών που έχουν επιτευχθεί, έχει να διανύσει ακόμα μεγαλύτερη απόσταση μέχρι να καταλήξει σε οριστικά συμπεράσματα που θα είναι ευρέως αποδεκτά. Σκοπός της εργασίας μας είναι:

Μέσα από την βιβλιογραφική ερεύνα, να ενημερωθούμε για τις επιπτώσεις και τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ιονίζουσας και μη ιονίζουσας) στον άνθρωπο και το περιβάλλον, τα μέτρα προστασίας, τις ρυθμίσεις και το νομικό πλαίσιο που έχουν θεσπίσει κράτη, διεθνείς οργανισμοί κτλ. για την προστασία του πολίτη και του περιβάλλοντος.

Επίσης, μέσα από έρευνα στο διαδίκτυο παραθέσαμε έναν αριθμό από μελέτες και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, παγκοσμίως, σχετικά με τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Τέλος, μέσα από έρευνα στον διαδίκτυο, εντοπίσαμε ένα τεράστιο όγκο δημοσιογραφικής και επιστημονικής αρθρογραφίας σχετικά με τις επιπτώσεις τις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, τις συνέπειες τους στην ισορροπία του περιβάλλοντος και στη δημόσια υγεία καθώς και τους διάφορους παράγοντες που συντελούν σε αυτό.

Αντικειμενικός σκοπός διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των επιρροών και επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και εκπομπών πάνω στο ανθρώπινο σώμα. Στους χώρους όπου υπάρχει ανθρώπινη παρουσία όπως οικίες και εξωτερικοί χώροι αλλά κυρίως επαγγελματικοί χώροι. Στόχος της εργασίας είναι να παραθέσει τα ποσοτικά απαγορευτικά όρια της έκθεσης σε μη ιονίζουσες Η/Μ ακτινοβολίες για χρήση σε επαγγελματικούς χώρους, όπως των εγκαταστάσεων της Ελληνικής Πολεμικής Αεροπορίας.

1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Τον ισχυρισμό ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει βιολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο τον συναντάμε από τα αρχαία χρόνια, στην προσπάθεια του Ιπποκράτη να θεραπεύσει όγκους στο στήθος με έκθεση του ασθενούς στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ηλιοθεραπεία). Από το 18ο αιώνα ξεκινά μια συστηματική προσπάθεια θεραπείας όγκων ανευρυσμάτων και αιμορραγιών διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στους προσβεβλημένους ιστούς, ενώ το 19ο αιώνα ο J'Arsonal επέκτεινε αυτές τις προσπάθειες οι οποίες είναι γνωστές και ως θεραπείες του, ο οποίος ξεπερνώντας το στάδιο της άμεσης ηλεκτρικής έπαρσης σε ιστούς πρωτοπόρησε προχωρώντας σε πειράματα αυτεπαγωγής τοποθετώντας τους ασθενείς στα περιβόητα πηνία η κρεβάτια του, που σώζονται στο μουσείο Welcome του Λονδίνου.

Μεταξύ των ετών 1894-95 ο J'Arsonal πραγματοποίησε 2.500 τέτοιες θεραπείες των 20 λεπτών με ρεύματα μέχρι και 450 mA. Με σκοπό την βελτίωση διαφόρων τύπων υστεριών και νευραλγιών, οι οποίοι τελικά δεν παρουσίασαν βελτίωση. Αντίθετα η κατάσταση των ασθενών με ρευματικές παθήσεις και αρθριτικά βελτιώθηκε σημαντικά.

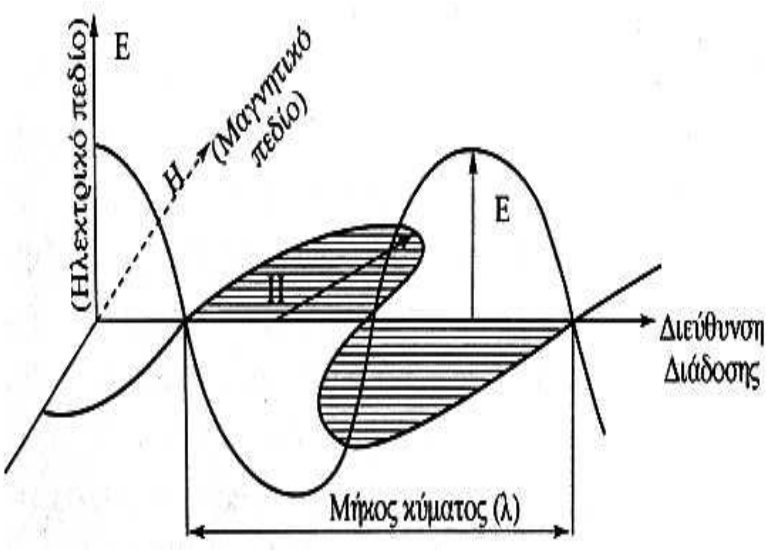
Οι αναζητήσεις για τις ευεργετικές επιδράσεις των υψίσυχνων ρευμάτων συνεχίστηκαν για αρκετό διάστημα οπού πραγματοποιήθηκαν και άλλα τέτοια πειράματα με υψίσυχνα ρεύματα ώσπου το 1926 η ιατρική άρχισε να χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες στις εγχειρίσεις ευαίσθητων οργάνων όπως ο εγκέφαλος, το συκώτι, ο προστάτης, κ.α. για την αντιμετώπιση των αιμορραγιών και τον έλεγχο βλαβερών πολλαπλασιασμών των κύτταρων. Με την ανακάλυψη του radar την εποχή του Β' παγκοσμίου πολέμου, το οποίο λειτούργει στη μικροκυματική περιοχή συχνοτήτων (GHZ) και εκπέμπει ισχυρές δέσμες, δημιουργήθηκαν οι πρώτες ανησυχίες για τις πιθανές ανεπιθύμητες επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στον άνθρωπο. Μετά το τέλος του πολέμου άρχισαν τα πρώτα πειράματα σε κουνέλια, τα οποία δεχτήκαν στα μάτια δέσμη μικροκυμάτων πυκνότητας ισχύος 3000 mW/cm^2 με αποτέλεσμα να αναπτύξουν γλαυκώματα σε διάστημα λίγων λεπτών.

Στις αρχές του 1950 μικροκυματική ακτινοβολία με ένταση 100 mw/cm^2 θεωρείται γενικά καταστροφική και προτείνεται ως όριο ασφαλείας η τιμή των 0,1 mW/cm^2. Όμως το 1955 θεσπίζεται στις Η.Π.Α ως όριο ασφάλειας η τιμή 10 mW/cm^2, όριο το οποίο ασπάζονται 14 χώρες, μεταξύ των οποίων και όλα τα μέλη του ΝΑΤΟ. Το 1960 έγινε γνωστό στις Η.Π.Α ότι το όριο των Σοβιετικών ήταν 10 mW/cm^2 δηλαδή 1000 φορές μικρότερο από το Δυτικό όριο! Ο λόγος ίσως να είναι ότι οι Σοβιετικοί μελετούσαν συστηματικά τις βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ήδη από τη δεκαετία του 1930. Παράλληλα στις Η.Π.Α πληθαίνουν κάποιες μελέτες που συσχετίζουν την εμφάνιση ασθενειών με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων. Στην εποχή μας οι διατριβές με αυτό το θέμα βρίσκονται στην αιχμή της επιστημονικής έρευνας. Αυτό διότι αφενός μεν η ραγδαία πρόοδος της τεχνολογίας οδηγεί σε μεγαλύτερη χρήση τέτοιων πηγών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αφετέρου δε, διότι οι κοινωνίες των ενημερωμένων πολιτών απαιτούν την ορθολογική χρήση των επιστημονικών επιτευγμάτων. Ο τεράστιος όγκος εργασιών που υπάρχει ήδη σε αυτό το θέμα επιτρέπει την εξαγωγή των πρώτων συμπερασμάτων. Ωστόσο θα χρειαστούν δεκαετίες ακόμα εντατικής έρευνας ώστε να αποκτηθεί επαρκής γνώση των συνεπειών της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας ανάλογα με εκείνη της ιονίζουσας. [1] [2]

1.2 Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και ηλεκτρομαγνητικό κύμα – βασικές έννοιες και μεγέθη

1.2.1 Ορισμοί βασικών εννοιών και μεγεθών

Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζουμε τον χώρο μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις και ηλεκτρικά φορτία. Αντίστοιχα, το μαγνητικό πεδίο είναι χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (**E**) είναι το μέγεθος που εκφράζει πόσο ισχυρό είναι το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα συγκεκριμένο σημείο του. Το αντίστοιχο εκφράζει η ένταση του μαγνητικού πεδίου (**B**) (Σχήμα 1). Τα πεδία αυτά, ανάλογα με τις εντάσεις τους **E** ή **B**, χαρακτηρίζονται σαν στατικά (όταν οι εντάσεις τους είναι χρονικά σταθερές), μεταβαλλόμενα και εναλλασσόμενα (όταν οι εντάσεις αλλάζουν μέτρο και φορά ή αλλιώς πολικότητα σε σχέση με τον χρόνο). [3]



Σχήμα 1:Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E) και Η ένταση του μαγνητικού πεδίου (B)

Τα ηλεκτρικά φορτία όταν ταλαντώνονται παράγουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία είναι τοπικές και χρονικές μεταβολές του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Τα παραγόμενα από τις συνήθεις ηλεκτρονικές διατάξεις ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι αρμονικά, διαδίδονται δηλαδή κατά επίπεδα μέτωπα, πράγμα που σημαίνει ότι οι εντάσεις **E** και **B** μεταβάλλονται τοπικά και χρονικά ακολουθώντας τον νόμο του ημιτόνου. Στα επίπεδα κύματα, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετα μεταξύ τους και παίρνουν συγχρόνως την μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή τους (συμφασικά).

Η απόσταση μέσα στην οποία τα **E** και **B** συμπληρώνουν μια πλήρη εναλλαγή λέγεται μήκος κύματος (λ), ενώ ο αριθμός των πλήρων εναλλαγών στην μονάδα του χρόνου (1s) ονομάζεται συχνότητα (ν), του κύματος.

Η σχέση υ = λ*ν είναι η συνδετική σχέση μεταξύ των λ και ν, όπου υ είναι η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος και είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός, δηλαδή :υ= 300.000km/s.

Η συχνότητα παίζει μεγάλο ρόλο στις μετρήσεις της μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Σε συχνότητες 0-500 Hz, τα **E** και **B** είναι ασύνδετα. Έτσι, είμαστε αναγκασμένοι σε τόσο χαμηλές συχνότητες να μετράμε την ένταση και των δυο πεδίων. Σε συχνότητες όμως πάνω από 3 MHz (υψηλές συχνότητες), τα **E** και **B** συνδέονται με απλές σχέσεις μεταξύ τους, όπως και με την πυκνότητα ισχύος **P**, η οποία δίνεται από τον τύπο. Έτσι, στις υψηλές συχνότητες αρκεί η μέτρηση ενός μόνο εκ των δυο για τον προσδιορισμό και του άλλου όπως επίσης για την πυκνότητα ισχύος.

1.2.2 Φυσικά και τεχνητά Η/Μ πεδία

Φυσικά Η/Μ πεδία

Με τον όρο φυσικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία εννοούμε πεδία τα οποία προέρχονται από την ίδια την φύση και η επίδραση τους είναι δύσκολο να αποφευχθεί από τους ζωντανούς οργανισμούς. Η φυσική ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολία χωρίζεται σε στατική ή μη στατική. Για παράδειγμα, μεταξύ της ιονόσφαιρας και της γης υπάρχει φυσικό ηλεκτρικό στατικό πεδίο το οποίο κυμαίνετε, σε συνθήκες καλοκαιρίας, από 0,1 KV/m έως 0,5 KV/m, ενώ σε συνθήκες καταιγίδας το ίδιο πεδίο παίρνει τιμές από 3 KV/m - 20 KV/m. Αντίστοιχα, το γήινο μαγνητικό πεδίο εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και κυμαίνεται από 0.31 έως 0,62 Gauss. Κατά τις εκλάμψεις του ηλίου το μαγνητικό πεδίο της γης μπορεί να μεταβληθεί ως και 0.03 Gauss, οπότε έχουμε τις λεγόμενες μαγνητικές καταιγίδες. Εκτός από τα στατικά της πεδία, η γη δέχεται και την επίδραση ηλιακών ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο ήλιος κατά την διάρκεια των εκλάμψεων του (εντεκάχρονης περιοδικότητας) εκπέμπει ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων, το οποίο περιλαμβάνει τα ραδιοκύματα, το ορατό φως, το υπεριώδες και φτάνει μέχρι και την περιοχή των ακτινών Roentgen.

Για την φυσική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από πολύ παλιά, υπήρχε η υπόνοια ότι επηρεάζει την ψυχική διάθεση των ανθρώπων αλλά και την εξέλιξη ασθενειών. Την παραπάνω υπόνοια έρχεται τώρα να την επιβεβαιώσει η ίδια η επιστήμη με την έρευνα της πάνω στις βιολογικές επιδράσεις κατά την περίοδο ηλιακών εκρήξεων. Έτσι, σε μια περίοδο ενός περίπου αιώνα, μελετήθηκαν τα κρούσματα περιοδικού ή κυματοειδούς πυρετού στο Ευρωπαϊκό τμήμα της Σ. Ένωσης, και τα κρούσματα μηνιγγίτιδας στη Ν. Υόρκη. Από την μελέτη προέκυψε ότι ο αριθμός των κρουσμάτων μεγιστοποιείται στο μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας (11ετούς περιοδικότητας), με μεγαλύτερη έξαρση το 1910, όπου η ηλιακή δραστηριότητα παρέμενε σε υψηλά επίπεδα για αρκετό καιρό.

Τα ατμοσφαιρικά ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί στην ίδια περιοχή συχνοτήτων εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα και ο ίδιος μας ο εγκέφαλος. Μια βασική φασματική ανάλυση του ανθρώπινου εγκεφαλογραφήματος αναδεικνύει περιοχές συχνοτήτων των οποίων οι τιμές είναι κοντινές στις τιμές συχνοτήτων των ατμοσφαιρικών ηλεκτρομαγνητικών συμβάντων.

Έτσι δικαιολογείται η ευαισθησία του εγκεφάλου στα συμβάντα αυτά. Αυτό έχει αποδειχθεί από πειράματα μέτρησης της επίδρασης των ατμοσφαιρικών ηλεκτρομαγνητικών συμβάντων στον χρόνο αντίδρασης οδηγών αυτοκινήτων στα φωτεινά σήματα της τροχαίας.

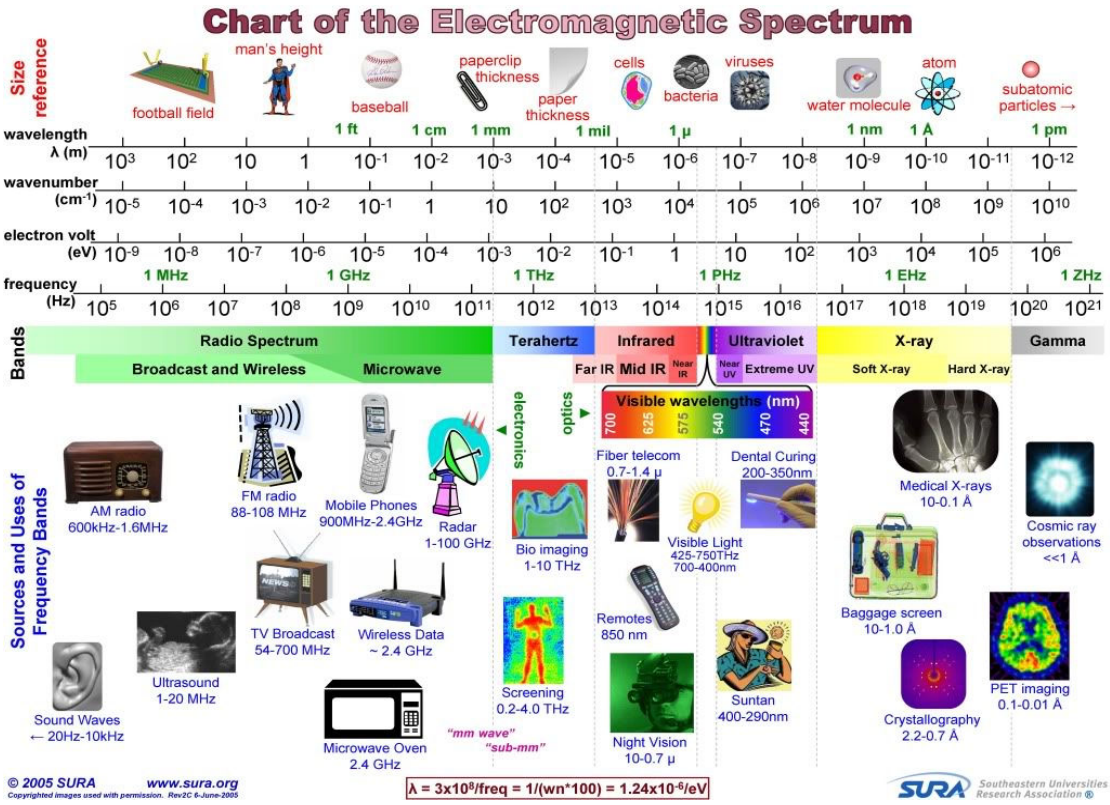
Τεχνητά Η/Μ πεδία

Ο άνθρωπος, πέρα από την επιβάρυνση που δέχεται από τα φυσικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, έχει να αντιμετωπίσει και τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία έχει δημιουργήσει ο ίδιος. Αυτά τα πεδία καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων. Το κυριότερο από τα τεχνητά πεδία που μας περιβάλλει είναι αυτό του δικτύου της Δ.Ε.Η το οποίο είναι 50 Hz. Πέρα όμως από το πεδίο των 50 Hz, στο οικιακό περιβάλλον έχουν προστεθεί πεδία υψηλότερων συχνοτήτων της τάξης των MHz από τους υπολογιστές και τους φούρνους μικροκυμάτων.

Άλλα πεδία στα οποία εκτίθεται στην καθημερινή ζωή του ο άνθρωπος, είναι αυτά των ραδιοτηλεοπτικών σταθμών (300 KHz - 500 MHz), των σταθμών κινητής τηλεφωνίας (900 MHz), των ραντάρ σταθμών και δορυφορικών επικοινωνιών (της τάξεως των GHz). [1] [2] [3]

1.2.2.1 Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιλαμβάνει το σύνολο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (συμπεριλαμβανομένου και του ορατού φωτός),με μήκη κύματος από μηδέν έως άπειρα μέτρα. Σε κάθε περιοχή μηκών κύματος αντιστοιχούν διαφορετικοί τύποι ακτινοβολιών που μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2:Διάφορες πηγές συχνοτήτων

Από το Σχήμα 2 βλέπουμε τις διάφορες πηγές συχνοτήτων. Μας δίνεται η δυνατότητα να διακρίνουμε τις διάφορες πηγές συχνοτήτων ανάλογα με την ονομασία τους και τις τυπικές πηγές εκπομπής τους. Καθώς κινούμαστε προς τα αριστερά της γραφικής παράστασης το μήκος κύματος αυξάνει.

1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

1.3.1 Εισαγωγή

Μια ακτινοβολία ως κύρια χαρακτηριστικά της έχει την ενέργεια που μεταφέρει, τη φύση της και την ένταση της. Η ταξινόμηση των ακτινοβολιών γίνεται με κάποια κριτήρια. Αυτά μπορεί να είναι η προέλευση και ο τρόπος παραγωγής τους, είτε τα φαινόμενα που προκαλούν, όταν αλληλεπιδρούν με την ύλη και ιδιαίτερα με ζωντανούς οργανισμούς. Η ταξινόμηση ως προς τη φύση τους, οδηγεί σε δύο κατηγορίες ακτινοβολιών, την ηλεκτρομαγνητική και την ακτινοβολία σωματιδίων με μάζα.

Με τον όρο ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ορίζουμε το είδος εκείνο της ενέργειας που μεταδίδεται στο κενό ή μέσα σε ένα υλικό μέσο με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, δηλαδή τοπικών και χρονικών μεταβολών του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να είναι φυσική ή τεχνητή,

Φυσικές πηγές ακτινοβολιών
Οι φυσικές πηγές είναι αναπόσπαστο συνθετικό του γήινου περιβάλλοντος και σε αυτές συγκαταλέγονται τα συστατικά του φλοιού της γης και η κοσμική ακτινοβολία. Το έδαφος, το νερό και ο αέρας, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων και φυσικά ραδιενεργά στοιχεία, ενώ η επιφάνεια της γης προσβάλλεται συνεχώς και από την κοσμική ακτινοβολία με πηγές εκπομπής τον ήλιο και άλλες αστρικές περιοχές βυθισμένες στο διάστημα. Η κυριότερη συνιστώσα της φυσικής ραδιενέργειας από άποψη ραδιολογικών επιπτώσεων στον άνθρωπο, είναι το φυσικό ραδιενεργό αέριο ραδόνιο, το οποίο προέρχεται από το ουράνιο που υπάρχει στο έδαφος και τα πετρώματα της γης. Τεχνητές πηγές ακτινοβολιών και η χρήση τους από τον άνθρωπο. Ο άνθρωπος ανακάλυψε τις τεχνητές πηγές παραγωγής ακτινοβολιών κατά τα τέλη του 19ου αιώνα. Έκτοτε η συστηματική έρευνα οδήγησε τόσο στην εκτεταμένη χρήση τους

Ενώ οι πηγές παραγωγής της μπορεί να είναι μικροσκοπικές ή μακροσκοπικές.
Στις μικροσκοπικές, η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας οφείλεται στις μεταπτώσεις ηλεκτρικών φορτίων από μια στάθμη ενέργειας σε μια άλλη, μέσα σε ένα άτομο ή μόριο. Από τέτοιες πηγές εκπέμπονται οι ακτίνες χ και γ, το υπεριώδες, ορατό και υπέρυθρο φως. Στις μακροσκοπικές πηγές η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων προκύπτει από την περιοδική κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων σε ηλεκτρικό κύκλωμα. Η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που εκπέμπεται με τον τρόπο αυτό, εξαρτάται από τις φυσικές διαστάσεις του ηλεκτρικού κυκλώματος. Το φάσμα των ηλεκτρικών, αυτών, συχνοτήτων εκτείνεται από μερικά Hz μέχρι και το απώτερο άκρο της μικροκυματικής περιοχής 10^{11}Hz.

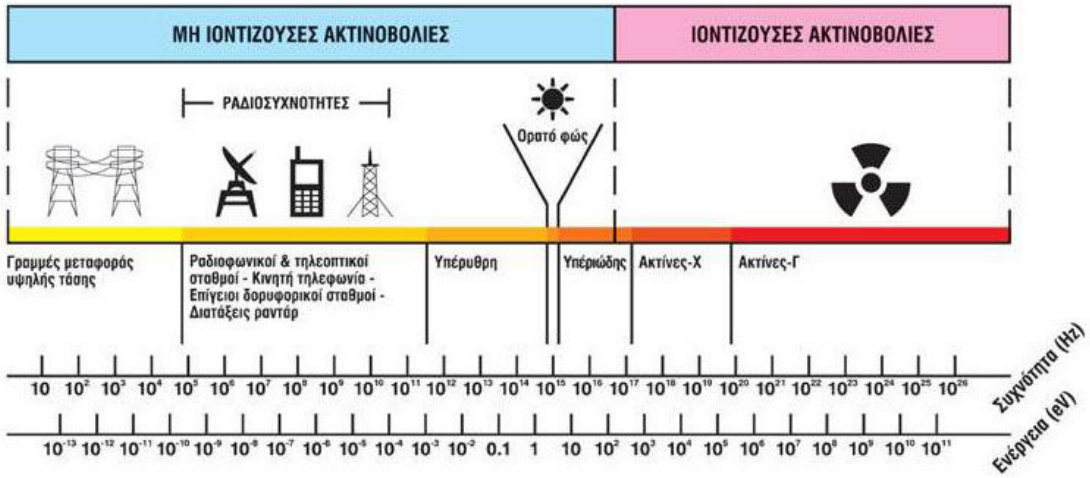
Με το φαινόμενο του ιονισμού, μας δίνεται η δυνατότητα να ταξινομήσουμε, τις διάφορες ακτινοβολίες ως προς τα φαινόμενα που προκαλούν, όταν αλληλεπιδρούν με την ύλη, δηλαδή κατά πόσο μια ακτινοβολία προκαλεί διέγερση και ιονισμό στο υλικό, στο οποίο προσπίπτει. Έτσι, οι ακτινοβολίες, διακρίνονται σε ιονίζουσες και μη ιονίζουσες. [1] [2] [3]

1.3.2 Ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες

Κατά τη διάρκεια της ζωής του ο άνθρωπος δέχεται συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας, τόσο από το φυσικό του περιβάλλον όσον και από τεχνητές πηγές. Η ακτινοβολία αυτή επιδρά πάνω του κατά τρόπο πολύπλοκο, άλλοτε ευεργετικό και άλλοτε βλαβερό, ανάλογα από το είδος της, την έντασή της και την ενέργεια που μεταφέρει. Οι ακτινοβολίες μπορούν σε πρώτη προσέγγιση να διακριθούν με βάση την ενέργειά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις ιονίζουσες και τις μη ιονίζουσες.

Ιονίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει μεγάλη ενέργεια, ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να διασπάσει βίαια χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές βλάβες σε ζώντες οργανισμούς.. Οι γνωστότερες ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτίνες Χ που παράγονται στις λυχνίες των ακτινολογικών μηχανημάτων και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, καθώς και οι ακτινοβολίες α, β, και γ που εκπέμπονται από τους ασταθείς πυρήνες ατόμων. Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι ιδιαίτερα διεισδυτικές.

Μη ιονίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει σχετικά μικρή ενέργεια, ανίκανη κατά την αλληλεπίδραση να προκαλέσει άμεσα ιοντισμό, αλλά ικανή να προκαλέσει ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα άλλοτε ευεργετικές και άλλοτε επιβλαβείς για τη λειτουργία τους. Στις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες αυτές εντάσσονται τα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία όπως είναι αυτά που δημιουργούνται στο φυσικό περιβάλλον, τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο περιβάλλον διατάξεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα που εκπέμπονται από κεραίες επικοινωνιών (π.χ. σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας), κεραίες ραδιοφωνίας και τηλεόρασης, συστημάτων ραντάρ κ.ά. καθώς και η υπεριώδης, η ορατή και η υπέρυθρη ακτινοβολία (ακτινοβολία LASER). [3] [4]



Σχήμα 3: Ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες

Οι δύο αυτές μεγάλες κατηγορίες ακτινοβολιών έχουν σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες

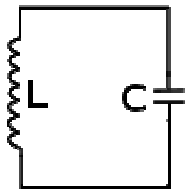
μεταξύ τους και κατ' επέκταση έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό, οι διάφοροι τρόποι προστασίας από αυτές απαιτούν τελείως διαφορετική μεθοδολογία και μελετώνται από διαφορετικές ομάδες επιστημόνων Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε αναλυτικότερα με τις δύο, αυτές, μεγάλες κατηγορίες ακτινοβολιών.

1.3.3 Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες των ιστών του ανθρώπινου σώματος

Το ανθρώπινο σώμα έχει αρκετά μεγάλη ηλεκτρική διαπερατότητα, η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος τού ιστού και τη συχνότητα του Η/Μ κύματος που προσπίπτει στο σώμα, και εκφράζεται σαν μιγαδικός αριθμός:

$$\varepsilon=\varepsilon' - i\frac{\sigma}{\omega} \qquad (1.1)$$

Επειδή ο άνθρωπος δεν είναι μαγνητικό υλικό, στην εξίσωση $\mu=\mu_r\mu_o$ το $\mu_r=1$, συνεπώς η μαγνητική διαπερατότητα του ανθρώπου είναι ίδια με αύτη του κενού.
Όμως γιατί είναι η ηλεκτρική διαπερατότητα του σώματος μας μιγαδικός αριθμός;
Κάθε ιστός του σώματος μας ηλεκτρικά ισοδυναμεί με ένα μικρό κύκλωμα LC όπως φαίνεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4: κύκλωμα LC

η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι

$$c=\frac{\varepsilon A}{d} \qquad (1.2)$$

και η αντίσταση είναι

$$G=\frac{\sigma A}{d} \qquad (1.3)$$

όπου **σ είναι αγωγιμότητα (σε S_m^{-1}),** η οποία είναι το αντιστρόφως ανάλογο της ειδικής αντίστασης ρ. Από την παραπάνω σχέση για την ηλεκτρική διαπερατότητα, η χωρητικότητα γίνεται:

$$C=\frac{\acute{\imath}A}{d} - i\frac{\sigma A}{\omega d} \qquad (1.4)$$

1.4. Σύνδεση Η/Μ πεδίων και του ανθρώπινου σώματος

Για την σύνδεση των Η/Μ πεδίων και του ανθρώπινου σώματος, υπάρχουν τρείς βασικές ζεύξεις μέσω των οποίων ένα χρονικά μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο αλληλεπιδρά άμεσα με ένα έμβιο όν :

1 Ζεύξη με ηλεκτρικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων

Η αλληλεπίδραση ενός χρονικά μεταβαλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου με το ανθρώπινο σώμα έχει σαν αποτέλεσμα μία ροη ηλεκτρικών φορτίων (ηλεκτρικό ρεύμα) την πόλωση των φορτίων των δεσμών (σχηματισμός ηλεκτρικών δίπολων) και τον αναπροσανατολισμό των ηλεκτρικών δίπολων που ήδη υπάρχουν στους ιστούς. Η σχετική σπουδαιότητα αυτών των διαφορετικών αποτελεσμάτων εξαρτάται από τις ηλεκτρικές ιδιότητες του σώματος. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η διηλεκτρική σταθερά ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του ιστού του σώματος και επίσης εξαρτώνται από την συχνότητα των εφαρμοζομένων πεδίων. Τα εξωτερικά, ως προς το σώμα, ηλεκτρικά πεδία, επιφέρουν ένα επιφανειακό φορτίο στο σώμα. Αυτό επάγει ένα ρεύμα στο σώμα, η κατανομή του οποίου εξαρτάται από τις συνθήκες έκθεσης, από το μέγεθος και τη θέση του σώματος σε σχέση με το πεδίο.

2 Ζεύξη με μαγνητικά με πεδία χαμηλών συχνοτήτων

Η φυσική αλληλεπίδραση ενός χρονικά μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου με το ανθρώπινο σώμα έχει ως αποτέλεσμα ένα επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο και ηλεκτρικά ρεύματα. Η ένταση του επαγόμενου πεδίου και της πυκνότητας ρεύματος είναι ανάλογη με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του ιστού και με το ρυθμό αλλαγής της πυκνότητας της μαγνητικής ροής. Το σώμα δεν είναι ηλεκτρικά ομογενές. Παρόλα αυτά, οι πυκνότητες των επαγόμενων ρευμάτων μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας ανατομικά και ηλεκτρικά ρεαλιστικά μοντέλα του σώματος και υπολογιστικές μεθόδους, οι οποίες έχουν υψηλό βαθμό ανατομικής ανάλυσης.

3 Απορρόφηση ενέργειας από ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Η έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων συνήθως έχεις ως αποτέλεσμα αμελητέα απορρόφηση ενέργειας και μη μετρίσιμη αύξηση θερμοκρασίας του σώματος. Παρόλα αυτά, έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε συχνότητες μεγαλύτερες από 100 KHz μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική απορρόφηση ενέργειας και αύξηση θερμοκρασίας. Γενικά, έκθεση σε ένα ομοιόμορφο (επίπεδο κύμα) ΗΜ πεδίο έχει ως αποτέλεσμα μια ισχυρότατα μη ομοιόμορφη απόθεση και κατανομή ενέργειας μέσα στο σώμα, η οποία πρέπει να αποτιμηθεί με δοσομετρητές μετρήσεις και υπολογισμούς.

Για τους βιολογικούς οργανισμούς υπάρχουν κάποιοι δείκτες χάρης τους οποίους υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της ακτινοβολίας που δέχονται και αυτοί είναι :

Ρυθμός ειδικής απορρόφησης (ενέργειας) (specific absorption rate =SAR): Ο SAR είναι η ισχύς που απορροφάται ανά χιλιόγραμμο μάζας (W/Kg). Για έκθεση όλου του σώματος, ο SAR μπορεί να είναι μεσοτιμημένος σε εντοπισμένες περιοχές του σώματος, π.χ. το κεφάλι ή τα άκρα. Τα βασικά όρια για την έκθεση εκφράζονται συνήθως σε όρους SAR.

Και η **ειδική απορρόφηση ενέργειας** (SA)**:** Ορίζεται ως η ενέργεια που απορροφάται ανά μονάδα μάζας βιολογικού ιστού και εκφράζεται σε Joule ανά χιλιόγραμμο (J/Kg).

Στα επόμενα κεφάλαια, θα μελετήσουμε, αναλυτικά, τις ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες, τις βιολογικές επιδράσεις των ακτινοβολιών, αυτών καθώς και διάφορες

έρευνες και μελέτες για τις επιδράσεις της ακτινοβολίας στον άνθρωπο και το περιβάλλον. [1] [5]

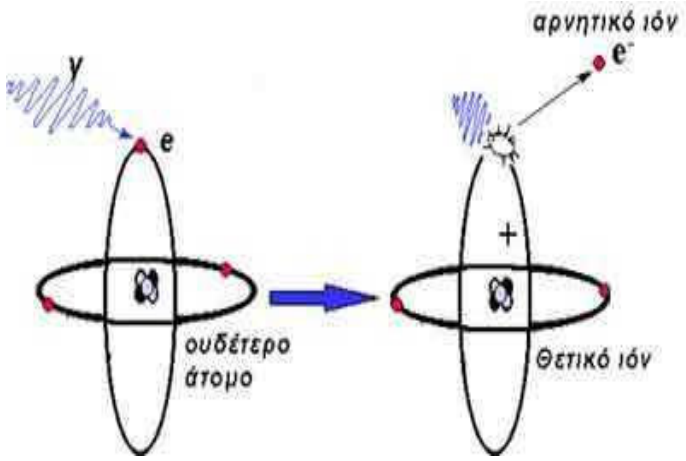
2. ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι η ενέργεια που παράγεται από φυσικά ραδιενεργά υλικά ή ακόμα από υλικά που έχει φτιάξει ο άνθρωπος. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία, είναι παρούσα παντού στο περιβάλλον μας γιατί υπάρχει στα ραδιενεργά μεταλλεύματα που παραμένουν στην γη από τα πρώτα χρόνια που δημιουργήθηκε ο πλανήτης μας. Η παραμένουσα αυτή ραδιενέργεια μας οδηγεί σε έκθεση στις ακτίνες γάμμα και σε αέριο ραδιενεργό ράδιο από συγκεκριμένα πετρώματα και από ραδιενεργά υλικά που υπάρχουν σ΄ αυτά που τρώμε και σ΄ αυτά που πίνουμε.

2.2 Ιοντισμός

Ιονισμός του ατόμου επιτυγχάνεται λόγω της δράσης κάποιου εξωτερικού αιτίου, όπου γίνεται βίαιη απομάκρυνση ενός ή περισσοτέρων ηλεκτρονίων από τις ηλεκτρονικές ατομικές στοιβάδες, με αποτέλεσμα την παραγωγή αντίθετα φορτισμένων ιόντων. Τα ιόντα αυτά αφορούν αφενός στα αρνητικά ηλεκτρόνια που απομακρύνθηκαν από το άτομο και αφετέρου στα ελλειμματικά σε ηλεκτρόνια θετικά φορτισμένα άτομο που προέκυψαν από την αλληλεπίδραση (Σχήμα 5).



Σχήμα 5:ο ιοντισμός ουδέτερου ατόμου από προσβολή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Βίαιη εκδίωξη του ηλεκτρονίου από το άτομο και παραγωγή ζεύγους αντίθετα φορτισμένων ιόντων.

Για να εκδιωχθεί ένα ηλεκτρόνιο από τις στοιβάδες του, απαιτείται ενέργεια η οποία προσδίδεται στο άτομο από κάποιο εξωτερικό αίτιο (π.χ. πρόσπτωση ακτινοβολίας). Η ενέργεια αυτή πρέπει προφανώς να καλύπτει την ενέργεια σύνδεσης του ηλεκτρονίου στο άτομο. Η τιμή της εξαρτάται από την ταυτότητα του ατόμου και τη θέση της ηλεκτρονικής στοιβάδας στην οποία είναι συνδεδεμένο του ηλεκτρόνιο. Δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 10eV. [11]

2.2.1 Ιοντισμός και βιολογική βλάβη

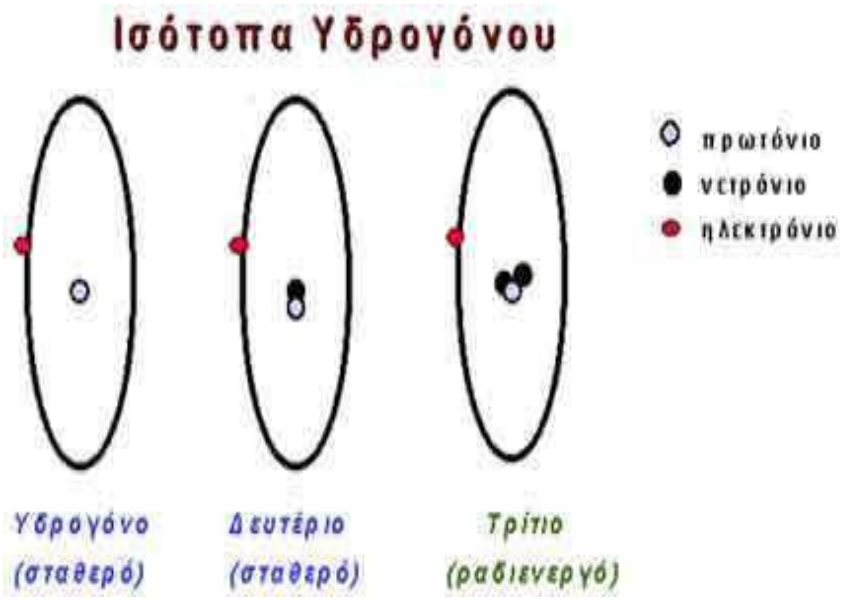
Όταν η ακτινοβολία προκαλεί ιοντισμό σε ένα βιολογικό υλικό, (π.χ. στο κυτταρόπλασμα ή στον πυρήνα ενός κυττάρου), έχει σαν αποτέλεσμα τη ρήξη ενός χημικού δεσμού, δηλαδή την καταστροφή ενός μορίου με επακόλουθο την παραγωγή δύο δραστικών χημικών ριζών. Η ρήξη του μοριακού δεσμού προκαλεί άμεση βιολογική βλάβη διότι καταστρέφει ένα ωφέλιμο για τη ζωή ή τον πολλαπλασιασμό του κυττάρου μορίου. Οι δραστικές χημικές ρίζες που παράγονται, με τη σειρά τους από τη διάσπαση του μορίου, θα προκαλέσουν πρόσθετη έμμεση βλάβη, διότι θα επιτεθούν σε ωφέλιμα μόρια, θα τα καταστρέψουν και θα δημιουργήσουν άχρηστες ή βλαβερές για το κύτταρο χημικές ενώσεις. Όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια, ιδιαίτερη σημασία για τη ζωή και την αναπαραγωγή του κυττάρου έχουν οι βλάβες εκείνες που προκαλούνται στο γενετικό του υλικό, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης. [12], [13], [14]

2.3 Τύποι ιοντίζουσας ακτινοβολίας και ραδιενέργειας

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες εκπέμπονται από φυσικές πηγές παραγωγής ακτινοβολιών (φυσικά ραδιοϊσότοπα, η κοσμική ακτινοβολία) ή από τεχνητές πηγές (ακτινολογικές λυχνίες, τεχνητά ραδιοϊσότοπα). Στις ιονίζουσες ακτινοβολίες, κατατάσσονται οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες, όπως οι ακτινοβολίες τύπου α, β, γ και νετρονίων που εκπέμπονται από ραδιενεργούς πυρήνες, όπως επίσης και οι ακτίνες χ και κάποια υποτονικά σωματίδια που παράγονται τεχνητά ή αποτελούν συνιστώσες της κοσμικές ακτινοβολίας.
Από τις ακτινοβολίες, αυτές, οι πιο γνωστή, είναι η ακτινοβολία χ που παράγεται στις ακτινολογικές λυχνίες και έχει ευρεία χρήση στην Ιατρική, καθώς και οι α, β και γ που εκπέμπονται από τους φυσικούς ή τεχνητούς ασταθής πυρήνες των ατόμων κάποιων στοιχείων που ονομάζονται ραδιοϊσότοπα. [15]

2.4 Ραδιοϊσότοπα και ραδιενέργεια

Είναι γνωστό ότι ο πυρήνας ενός ατόμου της ύλης αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα καθορίζει το είδος του ατόμου ενώ το άθροισμα πρωτονίων και νετρονίων το βάρος του ατόμου. Άτομα με τον ίδιο αριθμό πρωτονίων είναι ομοειδή, ανήκουν δηλαδή στο ίδιο στοιχείο. Άτομα με τον ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό νετρονίων είναι προφανώς και αυτά ομοειδή και καλούνται ισότοπα του ίδιου στοιχείου.



Σχήμα 6:τα τρία φυσικά ισότοπα του στοιχείου υδρογόνου, από τα οποία το τρίτιο έχει ασταθή ραδιενεργό πυρήνα. Το τρίτιο είναι ραδιενεργό στοιχείο και από τη διάσπαση του προκύπτει η ακτινοβολία β.

Ο πυρήνας ενός ατόμου είναι σταθερός αν ο συνδυασμός του αριθμού πρωτονίων και νετρονίων είναι αποδεκτός από τη φύση ενώ αντίθετα είναι ασταθής αν ο συνδυασμός αυτός είναι απαγορευμένος. Στη φύση υπάρχουν ασταθείς πυρήνες ατόμων ενώ ορισμένοι από αυτούς παράγονται τεχνητά.

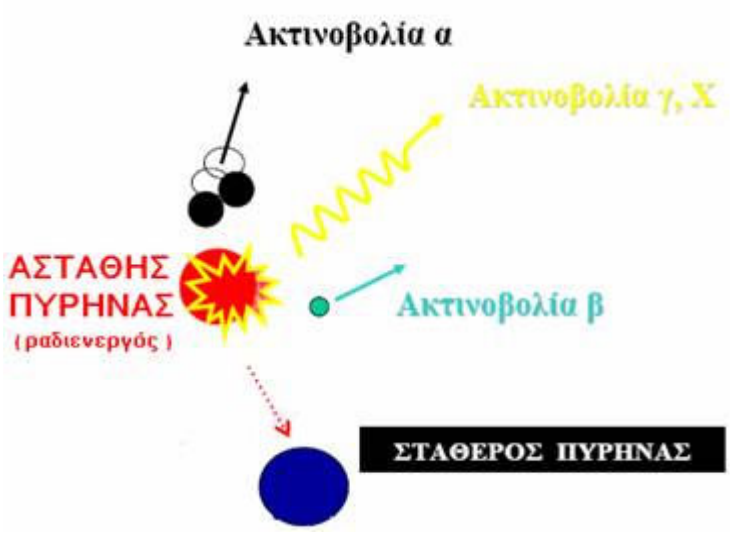
Οι ασταθείς πυρήνες διασπώνται με χαρακτηριστικούς μηχανισμούς και στόχο τη μετάπτωση σε μία σταθερότερη φυσική κατάσταση. Για το σκοπό αυτό αποβάλλουν μάζα και ενέργεια με τη μορφή σωματιδιακής και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αντίστοιχα. Η χαρακτηριστική ιδιότητα των ασταθών πυρήνων να αποβάλλουν μάζα και ενέργεια καλείται ραδιενέργεια.

Με τον όρο ραδιενέργεια, ενός υλικού, αναφερόμαστε, στο φυσικό μέγεθος. Το οποίο χαρακτηρίζει το ρυθμό διάσπασης των ασταθών πυρήνων του. Μονάδα μέτρησης είναι το 1 Bequerel (Bq), το οποίο αντιστοιχεί σε μία διάσπαση ενός ασταθούς πυρήνα ανά δευτερόλεπτο.

Μονάδες που εκφράζουν το επίπεδο ραδιενέργειας ενός ραδιενεργού υλικού
Η συνηθέστερη μονάδα είναι το **Curie (Ci)**. Ένα Curie ισοδυναμεί με $3{,}7.10^{10}$ ραδιενεργές διασπάσεις ανά δευτερόλεπτο.
Άλλη μονάδα ραδιενέργειας (**ενεργότητας** για την ακρίβεια) είναι το **Becquerel (Bq)**, που αντιστοιχεί σε μία ραδιενεργό διάσπαση ανά δευτερόλεπτο. Δηλαδή ισχύει ότι **$1\ Ci = 3{,}7.10^{10}\ Bq$**

Τα ραδιοϊσότοπα είναι ισότοπα των γνωστών χημικών στοιχείων που χαρακτηρίζονται

από ασταθής πυρήνες. Κάθε ραδιοϊσότοπο ενός στοιχείου χαρακτηρίζεται, μονοσήμαντα από το είδος και την ενέργεια της ακτινοβολίας, την οποία εκπέμπει καθώς και από το χρόνο υποδιπλασιασμού του. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού ενός ραδιοϊσοτόπου, είναι ο χρόνος που απαιτείται για να πέσει η τιμή της ραδιενέργειας του, στο μισό της αρχικής της τιμής. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού, είναι σταθερός και χαρακτηριστικός για κάθε είδος ραδιοϊσοτόπου. Τα ραδιοϊσότοπα των σταθερών στοιχείων, τα συναντάμε στη φύση, ως φυσικά συστατικά του εδάφους, του νερού και του ατμοσφαιρικοί αέρα, ή παράγονται τεχνητά σε εγκαταστάσεις υψηλής τεχνολογίας (π.χ. σε πυρηνικούς αντιδραστήρες). [16], [17]



Σχήμα 7:Οι ασταθείς πυρήνες που διασπώνται με χαρακτηριστικούς μηχανισμούς και στόχο τη μετάπτωση σε μία σταθερότερη φυσική κατάσταση. Για το σκοπό αυτό αποβάλλουν μάζα και ενέργεια με τη μορφή σωματιδιακής και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αντίστοιχα

2.4.1 Είδη ραδιενέργειας

Φυσική ραδιενέργεια

Οι πηγές της φυσικής ραδιενέργειας έχουν την αρχή τους στη δημιουργία του σύμπαντος και είναι:

- Από τον ουρανό (κοσμική ακτινοβολία)
- Από τη γη (ραδιενεργά κοιτάσματα)
- Από το ίδιο το ανθρώπινο σώμα (εσωτερική ραδιενέργεια)

(Σχήμα 8)



Σχήμα 8: φυσικές πηγές ακτινοβόλησης

2.4.2 Κοσμική ακτινοβολία

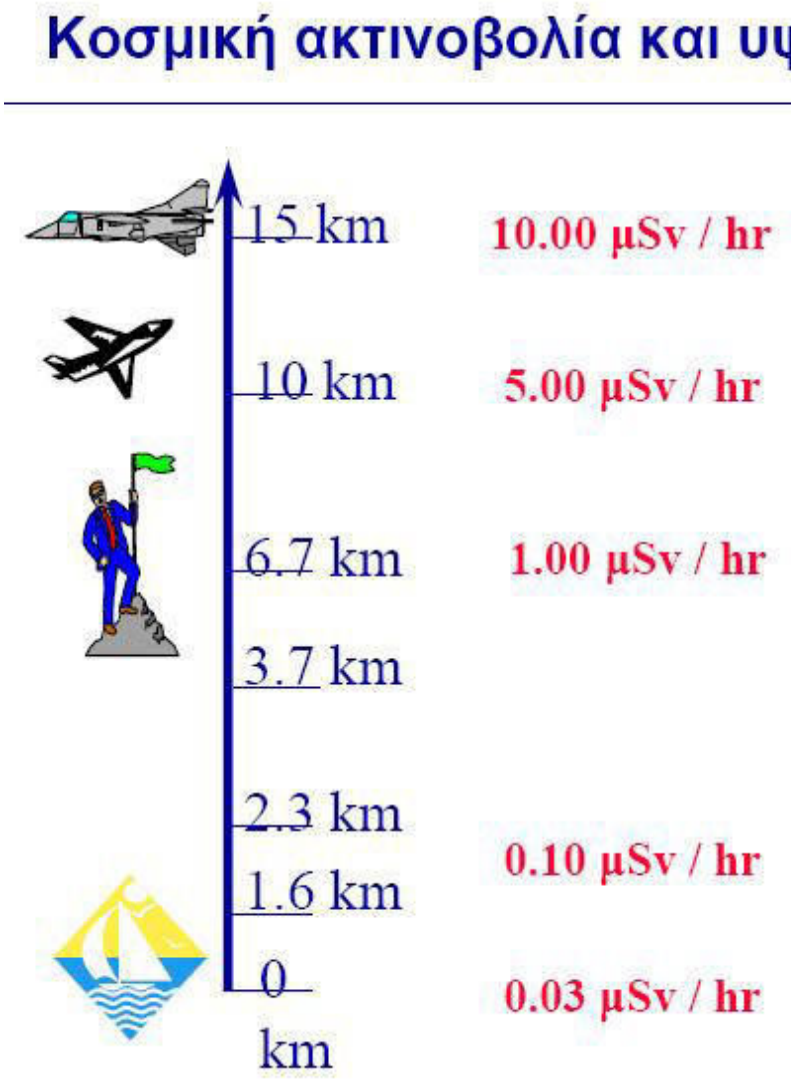
Η κοσμική ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία που μας έρχεται από το αχανές διάστημα. Είναι αποτέλεσμα των συνεχών μεταβολών που συμβαίνουν στον αστρικό χώρο από το διάστημα φτάνει στη Γη ακτινοβολία, φτάνουν βλήματα - πυρηνικά σωματίδια δεν φτάνουν ραδιενεργοί πυρήνες. Οι ραδιενεργοί πυρήνες που φτάνουν στην επιφάνεια της Γης δεν έρχονται από το διάστημα, προέρχονται από τη σύγκρουση της κοσμικής ακτινοβολίας με στοιχεία που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα.

Έτσι στην επιφάνεια της Γης είναι ελάχιστα αισθητή διότι η γήινη ατμόσφαιρα την εξασθενεί και συγκρατεί το μεγαλύτερο μέρος της. Φτάνει στη γη από παντού. Δεν υπάρχει κατεύθυνση από την οποία να φαίνεται ότι έρχεται περισσότερη. Κανείς δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτήν την "αστρική βροχή". Από πού προέρχεται και επιταχύνεται η κοσμική ακτινοβολία; Προέρχεται από εκρήξεις αστέρων; Επιταχύνεται στην επιφάνεια των αστέρων από τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που αναπτύσσονται γύρω από αυτά; Υπάρχουν πολλές πηγές κοσμικής ακτινοβολίας στον Γαλαξία. Ανεξάρτητα πάντως από πού προέρχεται, η αρχική κοσμική ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της Γης τροποποιημένη.

Την τροποποίηση αυτή την προκαλεί η γήινη ατμόσφαιρα. Καθώς η ακτινοβολία διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα, συγκρούεται με πυρήνες ατόμων που βρίσκονται στον αέρα. Η σύγκρουση οδηγεί στην παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού σωματιδίων διαφόρων τύπων. Τα δευτερογενή αυτά σωματίδια ακολουθούν την πορεία των πρωτογενών, την πορεία προς την επιφάνεια της Γης, στο δρόμο τους όμως συνεχώς απορροφούνται από τα στοιχεία του αέρα και τελικά στην επιφάνεια της Γης φτάνουν πολύ λίγα. Ο μηχανισμός απορρόφησης της κοσμικής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα είναι εκείνος που οδηγεί στη συνεχή παραγωγή ορισμένων φυσικών ραδιενεργών στοιχείων. Όσο πιο ψηλά βρισκόμαστε στην ατμόσφαιρα τόσο δεχόμαστε περισσότερη κοσμική ακτινοβολία.

Αυτό έχει ως συνέπεια οι επιβάτες και τα πληρώματα των αεροπορικών πτήσεων να επιβαρύνονται με μια πρόσθετη δόση. Τα μέρη που είναι πιο κοντά στους πόλους δέχονται 4 φορές περισσότερη ακτινοβολία από τα μέρη που είναι πιο κοντά στον

Ισημερινό. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο μαγνητικό πεδίο της Γης. [18],[19]



Σχήμα 9: κοσμική ακτινοβολία στα διάφορα ύψη

2.4.3 Ακτινοβολία από τη Γη

Περισσότερα από 40 ραδιενεργά ισότοπα έχουν βρεθεί στο υπέδαφος. Τα περισσότερα από αυτά προέρχονται από διασπάσεις άλλων ραδιενεργών ισοτόπων και κατατάσσονται σε τρεις σειρές με επικεφαλή το αρχικό ισότοπο από το οποίο προέρχονται.

Τα πρώτα (πατρικά) δίνουν το όνομα τους στις αντίστοιχες σειρές, είναι το Ουράνιο 238 (σειρά ουρανίου), το θόριο (σειρά θορίου) και το ουράνιο 235 (σειρά ακτινίου). Αυτά τα τρία ισότοπα έχουν αντίστοιχα χρόνους υποδιπλασιασμού 4, 5, 14 και 0,7δισεκατομμύρια χρόνια. Τα "πατρικά" αυτά ισότοπα μπορεί να προέρχονται από άλλα των οποίων ο χρόνος υποδιπλασιασμού ήταν μικρότερος και έτσι δεν υπάρχουν σήμερα. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο, ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε φυσικά ραδιενεργά κοιτάσματα. Τέτοια μέρη έχουν βρεθεί τώρα στην Βραζιλία και στην Ινδία (στην επαρχία Κεράλα). Έρευνες που έγιναν στην επαρχία Κεράλα για τυχόν επιπτώσεις από τα υψηλά επίπεδα της φυσικής ραδιενέργειας

έδωσαν αρνητικά αποτέλεσμα.

Σε μια πρόσφατη μελέτη παρατηρήθηκε αυξημένος αριθμός πνευματικά καθυστερημένων ατόμων που αποδίδεται σε γενετικά αίτια ενώ δεν παρατηρήθηκε αύξηση σε επίκτητες βλάβες. Αυτά είναι ένδειξη ότι η ραδιενέργεια χαμηλής δόσης μπορεί να προκαλέσει βλάβες οι οποίες είναι γενετικής φύσεως. [20]

2.4.4 Ακτινοβολία από το εσωτερικό του ανθρώπου

Τα ραδιενεργά ισότοπα εισέρχονται στο σώμα του ανθρώπου με την εισπνοή και τις τροφές. Ανάλογα με το είδος τους κατακρατούνται από ορισμένα όργανα του σώματος για κάποιο διάστημα. Από αυτή τη θέση έχουν την δυνατότητα να ακτινοβολούν τη γύρω περιοχή.

2.4.5 Άλλες φυσικές πηγές ραδιενέργειας

Ο άνθρωπος στην καθημερινή του ζωή αντιμετωπίζει και άλλες πηγές ραδιενέργειας από τη Γη μικρότερης σημασίας. Η πιο σημαντική προέρχεται από το κάρβουνο, το οποίο όταν καίγεται ελευθερώνει τα ραδιενεργά ισότοπα που περικλείει. Αυτά είτε φεύγουν με τον καπνό, είτε παραμένουν στην στάχτη. Υπάρχουν επίσης τα φωσφορικά ορυκτά που χρησιμοποιούνται για λιπάσματα περιέχουν σε πολύ μικρές ποσότητες ραδιενεργά ισότοπα και φτάνουν στον άνθρωπο με την τροφή.

Η γεωθερμική ενέργεια που ελευθερώνεται με την μορφή ατόμου ή ζεστού νερού είναι ένα μέσο που φτάνει η ραδιενέργεια από το εσωτερικό της Γης στην επιφάνειά της. Οι πηγές των μεταλλικών νερών που περιέχουν, σε διάλυση, απορροές ραδιενεργών στοιχείων και πολύ σπάνια ελάχιστα ποσά των ίδιων ραδιενεργών στοιχείων ή των αλάτων τους. Οι απορροές που συναντούνται στα μεταλλικά νερά είναι κυρίως του ραδίου και μετά του θορίου και του ακτινίου, χαρακτηρίζονται και ως ραδιενεργά αέρια και λέγονται αντίστοιχα ραδόνιο, θορόνιο και ακτινόνιο. Οι ραδιενεργές πηγές έχουν θεραπευτική επίδραση σε πολλές παθήσεις όπως είναι τα αρθριτικά, οι χρόνιοι ρευματισμοί, η πνευμονική φυματίωση κ.λπ. Στην Ελλάδα οι ισχυρότερες ραδιενεργές πηγές είναι αυτές που βρίσκονται στα Καμένα Βούρλα.

Μέχρι σήμερα δεν έχει ανακοινωθεί κάποια ασθένεια που να αποδόθηκε σε φυσική ραδιενέργεια ακόμη και σε περιοχές που μετρήθηκαν δόσεις 20 και 30 φορές μεγαλύτερες από το μέσο όρο που εμφανίζεται στην επιφάνεια του πλανήτη μας. Είναι πιθανό οι μικρές δόσεις από φυσική ραδιενέργεια να προκαλούν γενετικές βλάβες, σε τόσο μικρά ποσοστά ώστε να θεωρούνται αμελητέες μπροστά στις αλλοιώσεις που δημιουργούνται από άλλες εξωγενείς αιτίες. [21] [22]

2.4.6 Πηγές Τεχνητής Ραδιενέργειας

Η συνεχής προσπάθεια του ανθρώπου για την κατανόηση της φύσης και των νομών της τον οδήγησε στη μελέτη της δομής του πυρήνα και των δυνάμεων που συγκρατούν τα συστατικά του (πρωτόνια και νετρόνια).Έτσι αντιλήφθηκε την τεράστια ενέργεια που περικλείεται στον πυρήνα και επινόησε τεχνητούς τρόπους απελευθέρωσής της. Η

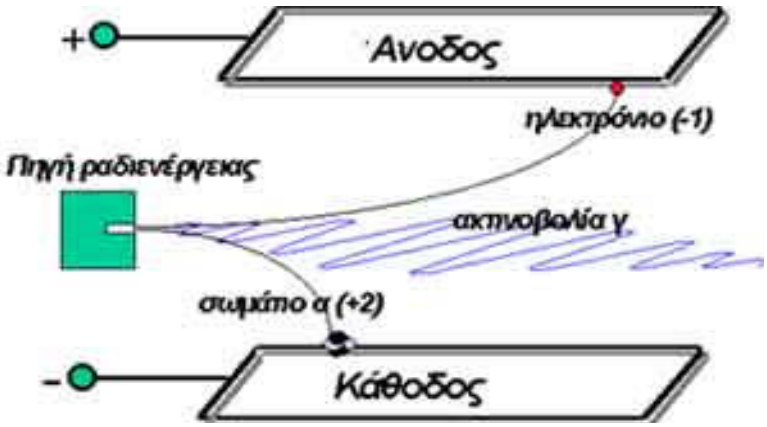
τεχνική απελευθέρωση αυτής της ενέργειας είναι το μεγαλύτερο τεχνολογικό επίτευγμα που πραγματοποιήθηκε στον πλανήτη μας.

Έτσι οδηγήθηκε στην κατασκευή των πυρηνικών αντιδραστήρων και των πυρηνικών όπλων καθώς επινόησε τις τεχνικές και τους τρόπους απελευθέρωσης της πυρηνικής ενέργειας. Οι δυο αυτές "συσκευές" είναι τεράστιες πηγές τεχνητής ραδιενέργειας. Σήμερα, σε 30 χώρες, λειτουργούν 250 πυρηνικοί ηλεκτρικοί σταθμοί εκ των οποίων 85 στην Ευρώπη, 25 στην Ε.Σ.Σ.Δ, 90 στις Η.Π.Α, 15 στην Ιαπωνία. Στην Ελλάδα λειτουργεί από το 1962 ο πυρηνικός αντιδραστήρας του "Δημοκρίτου". Η κύρια χρήση του σήμερα είναι η παραγωγή ραδιοϊσοτόπων για τις ανάγκες των νοσοκομείων.

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες λειτουργούν με κανονισμούς ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται αυστηρά, για να μην συμβαίνουν ατυχήματα όπως αυτό του αντιδραστήρα του Τσερνομπίλ με τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υψηλές δόσεις ραδιενέργειας δέχτηκαν οι εργαζόμενοι στο σταθμό και τα συνεργεία πυρόσβεσης. Έχασαν την ζωή τους 31ατομα. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν εκείνο το 10ήμερο οδήγησαν στους ραδιενεργούς ρύπους, διαδοχικά, στην Σκανδιναβική Χερσόνησο, βόρειο ασιατικό τμήμα της Ε.Σ.Σ.Δ, στην κεντρική Ευρώπη, την Αγγλία, στα Βαλκάνια και τη δυτική Τουρκία. Ίχνη του ραδιενεργού νέφους έφτασαν ως τις Η.Π.Α και την Ιαπωνία. Η ραδιενεργός ρύπανση των καλλιεργειών ήταν σημαντικά αυξημένη στις περιοχές που η διέλευση του νέφους συνέπεσε με ισχυρές βροχοπτώσεις. Στην Ελλάδα μεγαλύτερες τιμές ραδιενεργού ρύπανσης του εδάφους μετρήθηκαν στη νοτιοδυτική Μακεδονία και βορειοδυτική Θεσσαλία. [23], [24], [25]

2.5 Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Ιονιζουσών Ακτινοβολιών

Τα προαναφερθέντα είδη των ακτινοβολιών χαρακτηρίζονται από διαφορετικές μεταξύ τους φυσικές ιδιότητες οι ιδιότητες αυτές καθορίζουν και τη συμπεριφορά τους κατά την αλληλεπίδρασή τους με την ύλη και κατ΄ επέκταση τη σχετική βλαπτικότητά τους όταν αυτές προσβάλλουν τους ανθρώπινους ιστούς. Οι διαφορές αυτές όσον αφορά στο φορτίο και στη μάζα των ακτινοβολιών αυτών δίνονται στο παρακάτω σχήμα.



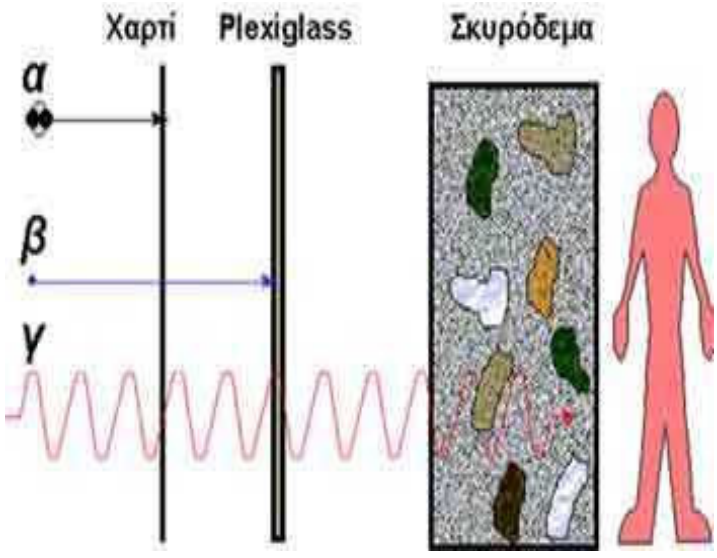
Σχήμα 10: διέλευση της εκπεμπόμενης από ραδιενεργό πηγή, ακτινοβολίας μέσα από ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

Στο σχήμα 10 έχουμε την δυνατότητα να δούμε, τη διέλευση μέσα από ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, της εκπεμπόμενης, από ραδιενεργό πηγή, ακτινοβολίας. Τα ευκίνητα ταχέα ηλεκτρόνια β οδεύουν προς την άνοδο και, τα βαριά σωματίδια α προς την κάθοδο, ενώ η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία γ περνάει ανεπηρέαστη.

Η διεισδυτικότητα ενός είδους ακτινοβολίας μέσα σε δεδομένο υλικό είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η μάζα και το φορτίο της ακτινοβολίας. Ειδικότερα και όσον αφορά τη βλαπτικότητα μιας ακτινοβολίας όταν αυτή προσβάλλει ανά ζωντανό κύτταρο, αυτή εξαρτάται τόσον από το ποσό της εναποτιθέμενης στο προσβαλλόμενο κύτταρο ενέργειας όσον και από τον τρόπο εναπόθεσής της σε αυτόν.

Έτσι, ακτινοβολίες με μικρή εμβέλεια (διεισδυτικότητα) στους ιστούς, εναποθέτουν όλη την ενέργειά τους στο μικρό μήκος διαδρομής τους και δημιουργούν μεγάλη βλάβη στα προσβαλλόμενα κύτταρα λόγω της μεγάλης χωρικής πυκνότητας των αλληλεπιδράσεων. Αντίθετα, διεισδυτικές ακτινοβολίες με μεγάλη εμβέλεια στους ιστούς, κατανέμουν την ενέργειά τους σε μεγαλύτερο μήκος διαδρομής, κατά την οποία η τοπική πυκνότητα των αλληλεπιδράσεων είναι μικρή και έτσι η βλάβη των προσβαλλόμενων κυττάρων είναι σχετικά μικρότερη.

Το φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τον τρόπο εναπόθεσης της ενέργειας στην ύλη και αποτελεί μέτρο της βλαπτικότητας μιας ακτινοβολίας είναι ο συντελεστής γραμμικής μετάδοσης της ενέργειας LET (Linear Energy Tranfer). Ο συντελεστής γραμμικής μεταφοράς της ενέργειας είναι η ενέργεια, που μεταφέρεται από ένα ταχύ φορτωμένο σωματίδιο, ανά μονάδα μήκους της διαδρομής του, στο βιολογικό δείγμα, μέσα ή πολύ κοντά στη διαδρομή του. Ακτινοβολίες με μεγάλο LET είναι βλαπτικότερες από αντίστοιχες με μικρό LET. Ειδικότερα και σε ότι αφορά τις ιδιότητες των ακτινοβολιών με τις οποίες θα ασχοληθούμε στη συνέχεια έχουμε τα ακόλουθα:

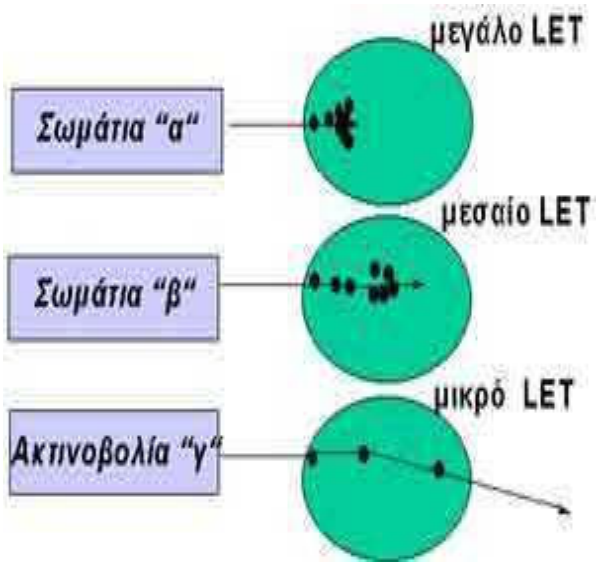


Σχήμα 11: αναφορά στη U-238

Το σχήμα 11 αναφέρετε στη U-*238*. Τα σωματίδια α αποκόπτονται από ένα φύλλο χαρτιού, τα σωματίδια β από μερικά χιλιοστά Plexiglass, ενώ η, ακτινοβολία υψηλής ενέργειας, απαιτεί σχετικά μεγάλα πάχη επιλεγμένων υλικών, για να αποκοπεί.

2.5.1 Ακτινοβολία 'α'

Η ακτινοβολία 'α' είναι σωματιδιακή ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από ραδιενεργούς πυρήνες και μπορεί να παραχθεί σε επιταχυντές σωματιδίων. Το σωματίδιο α είναι σχετικά βαρύ σωμάτιο διότι αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια, (είναι δηλαδή πυρήνας του στοιχείου ηλίου, τέσσερις φορές βαρύτερο του πυρήνα του υδρογόνου), και μεταφέρει σχετικά μεγάλο ηλεκτρικό φορτίο (+2). Όταν τα σωματίδια α, προσβάλλουν την ύλη, λόγω των προαναφερθέντων φυσικών ιδιοτήτων τους, επιβραδύνονται έντονα διότι αλληλεπιδρούν με τα ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά και βαρυτικά πεδία που περιβάλλουν τα άτομα, με αποτέλεσμα την άμεση απορρόφησή τους στα πρώτα κιόλας ελάχιστα πάχη του υλικού που συναντούν. Η ακτινοβολία ¨α¨ χαρακτηρίζεται από υψηλό LET και είναι δυνατόν να αποκοπεί πλήρως από ένα και μόνο λεπτό φύλλο χαρτιού.



Σχήμα 12: οι ακτινοβολίες με υψηλό LET προκαλούν σημαντικότερη βλάβη στον προσβαλλόμενο ιστό από τις αντίστοιχες με μικρό LET

Στο σχήμα 12 έχουμε την δυνατότητα να δούμε, ότι οι ακτινοβολίες με υψηλό LET προκαλούν σημαντικότερη βλάβη στον προσβαλλόμενο ιστό από τις αντίστοιχες με μικρό LET, διότι εναποθέτουν μμεγάλα ποσά ενέργειας στο μικρό μήκος της διαδρομής τους (ιδιαίτερα προς το τέλος της) και αυξάνουν τοπικά την πυκνότητα των ιοντισμών.

2.5.2 Ακτινοβολία 'β'

Είναι σωματιδιακή ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από ραδιενεργούς πυρήνες ή μπορεί να παραχθεί σε επιταχυντές σωματιδίων. Τα σωματίδια **β** είναι ηλεκτρόνια, με μικρή μάζα (7000 φορές περίπου ελαφρότερη από αυτήν των σωματίων ¨α¨), και φέρουν μικρό σχετικά ηλεκτρικό φορτίο (+1 ή -1, τα θετικά ηλεκτρόνια καλούνται ποζιτρόνια). Οι φυσικές αυτές ιδιότητες επιτρέπουν στην ακτινοβολία 'β' να διεισδύει στην ύλη με μεγαλύτερη ευκολία και να διανύει σημαντικά μεγαλύτερη διαδρομή από ότι η ακτινοβολία ¨α ¨ και συνεπώς χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλότερο LET. Μερικά χιλιοστά Plexiglas είναι ικανά να αποκόψουν την ακτινοβολία ¨β¨.

2.5.3 Ακτινοβολία 'γ'

Είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (φωτόνια) υψηλής ενέργειας, που συνοδεύει τις ραδιενεργές διασπάσεις των πυρήνων. Δεν έχει μάζα και δεν μεταφέρει ηλεκτρικό φορτίο. Έτσι η διέλευσή της μέσα από τα πλέγματα των ατόμων της ύλης δεν παρακωλύεται ενώ η πιθανότητά της να αλληλεπιδράσει με τα ηλεκτρόνια ή τους πυρήνες των ατόμων είναι σχετικά μικρή. Συνεπώς είναι διεισδυτική ακτινοβολία χαμηλού LET και αποκόπτεται δύσκολα. Συνήθως για την προστασία μας από αυτήν κατά τις ιατρικές και βιομηχανικές εφαρμογές χρησιμοποιείται μόλυβδος ή σκυρόδερμα το πάχος των οποίων εξαρτάται από την ενέργεια και την ένταση της ακτινοβολίας.

2.5.4 Ακτινοβολία 'Χ'

Είναι και αυτή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (φωτόνια) υψηλής ενέργειας, της ίδιας φύσης με την ακτινοβολία ¨γ¨, αλλά διαφορετικής προέλευσης. Παράγεται στις ηλεκτρονικές στιβάδες των ατόμων (χαρακτηριστική ατομική ακτινοβολία), ή σε στόχους επιβράδυνσης ταχέως κινουμένων φορτισμένων σωματιδίων (ακτινοβολία πέδης) σε ειδικές για το σκοπό αυτό διατάξεις (λυχνίες ακτινών-Χ, επιταχυντές σωματιδίων). Η ακτινοβολία ¨Χ΄ παρουσιάζει τις ίδιες βασικές φυσικές ιδιότητες με την ακτινοβολία ΄γ΄ σε ότι αφορά τη διεισδυτικότητά της. [25], [26], [27], [28], [9]

2.6 Δοσιμετρία Ιονίζουσας Ακτινοβολίας

Με τον όρο δοσιμετρία, εννοούμε τη μέτρηση της δόσης, η οποία γίνεται με τη βοήθεια των δοσιμέτρων. Η δοσιμετρία των ακτινοβολιών, είναι απαραίτητο στοιχείο στη Φυσική των ακτινοβολιών. Η δοσιμετρία, ασχολείται με την ποσοτική μέτρηση της ακτινοβολίας, αναφορικά με τις δυσάρεστες επιδράσεις που μπορεί να προκαλέσει. Οι μετρήσεις, αυτές, θεωρούνται απαραίτητες, για τη μελέτη των αρνητικών επιδράσεων της ακτινοβολίας, για την πρόγνωση των κινδύνων που προκύπτουν από την ακτινοβολία και για την προστασία από τις ακτινοβολίες.

Όταν η ιονίζουσα ακτινοβολία προσπίπτει σε ανθρώπινους ιστούς αλληλεπιδρά με τα μόρια των κυττάρων, εναποθέτει ενέργεια σ΄αυτά, διασπά χημικούς δεσμούς και προκαλεί βίαιες χημικές αντιδράσεις και βιολογικές μεταβολές. Τα δυσμενή αποτέλεσμα της επίδρασης της ακτινοβολίας στους ιστούς έχουν άμεση σχέση με το ποσόν και τη χωρική κατανομή της ενέργειας που εναποτίθεται σ΄αυτούς. [19], [I]

Στη συνέχεια, αναφέρουμε, τους ορισμούς κάποιων φυσικών δοσιμετρικών μεγεθών, τα οποία αποσκοπούν στο να δείξουν το είδος και την ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με την πιθανότητα δημιουργίας βλάβης στον προσβαλλόμενο ιστό και γενικότερα την πιθανότητα βλάβης της υγείας του προσβαλλόμενου ατόμου.

2.6.1 Αναρροφούμενη Δόση

Η αναρροφούμενη δόση (D) μιας ακτινοβολίας είναι το δοσιμετρικό μέγεθος που εκφράζει την ενέργεια που εναποτίθεται από την προσπίπτουσα ακτινοβολία, ανά μονάδα μάζας της προσβαλλόμενης ύλης. Μονάδα μμέτρησης της απορροφημένης δόσης είναι το 1 Gray, το οποίο αντιστοιχεί σε αναρροφούμενη ενέργεια 1 Joule/Kgr προσβαλλόμενης ύλης. Για την περιοχή των δόσεων που αφορούν την ακτινοβόληση του ανθρώπου από φυσικές και τις συνήθεις τεχνητές πηγές (διαγνωστικές εφαρμογές, καταναλωτικά αγαθά κ.λπ.), χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσια του Gray, όπως το milligray (mGy - χιλιοστό του Gy) και το microgray (μGy- εκατομμυριοστό του Gy). Ο τύπος της απορροφημένης δόσης είναι ο παρακάτω:

$$D=\frac{\Delta E}{\Delta m} \qquad (2.1)$$

δηλαδή η αναρροφούμενη δόση D μιας ακτινοβολίας, γύρω από ένα σημείο, είναι η ενέργεια, ΔE, η οποία δίνεται από την ακτινοβολία στη μάζα mΔ στο σημείο που μας ενδιαφέρει, προς τη μάζα mΔ. Η αναρροφούμενη δόση εξαρτάται:

- Από τη φύση της ακτινοβολίας
- Από την ένταση της ακτινοβολίας
- Από τη φύση του απορροφητικού υλικού

Η ενέργεια που απορροφάται και η οποία παρουσιάζεται την πρώτη στιγμή σαν διέγερση του ατόμου ή του πυρήνα δίδεται, αργότερα, σαν ακτινοβολία ή δεσμεύεται σαν δυναμική (χημική) ενέργεια του συστήματος απορρόφησης. [30]

2.6.2 Ισοδύναμη Δόση

Η βλάβη που προκαλείται σε έναν ιστό από δεδομένο ποσό απορροφημένης δόσης, εξαρτάται άμεσα από το είδος της ακτινοβολίας που τον προσβάλλει. Άρα για να αποτιμηθεί η βιολογική βλάβη σε έναν ιστό δεν αρκεί να προσδιοριστεί μόνον το ποσό της απορροφημένης δόσης. Θα πρέπει το ποσό αυτό να πολλαπλασιαστεί με έναν αριθμητικό παράγοντα που να χαρακτηρίζει το LET της προσβάλλουσας ακτινοβολίας και κατ΄επέκταση τη σχετική βαρύτητα της βλάβης που προκαλεί στον ιστό. Το νέο μέγεθος που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό ονομάζεται ισοδύναμη δόση.

Η ισοδύναμο δόση είναι το δοσιμετρικό μέγεθος, που σχετίζεται με τη βλάβη που μπορεί να προκαλέσει σε έναν ιστό, η αναρροφούμενη δόση ενός συγκεκριμένου είδους ακτινοβολίας. Μονάδα μέτρησης της ισοδύναμης δόσης είναι το 1 Sievert(Sv).Για την περιοχή των δόσεων που αφορούν την ακτινοβόληση του ανθρώπου από φυσικές και τις συνήθεις τεχνητές πηγές που μας περιβάλλουν, χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσια του Sv, όπως το millisievert (mSV - χιλιοστό του Sv) και το microsievert (μSv- εκατομμυριοστό του Sv). Το Sv είναι σχετικά μεγάλη

μονάδα δόσεως και χρησιμοποιείται στην αποτίμηση των δόσεων της ακτινοθεραπείας και αυτών προκαλούνται που σε σοβαρά ακτινικά ατυχήματα.

2.6.3 Ενεργός Δόση

Οι διάφοροι ανθρώπινοι ιστοί παρουσιάζουν διαφορετική σχετική ευαισθησία στην ακτινοβολία, υπό την έννοια ότι και για δεδομένη ισοδύναμη δόση, κάθε ανθρώπινος ιστός συμβάλλει με διαφορετική βαρύτητα στον συνολικό κίνδυνο που διατρέχει από την ακτινοβόλησή του η υγεία του ανθρώπου. Για παράδειγμα η ακτινοβόληση του αιμοποιητικού ιστού βάζει σε μεγαλύτερο κίνδυνο την υγεία από ότι η ακτινοβόληση με ίση ισοδύναμη δόση του θυρεοειδούς και αυτή με τη σειρά της σε μεγαλύτερο κίνδυνο από ότι η ακτινοβόληση του δέρματος αντίστοιχα.

Αν λοιπόν η ισοδύναμη δόση σε ένα όργανο πολλαπλασιαστεί με έναν παράγοντα που χαρακτηρίζει την ευαισθησία του οργάνου, προκύπτει ένα νέο μέγεθος που συμβάλλει στην αποτίμηση του συνολικού κινδύνου που διατρέχει η υγεία από την ακτινοβόληση του συγκεκριμένου οργάνου. Το μέγεθος αυτό καλείται ενεργός δόση και αντιστοιχεί αριθμητικά στην ολοσωματική ισοδύναμη δόση που έπρεπε να δεχθεί το προσβληθέν άτομο ώστε να διατρέξει τον ίδιο κίνδυνο βλάβης της υγείας του με αυτόν που διατρέχει από την τοπική ακτινοβόληση του οργάνου.

Η ενεργός δόση, μας δίνει την δυνατότητα να αντιλαμβανόμαστε και να αποτιμούμε κατά ενιαίο τρόπο το συνολικό κίνδυνο που διατρέχει η υγεία του ανθρώπου από δεδομένη και τα μέτρα ακτινοπροστασίας ακτινοβόληση ενός οργάνου. Η ενεργός δόση είναι το δοσιμετρικό μέγεθος που σχετίζεται με τον ενδεχόμενο συνολικό κίνδυνο για την υγεία, ανεξάρτητα από το είδος της προσβάλλουσας ακτινοβολίας, τις συνθήκες ακτινοβόλησης και την ακτινοβολούμενη περιοχή του ανθρωπίνου σώματος. Η μονάδα μέτρησης της ενεργού δόσεως, είναι το 1Sievert (Sv). [31], [6]. [10]

2.7 Μονάδες ραδιενέργειας

Α. Μονάδες που εκφράζουν την απορροφούμενη ακτινοβολία από έναν οργανισμό

Για να εκτιμήσουμε ποσοτικά τα αποτελέσματα της επίδρασης της ακτινοβολίας, θεσπίστηκε αρχικά μία μονάδα ακτινοβολίας, η οποία ονομάστηκε **rad** (**r**adiaton **a**bsorbed **d**ose). Αυτή εκφράζει τη δόση ραδιενέργειας (ή την ποσότητα ακτινοβολίας γενικότερα) η οποία αποθέτει 0,01 J ενέργειας ανά χιλιόγραμμο μάζας του ιστού που την απορροφά.
Άλλη μονάδα είναι το **Gray (Gy)**, που αντιστοιχεί σε απορρόφηση ακτινοβολίας ενέργειας 1 J ανά χιλιόγραμμο μάζας του ιστού. Δηλαδή, **1 Gy =100 rad.**

Β. Μονάδες που εκφράζουν την απορροφούμενη ακτινοβολία από ένα οργανισμό σε σχέση με τις βιολογικές επιπτώσεις που προκαλούν

Η απορροφηθείσα δόση ακτινοβολίας δεν αποτελεί από μόνη της μέτρο των βιολογικών επιπτώσεων, διότι τα βιολογικά αποτελέσματα εξαρτώνται και από το είδος της ακτινοβολίας. Επί παραδείγματι μια δεδομένη δόση ακτινοβολίας α προκαλεί δέκα φορές περισσότερες βιολογικές βλάβες από ίση δόση ακτίνων Χ. Επίσης 1 Gy ακτινοβολίας α προκαλεί 20 φορές μεγαλύτερη καταστροφή στους ανθρώπινους ιστούς από 1 Gy ακτινοβολίας γ.

Για να είναι λοιπόν συγκρίσιμες οι δόσεις ως προς τα βιολογικά τους αποτελέσματα, χρησιμοποιείται το μέγεθος ισοδύναμη δόση με μονάδα μέτρησης το 1 rem, και κυρίως το υποπολλαπλάσιό του 1**millirem**. Το **rem** (**r**adiation **e**quivalent **m**ass) είναι μία μονάδα ραδιενέργειας που δεν εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας, και εκφράζει τις βιολογικές καταστροφές που προκαλούνται στον άνθρωπο από την απορρόφηση των διαφόρων ακτινοβολιών. Δηλαδή, 1 rem είναι ποσότητα ακτινοβολίας η οποία επιφέρει ένα συγκεκριμένο βιολογικό αποτέλεσμα. Για την ακρίβεια είναι **1 rem =q•1 rad** . Όπου το q είναι ποιοτικός παράγοντας της βιολογικής επίδρασης των διαφόρων τύπων ιονιζουσών ακτινοβολιών πάνω στο βιολογικό σύστημα. Οι τιμές του παράγοντα αυτού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Οι τιμές του παράγοντα q

q = 1	**για ακτίνες γ και ηλεκτρόνια**
q = 10	**για σωματίδια α, πρωτόνια και δευτέρια**
q = 20	**για βαρείς πυρήνες**
2 < q < 10	**για νετρόνια, ανάλογα με την κινητική τους ενέργεια**

Εκτός από το rem χρησιμοποιείται και η μονάδα Sievert (Sv) για την οποία ισχύει ότι **1 Sv = 100 rem.**
Παραθέτουμε μερικές ενδεικτικές τιμές απορρόφησης ακτινοβολιών ως παραδείγματα. Μια ακτινογραφία θώρακα αποθέτει γύρω στα 20 – 40 millirem για κάθε 5 χιλιόγραμμα ιστού. Ισοδύναμη δόση 500 rem σε μικρό χρονικό διάστημα και σε ολόκληρο το σώμα συνήθως οδηγεί στο θάνατο μέσα σε λίγες μέρες. Εντοπισμένη δόση 10.000 rem προκαλεί πλήρη καταστροφή του ιστού. Τέλος η κοσμική ακτινοβολία και η φυσική ραδιενέργεια του εδάφους αντιστοιχούν σε ισοδύναμη δόση 0,1 rem ανά έτος στην επιφάνεια της θάλασσας. Σε μεγαλύτερα ύψη η κοσμική δόση αυξάνεται.

2.8 Βιολογικές Επιδράσεις της Ιονίζουσας Ακτινοβολίας

Η ιονίζουσα ακτινοβολία, δηλαδή η ακτινοβολία στην περιοχή ανά των 300GHz του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, η οποία περιλαμβάνει το ηλιακό φάσμα τις ακτίνες Χ,γ κ.τ.λ. έχει μελετηθεί, σε βάθος από τους ερευνητές ως προς τις βιολογικές επιδράσεις. Όλοι οι ενεργοί πολίτες, στην εποχή μας

Έχουν γνώση, για την επικινδυνότητα, της ηλιοθεραπείας, των ακτινογραφιών και της ραδιενέργειας, γενικότερα, έχοντας υποστεί τις συνέπειες ιστορικών καταστροφών, οι οποίες ταλαιπώρησαν και συνεχίζουν να ταλαιπωρούν πολλές περιοχές του πλανήτη μας.(Χιροσίμα, Ναγκασάκι, Τσερνομπίλ).

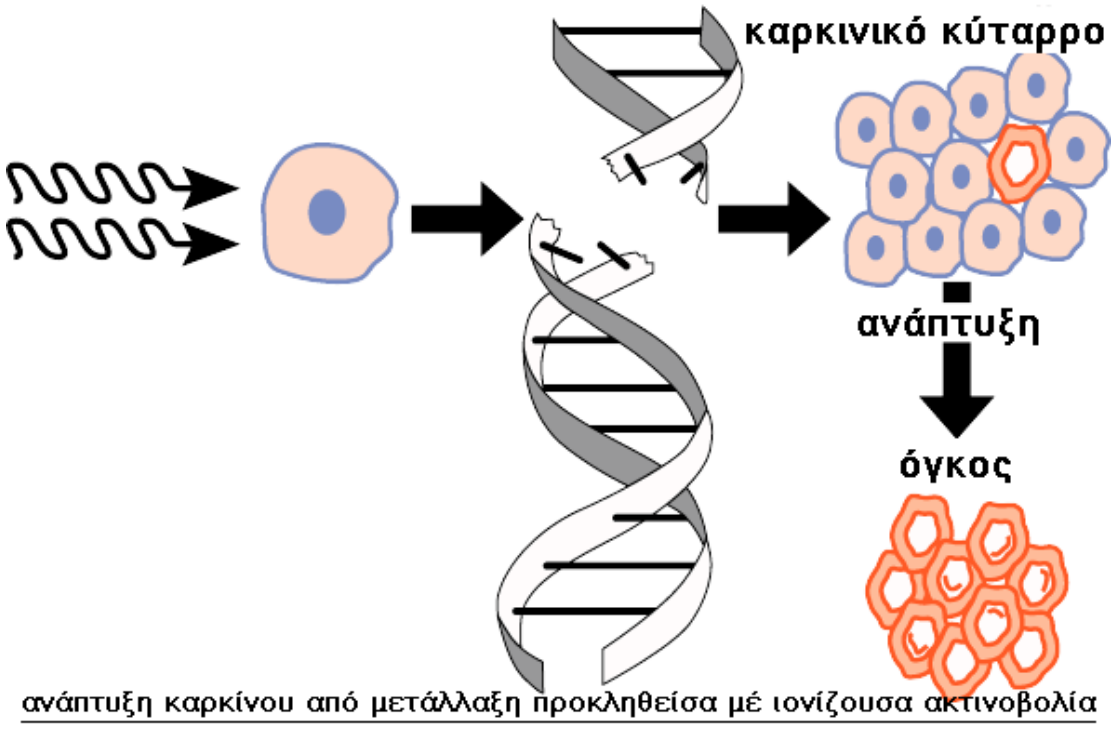
Στην ιονίζουσα ακτινοβολία, η μεταφερόμενη ενέργεια είναι μεγάλη και αυτό προκαλεί το σπάσιμο των δεσμών μεταξύ των μορίων. Το γεγονός, αυτό, είναι, ιδιαίτερα επικίνδυνο, διότι προκαλεί αλλοιώσεις στο γενετικό κώδικα του DNA. Το DNA αποτελεί το φορέα των κληρονομικών μμεταβολών, γι' αυτό και κάθε αλλοίωση της φυσικοχημικής του δομής, οδηγεί σε αλλοίωση των κληρονομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των κυττάρων.

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες, προκαλούν στα κύτταρα των έμβιων όντων, τις πλέον εκτεταμένες αλλοιώσεις σε κάθε μονάδα εναποτιθέμενης ενέργειας και το κυριότερο φαινόμενο είναι η απορρόφηση της ενέργειας της ακτινοβολίας από μόρια ύδατος, τα οποία και αποτελούν περισσότερο από το 90% του όγκου των κυττάρων.

Το αποτέλεσμα των διαφόρων χημικών αντιδράσεων, που συντελούνται στο DNA από την επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι η δημιουργία μόνιμων αλλοιώσεων των κληρονομικών χαρακτηριστικών των κυττάρων, οι οποίες σε επίπεδο οργανισμών είναι μπορούν να εξελιχθούν σε φαινόμενα καρκινογένεσης, μετάλλαξης και θραύσης του μακρομορίου του DNA. Η τελευταία αλλοίωση μπορεί να εξελιχθεί και σε εμφάνιση αλλοιώσεων στα χρωμοσώματα. Στην πορεία των φαινομένων, αυτών, παρεμβάλλονται και διάφοροι επιδιορθωτικοί μηχανισμοί των κυττάρων, οι οποίοι, όμως, δεν είναι σε θέση να αποκαταστήσουν, πλήρως τις καταστροφές από τις διάφορες αλλοιώσεις.

Οι αλλοιώσεις στα χρωμοσώματα, έχουν την δυνατότητα να οδηγήσουν στην αναστολή της ικανότητας των κυττάρων. Η απορρόφηση υψηλότερων δόσεων μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερες αλλοιώσεις στα κύτταρα και να φτάσουμε, τελικά στο θάνατο του κυττάρου. Μία από τις πιο ευαίσθητες λειτουργίες των κυττάρων, στις ακτινοβολίες, είναι ο μηχανισμός των διακίνησης ιόντων καλίου και νατρίου μέσα και έξω από τα κύτταρα. Οι αλλοιώσεις, αυτές, όταν είναι αρκετά εκτεταμένες εμφανίζονται και σε επίπεδο ιστών, όπως στο μυελό των οστών όπου παράγονται τα κύτταρα του αίματος.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία έχει ευθύνη, για την εμφάνιση διαφόρων μορφών καρκίνου στον ανθρώπινο οργανισμό. Όπως, αναφέραμε και παραπάνω, οι ιονίζουσα ακτινοβολία, προκαλεί αλλοιώσεις και βλάβες στο DNA. Η σύγχρονη γνώση για τον καρκίνο, είναι ότι ξεκινάει με βλάβη στο γενετικό κώδικα (DNA). Οι βλάβες, αυτές, εδικά όταν ξεπερνούν τα εμπόδια που δημιουργούν οι διάφοροι επιδιορθωτικοί μηχανισμοί που διαθέτει ο γενετικός κώδικας μπορούν πολύ εύκολα να οδηγήσουν σε καρκινογένεση.



Σχήμα 13 : Ανάπτυξη καρκίνου από μετάλλαξη με ιονίζουσα ακτινοβολία

Οι ακτίνες Χ, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην ιατρική και με τις οποίες οι γιατροί φωτογραφίζουν διάφορα μέρη του σώματος (ακτινογραφίες), για την ανίχνευση ασθενειών στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι επικίνδυνες σε μεγάλες δόσεις. Όμως η σωστή και η ελεγχόμενη χρήση τους, βοηθάει στην αναχαίτιση του καρκίνου. Επίσης, οι ακτίνες γ, είναι ακτίνες υψηλής ενέργειας που εκπέμπονται από κάποιο ραδιενεργό στοιχείο. Μπορούν, εύκολα, να διαπεράσουν τα περισσότερα υλικά και η χρήση τους έχει πολύ έντονες βιολογικές επιδράσεις.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενες παραγράφους έχει καρκινογόνες ιδιότητες, επειδή προάγει το σχηματισμό, χημικά ενεργών ομάδων, όταν απορροφηθεί από μόρια, τα οποία, που περιβάλλουν το DNA. Οι χημικές, αυτές, ομάδες, προκαλούν, επίσης, μεταλλάξεις και μπορούν να σπάσουν το γενετικό κώδικα. Επιπλέον, η ιονίζουσα ακτινοβολία, που προέρχεται από τις υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου έχει την δυνατότητα προκαλέσει καρκινογένεση. Η έκθεση, στο ηλιακό φως και κατά συνέπεια στις υπεριώδεις ακτίνες, είναι μία από τις κυριότερες αιτίες εμφάνισης καρκίνου του δέρματος και διαφόρων άλλων αλλοιώσεων και ρυτίδων στο δέρμα.

Οι συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν οι ιονίζουσες ακτινοβολίες στην υγεία του ανθρώπου μπορούν χωριστούν σε δύο κατηγορίες.

Α) Στις στοχαστικές συνέπειες που είναι εκείνες οι συνέπειες των οποίων η εμφάνιση χαρακτηρίζεται τυχαία. Η πιθανότητα εκδήλωσης των συνεπειών αυτών, συνδέεται άμεσα με τη δόση της ακτινοβολίας που απορροφάται από τον οργανισμό. Οι στοχαστικές συνέπειες με την ύπαρξη κάποιας κατώτερης οριακής δόσης ακτινοβολίας. Η εκδήλωση τους μπορεί να γίνει πολλές δεκαετίες μετά την έκθεση στην ακτινοβολία.

Οι στοχαστικές συνέπειες μπορεί να προκληθούν και από πολύ μικρές δόσεις ακτινοβολίας και είναι:

• Η εμφάνιση καρκίνου. Οι πιο συνηθισμένες μορφές καρκίνου, για τις οποίες υπάρχουν ενδείξεις, ότι μπορούν να προκληθούν από ακτινοβολίες είναι: οι λευχαιμία και ο καρκίνος του μαστού, του μυελού των οστών, του πνεύμονα, των οστών, του θυρεοειδούς, του ήπατος, του λεπτού εντέρου και του δέρματος.

• Οι κληρονομικές ανωμαλίες, οι οποίες προκαλούνται από ακτινοβολίες, οι οποίες συνδέονται με την πρόκληση αλλοιώσεων στο γενετικό κώδικα και στα χρωμοσώματα. Οι ανωμαλίες, αυτές, χαρακτηρίζονται από τοπικές βλάβες στο DNA και δεν είναι ορατές με το μικροσκόπιο και σε διάφορες χρωμοσωμικές ανωμαλίες, οι οποίες δεν επιδιορθώνονται και είναι ορατές με το μικροσκόπιο. Παράδειγμα τέτοιων βλαβών είναι το σύνδρομο DOWN.

Β) Στις μη στοχαστικές συνέπειες, που παρατηρούνται, κυρίως σε σχετικά υψηλές δόσεις ακτινοβολίας και η πιθανότητα και ο βαθμός εκδήλωσης τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ηλικία, το βάρος, η γενική κατάσταση του ατόμου αλλά και από τη δυνατότητα και το είδος της περίθαλψης, που θα του παρασχεθούν τις πρώτες ημέρες από την έκθεση στην ακτινοβολία. Σε αυτή την κατηγορία συνεπειών κατατάσσονται:

• Το γαστρεντερικό σύνδρομο, που οφείλεται στην καταστροφή των κυττάρων που καλύπτουν το γαστρεντερικό σύστημα, και τα οποία αναπαράγονται γρήγορα και για το λόγο, αυτό, είναι πολύ ευαίσθητα στην ακτινοβολία.

• Η καταστροφή του μυελού των οστών, εμφανίζεται 2-3 ημέρες μετά την έκθεση στην ακτινοβολία.. Οι αλλοιώσεις που προκαλεί η ακτινοβολία στο μυελό των οστών, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στον αριθμό των κυττάρων του αίματος και τη λειτουργικότητα του. Σε αυτή την περίπτωση, η μόνη θεραπεία που υπάρχει είναι η μεταμόσχευση μυελού των οστών. Το πρόβλημα, είναι, όμως ότι ο οργανισμός απορρίπτει τα ξένα κύτταρα.

• Η ακτινική περιτονίτιδα, η οποία, εμφανίζεται με αναπνευστικά προβλήματα και πυρετό. Εκδηλώνεται 5-6 ημέρες από την έκθεση του ατόμου στην ακτινοβολία και προκαλεί καταστροφή στα κύτταρα των πνευμόνων.

Συνήθως, τα άτομα, που εκτίθενται σε πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, φτάνουν στο θάνατο από την καταστροφή του μυελού των οστών. Υπάρχει όμως οριακή δόση ακτινοβολίας, κάτω από την οποία δεν έχουμε τέτοιου είδους φαινόμενα. Τα άτομα, εκείνα, στα οποία εκδηλώθηκαν μη στοχαστικές συνέπειες της ακτινοβολίας και επιβίωσαν, έχουν αυξημένες πιθανότητες να εμφανίσουν αργότερα στην πορεία της ζωής τους, στοχαστικές επιπτώσεις. [32]

2.8.1 Επιδράσεις από τη Ραδιενέργεια

Οι πυρηνικές αντιδράσεις παράγουν ταχέως κινούμενα σωματίδια και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υψηλών ενεργειών. Οι αλληλεπιδράσεις τέτοιων εκπομπών με την ύλη είναι δυνητικά επικίνδυνες. Αυτό συμβαίνει διότι η ακτινοβολία που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια των πυρηνικών αντιδράσεων μπορεί να διεγείρει μόρια, να σπάσει χημικούς δεσμούς, να αποσπάσει ηλεκτρόνια από άτομα και μόρια. Τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια μπορούν τα ίδια με τη σειρά τους να προκαλέσουν μοριακή διέγερση και διασπάσεις δεσμών. Τα χημικά είδη που προκύπτουν από τέτοιες αλληλεπιδράσεις είναι συχνά

ιδιαίτερα ενεργά και σχηματίζουν νέα προϊόντα.

Οι διάφορες μορφές ακτινοβολίας εκπέμπονται σε διάφορες ενέργειες και με διαφορετική ισχύ διείσδυσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διαφέρουν και οι επιδράσεις στο υλικό που θα τις δεχτεί.

Τα σωματίδια άλφα είναι μεγάλα και έχουν μικρή διεισδυτική ισχύ. Δεν εισχωρούν περισσότερο από μερικά χιλιοστά στο σώμα. Γίνονται όμως πολύ πιο επικίνδυνα αν ληφθούν, με την τροφή, εσωτερικά. Είναι αρκετά ασθενή ώστε να μην μπορούν να διαπεράσουν ένα φύλλο χαρτιού.

Τα σωματίδια βήτα, τα οποία είναι μικρότερα, μπορούν για παράδειγμα να περάσουν από ένα φύλλο χαρτί, θα τα σταματήσει όμως ένας ζωικός ιστός βάθους 2 εκατοστών. Γίνονται, όπως και τα σωμάτια άλφα, πιο επικίνδυνα με την κατάποση, οπότε και μπορούν να ακτινοβολούν άμεσα τα εσωτερικά όργανα του ανθρώπινου σώματος, που είναι πιο ευαίσθητα από δέρμα. Δε μπορούν να διαπεράσουν αλουμίνιο.

Η ακτινοβολία γ είναι εξαιρετικά διεισδυτική και διαπερνά το ανθρώπινο σώμα. Αποτελεί τον σημαντικότερο κίνδυνο μετά από μία πυρηνική έκρηξη, λόγω της μεγάλης της ενέργειας και σταματά μόνο μμπροστά σε ένα παχύ στρώμα μολύβδου. Όλες αυτές είναι ιονίζουσες ακτινοβολίες, βασική επίδραση των οποίων είναι η χημική αλλαγή της ύλης με την οποία αλληλεπιδρούν σε ατομικό, και στην περίπτωση της οργανικής ύλης, σε κυτταρικό επίπεδο. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να ανακοπεί η διεργασία της κυτταρικής διαίρεσης, ή σε ακραίες περιπτώσεις όπου οι αμυντικοί μηχανισμοί του οργανισμού έχουν καταβληθεί, να εξοντωθεί το κύτταρο.

Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στους ανθρώπους έχουν αποτελέσει το αντικείμενο έρευνας για περίπου 100 χρόνια, με ιδιαίτερα εντατικές προσπάθειες μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έχουν συντεθεί σε ένα διεθνώς καταξιωμένο σύνολο προτύπων για την προστασία από την ακτινοβολία, βασισμένο στις προτάσεις της Διεθνούς Επιτροπής για τη Ραδιολογική Προστασία (ICRP).

Η ακτινοβολία σε μεγάλες και σε μικρό χρονικό διάστημα λαμβανόμενες δόσεις μπορεί να βλάψει ζωτικά όργανα και να προκαλέσει το θάνατο. Τα πυρηνικά όπλα, που χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλες πολεμικές επιχειρήσεις, είχαν αποτελέσματα καταστροφικά, τα οποία έχουν καταχωρηθεί στις μαύρες σελίδες της παγκόσμιας ιστορίας. Είναι γνωστές οι μεγάλες καταστροφές που προκάλεσαν τα πυρηνικά όπλα στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι κατά το δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο. Οι άνθρωποι που επέζησαν από τις καταστροφές αυτές καθώς και οι επόμενες γενιές, αντιμετώπισαν αξεπέραστα προβλήματα υγείας όπως λευχαιμία, καρκινογενέσεις και οφθαλμολογικά προβλήματα. Τα προβλήματα, αυτά μεταφέρθηκαν και στις επόμενες γενιές, και παρατηρούνται ακόμα και σήμερα στις περιοχές, αυτές, φαινόμενα τερατογεννέσεων και καρκίνου.

Παρόμοιες συνέπειες είχε η χρήση πυρηνικών στον πόλεμο του Περσικού κόλπου καθώς και η έκρηξη που προκλήθηκε στον πυρηνικό αντιδραστήρα στ εργοστάσιο στο Τσερνομπίλ της Ουκρανίας, από την οποία προκλήθηκε και τεράστια περιβαλλοντική μόλυνση, καθώς τεράστια στρώματα ραδιενεργού νέφους, γέμισαν το, ουρανό της Ευρώπης δημιουργώντας μεγάλα προβλήματα στη δημόσια υγεία.



Εικόνα 1 : Το 'μανιτάρι' της ατομικής έκρηξης

Στην εικόνα 1 έχουμε την δυνατότητα να διακρίνουμε το χαρακτηριστικό 'μανιτάρι' της ατομικής έκρηξης. Η ραδιολογική προστασία ασχολείται κυρίως με τις επιδράσεις σχετικά μικρών δόσεων που απορροφώνται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αυτές μπορούν να προκαλέσουν λευχαιμία ή άλλου είδους καρκίνους μετά από δεκαετίες, ή να οδηγήσουν σε γενετικές ή χρωμοσωματικές βλάβες που μπορεί να μεταφερθούν στις επόμενες γενιές.

Όλα τα ανωτέρω αποτελούν αντικείμενο μελέτης της ραδιοβιολογίας. Η ραδιοβιολογία είναι μια αρκετά δύσκολη επιστήμη και είναι μεγάλη και διαρκής η προσπάθεια που γίνεται για την επίτευξη διεθνών προτύπων στα μέτρα προστασίας, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη ασφάλεια για το γενικό πληθυσμό αλλά και για τα άτομα εκείνα που εκτίθενται στις ιονίζουσες ακτινοβολίες, εξαιτίας της απασχόλησης τους σε εργασιακούς χώρους που ασχολούνται με την ατομική έρευνα και την πυρηνική βιομηχανία.

Επιπρόσθετα, οι επιπτώσεις της ραδιενέργειας στο περιβάλλον θεωρούνται καταστροφικές. Οι διάφοροι τύποι ραδιενεργούς επίπτωσης που πηγάζουν από μια πυρηνική έκρηξη ή από κάποιο ατύχημα σε πυρηνικά εργοστάσια, μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση σε όλα τα συστατικά του οικοσυστήματος.(ατμοσφαιρικός αέρας, φυτά, ζώα και έδαφος).

Το μέγεθος του προβλήματος που δημιουργείται από την ραδιενεργό ρύπανση εξαρτάται από το είδος των ραδιενεργών ατόμων που αποτελούν τους ρύπους, από την ποσότητα και τις ιδιότητες του καθενός απ' αυτά. Η ποσότητα των ραδιενεργών

ατόμων εξαρτάται από την πηγή της ραδιενεργού επίπτωσης και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή. Επίσης μεγάλη σημασία έχει αν το ραδιενεργό άτομο εισχωρεί στην τροφική αλυσίδα, αν απορροφάται από το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου και σε ποια μέρη του σώματος του συσσωρεύεται περισσότερο.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι το πρώτο συστατικό του οικοσυστήματος που μολύνεται μετά από πυρηνική έκρηξη ή ατύχημα πυρηνικής εγκατάστασης που έχει σαν αποτέλεσμα τη διαρροή ραδιενεργού υλικού στην ατμόσφαιρα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι το μέσο με τον οποίο μεταφέρονται τα ραδιενεργά άτομα σε περιοχές μακριά από την πυρηνική έκρηξη ή ατύχημα. Όμως, η ραδιενεργός μόλυνση του αέρα δεν έχει μεγάλη διάρκεια, επειδή τα ραδιενεργά υλικά εξαιτίας της βαρύτητας, καταλήγουν σύντομα στο έδαφος και σε ότι βρίσκεται πάνω σε αυτό.

Από την θέση αυτή τα ραδιενεργά άτομα έχουν την δυνατότητα να ακτινοβολούν τα φυτά, τα ζώα και τον άνθρωπο. Η παραμονή των ραδιενεργών ατόμων στην επιφάνεια του εδάφους εξαρτάται από το χρόνο υποδιπλασιασμού τους και την αλληλεπίδραση τους με το έδαφος. Η βροχή π.χ. μπορεί να μετακινήσει σε βαθύτερα στρώματα ή να οδηγήσει σε ποτάμια και θάλασσες μόνο ραδιενεργά άτομα που δεν συγκρατούνται από τα αργιλικά συστατικά του εδάφους. [33],[34],[35],[36]

2.8.2 Θετικές επιδράσεις από την χρήση της Ιονίζουσας Ακτινοβολίας

Παρά τα αρνητικά αποτελέσματα από τη χρήση των ιονιζουσών ακτινοβολιών, υπάρχουν και οι θετικές επιδράσεις. Η σωστή χρήση των εφαρμογών τους από τον άνθρωπο, δημιουργεί πολλά οφέλη. Οι θετικές εφαρμογές της ιονίζουσας ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται, ευρέως στην επιστήμη και την τεχνολογία.(στην ιατρική για ραδιοθεραπεία καρκινοπαθών, στη βιομηχανία για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, στη φαρμακευτική για την αποστείρωση τροφίμων και αντιβιοτικών στην επιστημονική έρευνα και για τη ραδιοχρονολόγηση ιστορικών και γεωπολιτικών περιόδων.

Στην Ιατρική γίνεται μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές των ιονιζουσών ακτινοβολιών. Οι ακτίνες Χ, χρησιμοποιούνται, για την απεικόνιση του ανθρώπινου σώματος και αποτελούν μια από τις πολλαπλές βασικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ασθενειών και συγκεκριμένα για τον προσδιορισμό κακοηθών ασθενειών και καρκινικών όγκων. Οι ακτίνες Χ παρέχουν αρκετά οφέλη, σήμερα, όχι μόνο για τη χρήση τους, στην ανίχνευση του καρκίνου αλλά και γιατί δίνουν και τα μέσα για τη θεραπεία της συγκεκριμένης ασθένειας, την ακτινοθεραπεία.

Η χρήση τους, βέβαια, εμπεριέχει και κινδύνους για τον ασθενή, εξαιτίας της σοβαρής πιθανότητας προσβολής των υγιών κυττάρων, που βρίσκονται κοντά στα ‘άρρωστα’ καρκινικά κύτταρα. Και αυτό γιατί η υψηλή ενέργεια των ακτινών Χ μπορεί να καταστρέψει υγιή κύτταρα και να προκαλέσει ανεπιθύμητες ενέργειες. Τα μειονεκτήματα, αυτά, μπορούν να ξεπεραστούν με τη χρήση δεσμών από ιόντα και αντισωματίδια. Η νέα, αυτή μέθοδος, που τα τελευταία χρόνια διευρύνεται, συνεχώς, βασίζεται στην καταστροφή του DNA των καρκινικών κυττάρων και όχι των διπλανών υγιών κυττάρων.

Με τον τρόπο, αυτό, εμποδίζεται η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός τους. Οι επιστήμονες, σήμερα βλέποντας τα μειονεκτήματα της θεραπείας με ακτίνες Χ, αποφάσισαν να υιοθετήσουν τη θεραπεία με χρήση εναλλακτικών δεσμών, όχι από

ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αλλά από σωματίδια. Η κλινική εφαρμογή της συγκεκριμένης θεραπείας, δεν έχει ακόμα εξαπλωθεί και εφαρμόζεται μόνο σε μεγάλα ιατρικά κέντρα της Ευρώπης και της Αμερικής.

Αρκετές, όμως, είναι και οι χρήσεις των ραδιοϊσοτόπων στον τομέα, αυτό. Παρά, τους κινδύνους που ελλοχεύουν, μπορούμε να διακρίνουμε 2 περιοχές εφαρμογών. Η πρώτη είναι η χρήση των ραδιοϊσοτόπων σαν ιχνηθέτες στη διαγνωστική. Και η δεύτερη, είναι η χρήση των ραδιοϊσοτόπων για τη θεραπεία. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται, η εσωτερική και η εξωτερική ακτινοβόληση.

Η εξωτερική ακτινοβόληση ονομάζεται και ραδιοτηλεθεραπία. Η εκλογή του ραδιοϊσοτόπου, που θα χρησιμοποιηθεί στην κάθε εφαρμογή, εξαρτάται από το εκάστοτε πρόβλημα. Η φιλοσοφία και η χρήση των ιχνηθετών στην Ιατρική είναι πανόμοια με αυτή άλλων εφαρμογών, των ραδιοϊσοτόπων. Δηλαδή, η παρακολούθηση μιας αντίδρασης, ή της πορείας μιας αντίδρασης, μέσω της εκπεμπόμενης ραδιενέργειας του κατάλληλου χρησιμοποιούμενου, κάθε φορά, ραδιοϊσοτόπου, που συμμετέχει στην αντίδραση.

Μια άλλη σημαντική εφαρμογή των ακτινοβολιών, είναι, αυτή των ακτινών γ. Προκειμένου, να γίνει διάγνωση στα πλαίσια της Ιατρικής, χορηγείται μια ράδιο φαρμακευτική ουσία, που περιέχει ραδιενεργό ιχνηθέτη και εκπέμπει ακτίνες γ. Οι ακτίνες, αυτές, καταγράφονται από ένα σύστημα ανιχνευτών ραδιενέργειας. Η τεχνική, αυτή, ονομάζεται τομογραφία εκπομπής. Με την εξέταση, αυτή, ο ειδικευόμενος γιατρός μπορεί να διακρίνει δομικές ή μεταβολικές δυσλειτουργίες και αν οδηγηθεί έτσι σε καλύτερη διάγνωση. Επίσης οι ακτίνες γ έχουν σημαντική εφαρμογή στον εντοπισμό όγκων, με τη βοήθεια της τομογραφίας. Τέτοιου είδους εξετάσεις είναι οι αναλύσεις SPECT και PET, που έχουν καθιερωθεί στη διάγνωση των όγκων και τη μελέτη των λειτουργιών του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Τέλος, μια άλλη πολύ σημαντική εφαρμογή των ραδιοϊσοτόπων είναι και η μαγνητική τομογραφία. Όπου η τεχνική, αυτή, έχει μεγάλη διάδοση και σπουδαία αποτελέσματα στις ιατρικές διαγνώσεις. Οι μμαγνητικές τομογραφίες δείχνουν τη διασπορά του νερού στο ανθρώπινο σώμα και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται από τα ζωτικά όργανα. Μια από τις σπουδαιότερες εφαρμογές της μαγνητικής τομογραφίας είναι στις απεικονίσεις των εγκεφαλικών παθήσεων και των στεφανιαίων αρτηριών καθώς στην ορθοπεδική και την αγγειογραφία.

Γενικότερα, υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών, των ακτινοβολιών και των ραδιοϊσοτόπων στην Ιατρικά επιστήμη και έρευνα, οι οποίες έχουν συμβάλλει στην εξάλειψη πολλών ασθενειών αλλά και στην πρόοδο των ερευνών και την εύρεση νέων και αποτελεσματικότερων θεραπειών για πολλές μορφές καρκίνου. [37], [38],[39], [7], [8]

Στον παρακάτω πίνακα από τα πρακτικά εργασιών συνεδρίου με θέμα «ακτινοβολίες και άνθρωπος» της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, φαίνονται οι τιμές των δόσεων ακτινοβολίας πού παίρνουμε με διάφορες ιατρικές εξετάσεις, ο χρόνος μέσα στον οποίο θα παίρναμε τις ίδιες δόσεις από το περιβάλλον, καθώς και η πιθανότητα εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου.

Πίνακας 2 : Οι τιμές των δόσεων ακτινοβολίας πού παίρνουμε με διάφορες ιατρικές εξετάσεις

Είδος Διαγνωστικής εξέτασης	Τυπική τιμή ενεργού δόσης (mSv)	Τιμές ισοδύναμου χρόνου ακτινοβολίας υποβάθρου*	Τιμές πιθανότητας εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου **
Με ακτίνες Χ			
Ακτινογραφία θώρακα (μονή-ΟΠ)	0.02	3 ημέρες	1 ανά εκατομμύριο
Ακτινογραφία κρανίου	0.07	11 ημέρες	1 ανά 300.000
Ακτινογραφία αυχενικής μοίρας	0.08	2 εβδομάδες	1 ανά 200.000
Ακτινογραφία ισχίου	0.3	7 εβδομάδες	1 ανά 67.000
Ακτινογραφία οσφυϊκής μοίρας	1.3	7 μήνες	1 ανά 15.000
Μαστογραφία	0.2	1 μήνας	1 ανά 100.000
Αξονική τομογραφία κρανίου	2	1 έτος	1 ανά 10.000
Αξονική τομογραφία θώρακα	8	3.6 έτη	1 ανά 2.500
Αξονική τομογραφία κοιλιάς/λεκάνης	10	4.5 έτη	1 ανά 2.000
Με ραδιοϊσότοπα			
Αερισμός πνευμόνων (^{81}Kr)	0.1	2.4 εβδομάδες	1 ανά 200.000
Αιμάτωση πνευμόνων (^{99}Tc)	1	6 μήνες	1 ανά 20.000
Σπινθηρογράφημα οστών (^{99}Tc)	4	2.3 έτη	1 ανά 5.000
Σπινθηρογράφημα δυναμικό καρδιάς (^{99}Tc)	6	2.7 έτη	1 ανά 3.300
Σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου (Tl)	18	8 έτη	1 ανά 1.100
Δόσεις πού δέχεται επιβάτης αεροπλάνου σε αεροπορικό ταξίδι			
Αθήνα – Ν. Υόρκη	0.09	2 εβδομάδες	1 ανά 200.000
Λονδίνο – Σικάγο	0.06	1.5 εβδομάδες	1 ανά 400.000

* Το μέγεθος αυτό δείχνει το χρόνο πού χρειάζεται για να λάβει κανείς την ίδια δόση, εάν εκτιθόταν μόνο στην ακτινοβολία περιβάλλοντος (μια μέση τιμή). Η μέση τιμή της ακτινοβολίας περιβάλλοντος για τη Μ. Βρετανία, απ' όπου προέρχονται και οι τιμές του ανωτέρω πίνακα, είναι 2.2 **mSv** ανά έτος. Τοπικές τιμές κυμαίνονται από 1.5 έως 7.5 ανά έτος.

** Προσεγγιστικές τιμές πιθανότητας εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου για ολόκληρη τη ζωή ανθρώπου από 16 – 69 ετών. Για μικρότερους ασθενείς οι τιμές αυτές πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί 2, ενώ για γηραιότερους ασθενείς να διαιρούνται διά 5.

3. ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Όταν αναφέρουμε τον όρο μη ιονίζουσα ακτινοβολία, χαρακτηρίζουμε τις ακτινοβολίες, εκείνες, που δεν έχουν αρκετή ενέργεια, έτσι ώστε να μπορούν να απομακρύνουν ηλεκτρόνια από τα άτομα δηλαδή δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό των ατόμων. Οι μη ιονίζουσες ακτινοβολίες έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα. Οι επιδράσεις, αυτές, είναι άλλοτε ευεργετικές και άλλοτε επιβλαβείς για τη λειτουργία των κυττάρων.

3.2 Πηγές της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας

Οι πιο γνωστές από τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι η υπεριώδης η ορατή ακτινοβολία, η υπέρυθρη ακτινοβολία, , τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπουν οι ηλεκτρικές συσκευές, η ακτινοβολία laser και άλλες. Οι μη ιονίζουσες ακτινοβολίες, εμφανίζουν διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τις ιονίζουσες ακτινοβολίες και κατά συνέπεια έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Κατ' επέκταση, οι τρόποι προστασίας από τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες, απαιτούν διαφορετική μεθοδολογία και μελετώνται από διαφορετικές ομάδες επιστημόνων. [40]

3.2.1 Ζώνες συχνοτήτων

Ακτινοβολία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας(ELF) 3–30 Hz .Η ακτινοβολία ELF των 60 Hz παράγεται από τα ηλεκτροφόρα καλώδια, την ηλεκτρική καλωδίωση, και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Οι κοινές πηγές έντονης έκθεσης σε αυτή την ακτινοβολία περιλαμβάνουν τους κλιβάνους επαγωγής και τα υψηλής τάσεως ηλεκτροφόρα καλώδια.

Ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων (RF) 3 kHz -300 GHz **/ Ακτινοβολία μικροκυμάτων (MW)** 2 GHz-40 GHz. Η ακτινοβολία μικροκυμάτων απορροφάται κοντά στο δέρμα, ενώ η ακτινοβολία RF μπορεί να απορροφηθεί από όλο το σώμα. Σε αρκετά υψηλές εντάσεις και οι δύο ακτινοβολίες βλάπτουν τους ιστούς εξ' αιτίας της θέρμανσης τους. Οι πηγές ακτινοβολίας RF και MW περιλαμβάνουν τις κεραίες των ραδιοφωνικών κυμάτων, τα ραντάρ και τα κυψελωτά κινητά τηλέφωνα, σταθμοί κινητής ακτινοβολίας (900MHz).

Υπέρυθρη ακτινοβολία (IR) 300GHz - 400THz. Το δέρμα και τα μάτια απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία ως θερμότητα. Τα άτομα, που εκτίθενται σε αυτήν, καταλαβαίνουν την υπερβολική έκθεση σε αυτήν όταν ζεσταίνονται ή και πονάνε ακόμα. Τέτοιες πηγές ακτινοβολίας IR περιλαμβάνουν τους φούρνους, τους λαμπτήρες θερμότητας, και τα λέιζερ IR.

Ορατή ακτινοβολία 400-800THz **.** Οι διαφορετικές ορατές συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (ΕΜ) "θεωρούνται" από τα μάτια μας ως διαφορετικά χρώματα. Ο καλός φωτισμός συμβάλλει στην καλή διάθεση αλλά η υπερβολική ορατή ακτινοβολία μπορεί να βλάψει τα μάτια και το δέρμα.

Υπεριώδης ακτινοβολία(UV) 800THz - 3 $\cdot 10^{17}$Hz Τα φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν υψηλή ενέργεια και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη επειδή δεν υπάρχει συνήθως κανένα άμεσο σύμπτωμα της υπερβολικής έκθεσης. Οι πηγές της UV ακτινοβολίας περιλαμβάνουν τον ήλιο, τα μαύρα φώτα, η οξυγονοκόλληση, και τα UV λέιζερ.

Ακτινοβολία λέιζερ Τα λέιζερ εκπέμπουν UV, ορατές και IR ακτινοβολίες και πρώτιστα κινδυνεύουν τα μάτια και το δέρμα. Τα κοινά λέιζερ περιλαμβάνουν τα IR λέιζερ του CO2,τα ορατά λέιζερ περιλαμβάνουν του ηλίου - νέου, νεοδμίου YAG, και τα κόκκινα ορατά λέιζερ, ενώ τα UV λέιζερ του αζώτου. [41],[42]

3.3 Βιολογική επίδραση των Η/Μ κυμάτων

Όταν τα Η/Μ κύματα συναντούν ένα εμπόδιο τότε μπορεί μέρος αυτών να ανακλαστεί, να διαθλαστεί, να διαδοθεί μέσω του αντικειμένου ή να απορροφηθεί από το αντικείμενο. Ποια από όλες αυτές τις διαδικασίες θα επικρατήσει και σε τι ποσοστό, εξαρτάται από τη συχνότητα του Η/Μ κύματος, τη γωνία πρόπτωσης, από το πόσο καλός αγωγός του ηλεκτρισμού είναι το αντικείμενο και ακόμη από το σχήμα του αντικειμένου.

Στο ανθρώπινο σώμα , που έχει μέτρια, αγωγιμότητα, μπορεί να συμβούν όλα τα ανωτέρω. Όπως σε κάθε μορφή ενέργειας έτσι και η ενέργεια που μεταφέρεται από τα Η/Μ κύματα είναι δυνατόν να επιδρά σε βιολογικά συστήματα, με αποτέλεσμα τελικά να είναι επιβλαβής σε διαφορετικό βαθμό ή ακόμη να είναι και ευεργετική. Αυτό εξαρτάται από τις συνθήκες έκθεσης (συχνότητα, πυκνότητα ισχύος, είδος κυματομορφής, διάρκεια έκθεσης κλπ) καθώς επίσης και από ορισμένους βιολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η επίδραση των Η/Μ κυμάτων στο ανθρώπινο σώμα ή σε βιολογικά συστήματα συντελείται μέσω κάποιων φυσικών μηχανισμών που ανάλογα με την συχνότητα τους είναι δυνατόν να προκαλέσουν διέγερση κυττάρων του νευρικού και μυϊκού ιστού ή να προκαλέσουν θέρμανση του σώματος ή των οργάνων. Οι παραπάνω μηχανισμοί έχουν σχέση με την επαγωγή ηλεκτρικών ρευμάτων στο σώμα του ατόμου που είναι εκτεθειμένο σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και με την απορρόφηση ενέργειας γενικότερα. [43]

3.3.1 Θερμικές επιδράσεις

Θερμικές ονομάζονται εκείνες οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία. Οι βλάβες στον οργανισμό προκαλούνται από τη θέρμανση των ιστών που ακτινοβολούνται και από την αδυναμία των θερμορυθμιστικών μηχανισμών των διαφόρων ιστών στην αντιμετώπιση της ακτινοβόλησης. Παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του 1 mW/cm^2. Οι θερμικές επιδράσεις είναι αυτές που κατά κύριο λόγο αποτελούν το αντικείμενο μελέτης στις δυτικές χώρες. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, το μέγεθος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σ' ένα σημείο ή σε μια περιοχή είναι η πυκνότητα ισχύος η οποία εκφράζεται συνήθως σε

mW/cm^2 Η πυκνότητα ισχύος όμως, μας πληροφορεί έμμεσα μόνο για την ποσότητα ενέργειας που θα απορροφήσει το σώμα μας, όταν βρεθεί στο ακτινοβολούμενο σημείο.

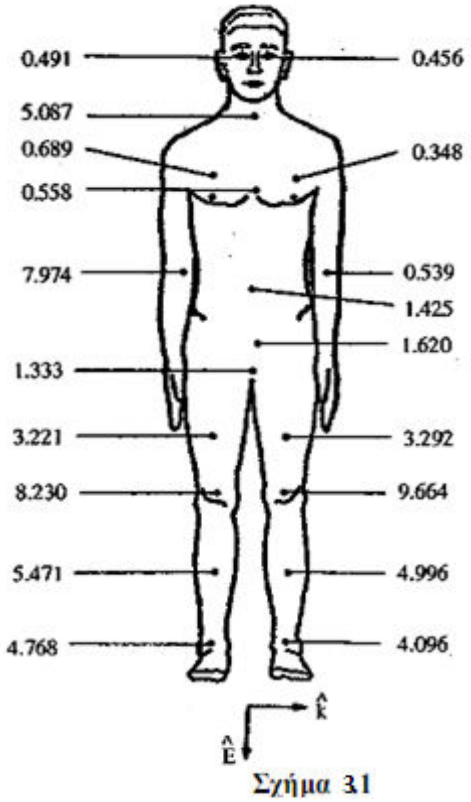
Ουσιαστικά είναι ένα μέτρο των συνθηκών που επικρατούν σε ένα σημείο, πριν βρεθούμε σ' αυτό. Το σώμα μας, όμως, θα απορροφήσει ένα μέρος μόνο της ενέργειας αυτής και μάλιστα όχι απαραιτήτως ομοιόμορφα. Η μέση τιμή ενεργείας που απορροφάται από ολόκληρο το σώμα εκφράζεται από το δοσιμετρικό όρο "Specific Absorption Rate" (SAR) και σημαίνει την ισχύ που απορροφάται ανά μονάδα βάρους του σώματος (W/Kg). Ο SAR είναι ένα μέγεθος που εκτός από τη συχνότητα της ακτινοβολίας και την αγωγιμότητα των ιστών εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως η "ένταση" του πεδίου, ο προσανατολισμός του ατόμου σε σχέση με την κατεύθυνση του κύματος, το μέγεθος του σώματος κ.α. (συνθήκες έκθεσης).

3.3.3.1 Μηχανισμοί θερμικών επιδράσεων

Οι ιστοί, λόγω της παρουσίας νερού και ιόντων, έχουν την δυνατότητα να απορροφούν ενέργεια. Όπως είναι γνωστό, το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από 70% νερό. Το μόριο του νερού (H2O) αποτελεί ένα ηλεκτρικό δίπολο με θετικό φορτίο μεταξύ των δύο ατόμων υδρογόνου και με αρνητικό στην άλλη άκρη του όπου βρίσκεται το άτομο του οξυγόνου. Έτσι λοιπόν όταν το σώμα μας βρεθεί μέσα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο τα μόρια του νερού, που είναι δίπολα, θα αρχίσουν να περιστρέφονται ή να πάλλονται στο ρυθμό συχνότητας του κύματος

Ο οργανισμός του ανθρώπου διαθέτει θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς που κρατούν τη θερμοκρασία του σώματος σταθερή μεταξύ 36 και 37 βαθμών Κελσίου. Όταν τα παραγόμενα ποσά θερμότητας είναι σχετικά μικρά, οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί μπορούν να απάγουν αυτήν τη θερμότητα και να κρατούν σταθερή τη θερμοκρασία στους 36-37^0C. Αντίθετα, όταν τα ποσά θερμότητας υπερβούν κάποια τιμή, τότε οι μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά κάτι που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας σε ιστούς ή όργανα του σώματος άνω των 37 βαθμών.

Επίσης είναι προφανές ότι αυτοί οι μηχανισμοί θα ανταποκριθούν αποτελεσματικότερα υπό ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες (όχι πολύ υψηλή θερμοκρασία και υγρασία, ελαφρά ενδυμασία κλπ.). Κάτω από τέτοιες συνθήκες ένα υγιές άτομο εκτεθειμένο σε Η/Μ ακτινοβολία είναι σε θέση να αντιμετωπίσει απορροφημένη ισχύ (SAR) μέχρι 4 W/Kg (κατά μέσο όρο σ' όλο το σώμα Σχήμα 14) χωρίς να σημειωθεί αύξηση της θερμοκρασίας του πάνω από ένα βαθμό.



Σχήμα 3.1

Σχήμα 14 : Επιτρεπτή έκθεση σε ΗΜ ακτινοβολία χωρίς να σημειωθεί αύξηση της θερμοκρασίας τ πάνω από ένα βαθμό.

Ενδεικτικά μόνο αναφέρεται ότι η τιμή SAR = 4 W/Kg μπορεί να προκύψει, υπό ορισμένες συνθήκες έκθεσης, από ένα πεδίο που έχει πυκνότητα ισχύος περίπου 10mW/cm^2. Η απορρόφηση όμως, της Η/Μ ακτινοβολίας δε γίνεται ομοιόμορφα. Έτσι οι τιμές SAR μπορεί να έχουν μεγαλύτερη τιμή σε κάποιες περιοχές από ό,τι στο υπόλοιπο σώμα.

3.3.2 Αθερμικές επιδράσεις

Οι αθερμικές επιδράσεις προκαλούνται από μικρές πυκνότητες ισχύος (της τάξης των λίγων μW/cm^2), με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών. Η δράση των Η/Μ κυμάτων με το ανθρώπινο σώμα έχει την δυνατότητα να προκαλέσει τη διέγερση κυττάρων του μυϊκού και νευρικού ιστού, που ανταποκρίνονται στα ηλεκτρικά ερεθίσματα. Αυτά προέρχονται από τα επαγόμενα στο σώμα ηλεκτρικά ρεύματα.
Οι επιδράσεις που χαρακτηρίζονται ως αθερμικές συμβαίνουν συνήθως για συχνότητες πεδίων κάτω των 10 MHz. Αθερμικές επιδράσεις μπορεί να έχουμε και σε υψηλότερες συχνότητες, εφόσον οι τιμές SAR είναι μικρότερες από τα όρια. Για να φτάσουμε στο κατώφλι διεγέρσεως των κυττάρων, απαιτούνται πολύ ισχυρά πεδία. Έχουν παρατηρηθεί όμως, ορισμένα πειραματικά αποτελέσματα, που προκύπτουν χωρίς την ύπαρξη σημαντικών αλλαγών στη θερμοκρασία και για τις τιμές πεδίων κάτω από το κατώφλι διεγέρσεως. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αποδοθούν σε μη θερμικούς μηχανισμούς σε μοριακό επίπεδο.

Σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα επιστημονικές γνώσεις δεν είναι σαφής ο τρόπος με τον οποίο οι αθερμικές επιδράσεις αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Παρ' όλα αυτά όμως, έχει προταθεί και από την Ευρωπαϊκή Ένωση ότι πρέπει να γίνει έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή, διότι μόνο με βάση τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την έρευνα αυτή μπορεί να θεσπιστούν όρια ασφαλείας για τις αθερμικές επιδράσεις. [43] [44] [45] [6]

3.4 Μηχανισμοί βιολογικών επιδράσεων των Η/Μ κυμάτων στο νευρικό σύστημα

Στις μέρες μας έχει αποδειχθεί ότι ο συντονισμός της λειτουργίας του τεράστιου αριθμού κυττάρων τα οποία αποτελούν έναν οποιοδήποτε ζωντανό οργανισμό, επιτυγχάνεται με την παραγωγή, από τα ίδια τα κύτταρα, ενός συστήματος ηλεκτρομαγνητικών σημάτων που στηρίζουν το σύστημα ενδοεπικοινωνίας τους. Οι ζωντανοί ιστοί εκπέμπουν σύμφωνη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (δηλαδή φωτόνια της ίδιας φάσης), όπως εκείνη των λέιζερ. Τα κύτταρα, πριν το θάνατό τους, εκπέμπουν ένα ηλεκτρομαγνητικό παλμό ενημερώνοντας, ίσως, το νευρικό σύστημα, ή τα γειτονικά κύτταρα, ώστε να αποβληθούν και να αντικατασταθούν.

Σύμφωνα με ότι πίστευαν παλαιότερα, η λειτουργία του νευρικού συστήματος στηρίζεται σε ηλεκτρονικούς παλμούς που μεταδίδονται μεταξύ των νευρικών κυττάρων, στηρίζοντας ένα σύστημα σαν εκείνο του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι παλμοί των νευρικών κυττάρων είναι αρκετά ισχυροί, της τάξης των 1,5 MV/m.

Η διαφορά δυναμικού V, εξάλλου, ανάμεσα στο εξωτερικό ηλεκτροθετικότερο τμήμα της κυτταρικής μεμβράνης και στο εσωτερικό ηλεκτραρνητικότερο τμήμα, ενώ είναι μικρή, περίπου 100 mV, αντιστοιχεί εντούτοις σε μια τεράστια ένταση ηλεκτρικού πεδίου, Ε, της τάξης των 50 MV/m, επειδή το πάχος 1 της κυτταρικής μεμβράνης είναι μόνον 5 nm (σύμφωνα με τη σχέση E=V/1). Συμπερασματικά, τα εσωτερικά πεδία του οργανισμού είναι τόσο ισχυρά, που θα έπρεπε να αποτελούν επαρκή ασπίδα των κυττάρων απέναντι στα εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

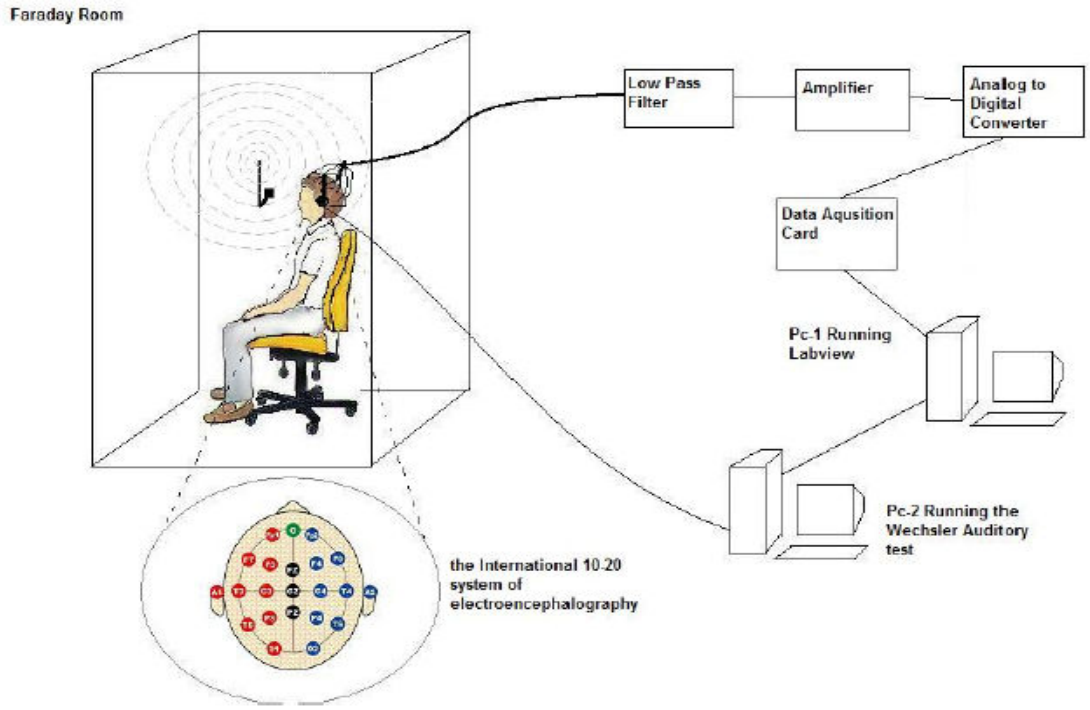
3.4.1 Επίδραση στον εγκέφαλο

Στην εποχή μας οι επιστήμονες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί όχι όπως ένας ψηφιακός (δυαδικός) ηλεκτρονικός υπολογιστής αλλά σαν ένας εξαιρετικά σύνθετος, μη γραμμικός ταλαντωτής, που παράγει τα δικά του ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλής συχνότητας (όπως εκείνα ανιχνεύονται στα εγκεφαλογραφήματα) και τα χρησιμοποιεί για να ολοκληρώσει τις λειτουργίες του και να επεξεργαστεί σήματα από τους αισθητήρες του (αισθήσεις).

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

Το μη γραμμικό στοιχείο δεν μπορεί να είναι άλλο από την κυτταρική μεμβράνη, που θα μπορούσε να συμπεριφέρεται σαν μια κρυσταλλοδίοδος, μετατρέποντας εναλλασσόμενα πεδία (ac) σε συνεχή (dc) ή ενισχύοντάς τα, όπως γίνεται με τους κοινούς ενισχυτές του εμπορίου.

Έχει αποδειχθεί ότι το σύνολο των κυτταρικών μεμβρανών του εγκεφάλου μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεγάλη μεμβράνη-σύστημα ηλεκτρονικών δίπολων, που επηρεάζεται από την απουσία ή παρουσία ιόντων ασβεστίου. Η ισχυρή αυτή αλληλεπίδραση δίπολων και ιόντων αποτελεί το έναυσμα μη γραμμικών ταλαντώσεων με συντονισμούς στην περιοχή των συχνοτήτων ELF (0-300Hz), οπότε η μεγαλομεμβράνη λειτουργεί σαν ένας ενισχυτής ικανός να ενισχύσει οποιοδήποτε εξωτερικό πεδίο, που η συχνότητά του (ή κάποια αρμονική του) εμπίπτει στην περιοχή των ιδιοταλαντώσεών της.



Σχήμα 15:Διάταξη για τη μελέτη της επίδρασης ΗΜ ακτινοβολία στον εγκέφαλο

Για να τονιστεί η σημασία του φαινομένου, πρέπει να σημειωθεί ότι τα μεγαλομόρια του κυτταροπλάσματος συγκρατούνται στις θέσεις τους με τη βοήθεια ενός πλέγματος πολυμερών αλυσίδων-νηματίων, που η στερεότητά του εξασφαλίζεται από μόρια ασβεστίου. Το ασβεστούχο αυτό πλέγμα απουσιάζει από τα καρκινικά κύτταρα. Με την ακτινοβόληση, το πλέγμα αυτό καταρρέει και το πλεονάζον ασβέστιο αποβάλλεται από τα κύτταρα, προδιαθέτοντάς τα, ίσως, στην νεοπλασία.

3.4.2 Επίδραση στη Μελατονίνη

Η μελατονίνη είναι το βιολογικό ρολόι του οργανισμού μας, είναι μια ορμόνη που εκκρίνεται από την υπόφυση, τον μικρό αδένα που βρίσκεται στο κέντρο του εγκεφάλου

και συνδέεται μέσω νευρικών συνάψεων με τα οπτικά νεύρα. Μελατονίνη παράγουν και κύτταρα του αμφιβληστροειδή και της γαστρικής οδού. Όσο η μέρα χάνεται, γεγονός που καταγράφεται μέσω του αμφιβληστροειδούς των ματιών μας, η συγκέντρωση μελατονίνης αυξάνεται προοδευτικά και κορυφώνεται στη διάρκεια του ύπνου, αποτελώντας έτσι έναν δείκτη των εναλλαγών του κύκλου φως-σκοτάδι για το νευρικό μας σύστημα. Αντίθετα ο ρυθμός έκκρισής της στη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μικρός και σταθερός, ενώ μια ξαφνική έκθεση στο φως, φαίνεται ότι αναστέλλει την παραγωγή της.

Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει ανάγκη εξίσου τον ήλιο και το σκοτάδι, ιδιαίτερα στα παιδιά, για να ρυθμίζεται φυσιολογικά η παραγωγή μελατονίνης και να συγχρονίζονται οι βιολογικές λειτουργίες με βάση αυτό τον εναλλασσόμενο κύκλο. Η μελατονίνη επίσης, φαίνεται ότι είναι σημαντικός αντιοξειδωτικός παράγοντας που σχετίζεται με την κινητοποίηση του ανοσοποιητικού.

Η μελατονίνη εισάγει τον παράγοντα χρόνο στην παθολογία, αναδεικνύοντας την σημασία των βιορυθμών, που επηρεάζουν τις φυσιολογικές λειτουργίες. Στη διάρκεια του ύπνου για παράδειγμα, μεταβάλλεται η συχνότητα των καρδιακών παλμών και χαμηλώνει η θερμοκρασία του σώματος. Η μελατονίνη εκκρίνεται από την επίφυση (φωτοαισθητήρας) κατά τη διάρκεια της νύχτας. Πολλά άτομα είναι ευαίσθητα στις μεταβολές της μελατονίνης. Κάποιοι επιστήμονες αποδίδουν διάφορα καταθλιπτικά φαινόμενα που παρουσιάζονται στον άνθρωπο σε συγκεκριμένες εποχές, στη δυσκολία κάποιων οργανισμών να προσαρμοστούν στις μεταβολές της μελατονίνης. Είναι πιθανόν η επίφυση να αντιδρά με τον ίδιο τρόπο.

Α) Στο φως πολλών φωτιστικών διατάξεων που προσομοιάζει λιγότερο ή περισσότερο με το ηλιακό φως.

Β) Στα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά κύματα (μη ιονίζουσες ακτινοβολίες) των διατάξεων εκπομπής.

Αυτό προκάλεσε μεγάλη αναταραχή, ιδιαίτερα στις Η.Π.Α, διότι πάρα πολλοί άνθρωποι εργάζονται τη νύχτα σε χώρους όπου υπάρχει επιβάρυνση από μη ιονίζουσες ακτινοβολίες. Η αναταραχή, αυτή, είχε ως άμεση συνέπεια να κυκλοφορήσουν χάπια μελατονίνης τα οποία είχαν μεγάλη κατανάλωση. Η αυξημένη όμως κατανάλωση χαπιών μελατονίνης, σύμφωνα με προειδοποιήσεις των επιστημόνων έχει δυσάρεστες συνέπειες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Εργαστηριακές μελέτες βασιζόμενες σε πειράματα που έγιναν σε ζωντανούς οργανισμούς έδειξαν ότι η μη ιονίζουσα ακτινοβολία καταστέλλει τη λειτουργία της επίφυσης, μειώνοντας έτσι τα ποσοστά μελατονίνης στον οργανισμό.

Από πειράματα που έχουν γίνει σε εργαστήρια έχει αποδειχθεί ότι η μελατονίνη έχει την ικανότητα να μειώσει την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων. Τα καρκινικά ιδιαίτερα κύτταρα του στήθους, έχουν υποδοχείς που αντιδρούν στη μελατονίνη, σε τέτοιο βαθμό, που η αφαίρεση επέφερε αύξηση των καρκινωμάτων στο στήθος. Αυτό, συμβαίνει, διότι η μελατονίνη οδηγεί σε αύξηση των οιστρογόνων και της προλακτίνης, που θεωρείται προωθητικός παράγοντας του καρκίνου του στήθους. Επειδή, όμως η μελατονίνη αποτρέπει μεταβολές στο μοριακό επίπεδο, πιθανόν ενδεχόμενη έλλειψη της να διευκολύνει την ανάπτυξη φαινομένων όπως η στεφανιαία νόσος, το αλτσχάιμερ, το πάρκινσον. [45] [50] [52] [6] [7]

3.5 Μέθοδοι μελέτης

Το 1974 η Αμερικανίδα γιατρός Νάνσυ Βέρτχαϊμερ πραγματοποίησε την πρώτη επιδημιολογική μελέτη με τη βοήθεια του φυσικού Εντ Λίπερ, η οποία συνέδεσε την παιδική λευχαιμία με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προκαλούσαν οι γραμμές μεταφοράς ρεύματος και οι μετασχηματιστές. Από τότε, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι για την εκτίμηση της επικινδυνότητας τα αποτελέσματα της έκθεσης σε ΗΜ ακτινοβολία.

Η αξιολόγηση όλων των σχετικών μελετών για την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων ως προς τις επιδράσεις των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο απαιτεί τη συνεργασία πολλών ομάδων της επιστήμης. Αυτή γίνεται από ειδικές επιτροπές με κατάλληλη διεπιστημονική σύνθεση αρμοδίων διεθνών οργανισμών όπως είναι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) και η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από μη Ιονίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP). Υπάρχουν όμως και αρμόδιοι εθνικοί φορείς όπως το Εθνικό Συμβούλιο Προστασίας από την ακτινοβολία (NCRP) των ΗΠΑ και το Εθνικό Συμβούλιο Ραδιοβιολογικής Προστασίας (NRPB) της Μεγάλης Βρετανίας κ.α.

3.5.1 Επιδημιολογικές Μελέτες

Με την χρήση αυτής της μεθόδου δίνεται η ευκαιρία να ερευνηθεί το ιατρικό ιστορικό ενός δείγματος πληθυσμού (συνήθως χιλιάδων κατοίκων) που κατοικεί σε χώρους βεβαρημένους ηλεκτρομαγνητικά (κοντά σε πυλώνες υψηλής τάσης δικτύων διανομής ρεύματος, εγκαταστάσεις κεραιών κ.λπ.) και η συχνότητα των ασθενειών του δείγματος αυτού συγκρίνεται με εκείνη ενός άλλου ανάλογου δείγματος πληθυσμού που κατοικεί σε χώρους ηλεκτρομαγνητικά καθαρούς.

Οι περισσότερες επιδημιολογικές μελέτες εστίασαν στα μαγνητικά πεδία ενώ με τη βοήθεια κάποιων μελετήθηκαν και τα ηλεκτρικά πεδία. Τα αποτελέσματα των περισσοτέρων ερευνών αναφέρουν ότι η Η/Μ ακτινοβολία είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση των παρακάτω ασθενειών και νοσημάτων:

- Καρκίνος
- Επιδράσεις στην ανθρώπινη αναπαραγωγή
- Νευρολογικές και ψυχιατρικές ασθένειες [7]

3.5.1.1 Καρκίνος

Διάφορες επιδημιολογικές μελέτες έχουν καταλήξει ότι η Η/Μ ακτινοβολία έχει μεγάλο ποσοστό ευθύνης για την εμφάνιση διαφόρων μορφών καρκίνου σε ανθρώπους που ζουν σε περιβάλλον που υφίσταται μεγάλη ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση καθώς και σε άτομα τα οποία εργάζονται σε χώρους στους οποίους υπάρχει αυξημένη εκπομπή ακτινοβολίας.

3.5.1.2 Επιδράσεις στην ανθρώπινη αναπαραγωγή

Μελέτες έχουν δείξει ότι άτομα, που εργάζονται σε χώρους όπου υπάρχει μεγάλη ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση, έχουν μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα. Επίσης, η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση θεωρείται υπεύθυνη, για περιστατικά αποβολών σε γυναίκες που εργάζονται σε ηλεκτρομαγνητικά βεβαρημένο, εργασιακό περιβάλλον.

3.5.1.3 Νευρολογικές και ψυχιατρικές ασθένειες

Συγκεκριμένες μελέτες έχουν δείξει ότι μια φαινομενική αύξηση των ασθενειών, όπως η ασθένεια του Alzheimer´s, σε συγκεκριμένες ομάδες εργατών που δέχονται υψηλά επίπεδα έκθεσης. Αυτές οι διαπιστώσεις χρειάζονται περαιτέρω εξέταση και παρακολούθηση. Διαμέσου από κάποιες προτάσεις κάποιων μελετών, σχέσεις με αυτοκτονίες και καταθλίψεις δεν έχουν θεμελιωθεί καλά ακόμα Περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη.

Υπάρχει πλήθος από επιδημιολογικές μελέτες παγκοσμίως των οποίων τα ευρήματα συσχετίζουν την Η/Μ ακτινοβολία με περιπτώσεις καρκίνων σε παιδιά, αποβολών σε εγκύους, λευχαιμιών κ.ά. ασθενειών σε εργαζόμενους σε επιβαρημένους ηλεκτρομαγνητικά χώρους.

Οι επιδημιολογικές έρευνες παρουσιάζουν κάποια σοβαρά με μειονεκτήματα, καθώς:

- Είναι αρκετά δύσκολο να προσδιοριστεί επακριβώς η ακτινοβολία που δέχτηκε το δείγμα, ιδίως για μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Είναι πολύπλοκο να εξαιρεθούν άλλοι επιβαρυντικοί παράγοντες που προκαλούν την εκδήλωση ίδιων ασθενειών (π.χ. κάπνισμα, κληρονομικότητα) Οι επιστήμονες για να υπερβούν αυτές τις δυσκολίες δέχονται τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών όταν εμφανίζουν μεγάλο παράγοντα κινδύνου (άνω του 10) στο επιβαρημένο δείγμα έναντι του "καθαρού". Προς το παρόν οι επιδημιολογικές έρευνες αναδεικνύουν μια σοβαρή ένδειξη περί επικινδυνότητας της Η/Μ ακτινοβολίας αλλά δεν αποτελούν απόδειξη.

3.5.2 Μελέτες με πειραματόζωα

Με διάφορα πειράματα που έγιναν σε πειραματόζωα, όπως κουνέλια, ποντικοί, γάτες κ.λπ. Τα οποία εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τα αποτελέσματα της ακτινοβόλησης ανιχνεύονται με κλινικές εξετάσεις ή νεκροτομή και ιστολογική εξέταση στο εργαστήριο, σε συγκρίνοντας τα πάντα με μη εκτιθέμενα πειραματόζωα.

3.5.3 Μελέτη των αιφνίδιων θανάτων βρεφών

Για την εξήγηση του φαινομένου αιφνίδιων θανάτων βρεφών (σύνδρομο βρεφικής κλίνης), ο Gadson, εξέτασε τους εγκεφάλους από νεκρά βρέφη και διαπίστωσε αλλοιώσεις όμοιες με εκείνες που υφίστανται πειραματόζωα που εκτίθενται στα πεδία γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης.

Συγχρόνως, επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν πως τέτοιοι θάνατοι βρεφών συμβαίνουν συνήθως σε κατοικίες κοντά σε ηλεκτρικούς σιδηροδρόμους, ενώ βρέθηκε τελικά πως σε όλες τις περιπτώσεις τέτοιων θανάτων, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ήταν πάνω από 4 φορές μεγαλύτερη από τον μέσο όρο της τιμής του ηλεκτρικού πεδίου στις κατοικίες, που είναι περίπου 10V/m. Τέτοιου είδους μελέτες, έχουν γίνει, κυρίως, στις Σκανδιναβικές χώρες, στις οποίες είναι, ιδιαίτερα, έντονο το φαινόμενο αυτό, καθώς είναι αυξημένα τα κρούσματα λευχαιμίας σε μικρά παιδιά.

3.5.4 Μελέτες με καλλιέργειες κυττάρων

Συμπεράσματα για τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μπορούν να συναχθούν και από την ακτινοβόληση επιλεγμένων ιστών, ή καλλιεργειών κυττάρων, στο εργαστήριο. [46][47] [48] [7]

3.5.5 Πειράματα εξομοίωσης του ανθρώπινου οργανισμού

Διάφοροι ερευνητές έχουν επιδιώξει να κάνουν θεωρητικούς υπολογισμούς του SAR χρησιμοποιώντας απλά θεωρητικά μοντέλα που εξομοιώνουν είτε το ανθρώπινο κεφάλι είτε ολόκληρο το σώμα. Στα στατιστικά ηλεκτρομαγνητικά μοντέλα τα οποία αναπτύχθηκαν, ευρέθηκε η κατανομή του SAR σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος (π.χ. κεφάλι) και το αποτέλεσμα των αναλύσεων αυτών έδειξε ότι η προβλεπόμενη τιμή του SAR υπερβαίνει την μέση επιτρεπτή τιμή του όλου σώματος.

Αλληλεπιδράσεις της Η/Μ ακτινοβολίας έχουν επίσης αναφερθεί στο ανοσοποιητικό σύστημα, στο νευρικό, στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό και το αιματοποιητικό σύστημα. Σε κάθε περίπτωση όμως οι αλληλεπιδράσεις με τους βιολογικούς οργανισμούς παρατηρούνται για εντάσεις πεδίου που προκαλούν τιμές του SAR πολύ υψηλότερες από αυτές που έχουν τεθεί ως όρια ασφαλείας. [45] [49] [50] [51]

3.6 Οι βιολογικές επιδράσεις της μη Ιονίζουσας Η/Μ Ακτινοβολίας στον άνθρωπο

Λόγω έλλειψης ικανού αριθμού αλλά και ομοιομορφίας στην οργάνωση των υφιστάμενων επιδημιολογικών ερευνών, οι απόψεις όσον αφορά τις βιολογικές επιδράσεις της Η/Μ ακτινοβολίας στον άνθρωπο διίστανται. Φυσικά είναι ευνόητο ότι άμεσα πειράματα επί ανθρώπινων πληθυσμών είναι ηθικώς απαράδεκτα, όμως υπάρχει μακροσκελής βιβλιογραφία που αναφέρεται σε τέτοια πειράματα με πειραματόζωα. Παρόλο που η άμεση γενίκευση των παρατηρήσεων αυτών στον άνθρωπο δεν είναι επιτρεπτή λόγω των ανατομικών, φυσιολογικών και άλλων διαφορών που υπάρχουν, θεωρούμε χρήσιμη την αναφορά των σπουδαιότερων από αυτών.

3.6.1 Επιδράσεις στους οφθαλμούς

Συνήθως η έρευνα για καταρακτογένεση αφορά απλές ή πολλαπλές οξείες εκθέσεις σε Η/Μ ακτινοβολίες με πυκνότητα ισχύος 80-500mW/cm^2. Έχει παρατηρηθεί θόλωση του φακού του ματιού σε πειραματόζωα που ακτινοβολήθηκαν τοπικά με συχνότητες ισχύος πάνω από 100mW/cm^2.

Μικρότερες τιμές της πυκνότητας ακτινοβολίας δεν προκαλούν οποιοδήποτε φαινόμενο στους οφθαλμούς. Σημειωτέον ότι η έκθεση ολόκληρου του σώματος σε παρόμοιες τιμές πυκνότητας ισχύος θα ήταν θανατηφόρα. Έχουν αναφερθεί επίσης οφθαλμικές μεταβολές οφειλόμενες στην Η/Μ ακτινοβολία για χαμηλές πυκνότητες ισχύος, 7-13mW/cm^2 στα 2.45GHz, πάντα σε πειραματόζωα, για περιόδους 8 ωρών ανά ημέρα, 5 ημέρες ανά εβδομάδα και για 7-18 εβδομάδες.

3.6.2 Ακουστικό φαινόμενο

Άνθρωποι οι οποίοι έχουν εκτεθεί σε οξείς μικροκυματικούς παλμούς αναφέρουν ότι ακούν υπόκωφο ήχο με συχνότητα ίση προς την συχνότητα επανάληψης των παλμών. Το φαινόμενο έχει εξηγηθεί με τη δημιουργία ακουστικών κυμάτων λόγω θερμοελαστικής διαστολής της εγκεφαλικής ουσίας υπό την έκθεση σε παλμική μικροκυματική ακτινοβολία. Το ανωτέρω φαινόμενο είναι αντιπροσωπευτικό των μικροκυματικών επιδράσεων χαμηλής ισχύος και θεωρείται περισσότερο ως φαινόμενο παρά ως κίνδυνος για την υγεία.

3.6.3 Εκροή ασβεστίου

Αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου $^{45}Ca^{2+}$ έχει παρατηρηθεί σε απομονωμένους εγκεφαλικούς αλλά και καρδιακούς ιστούς πειραματόζωων που εκτέθηκαν σε ημιτονοειδώς διαμορφωμένα Η/Μ πεδία. Τα ιόντα του ασβεστίου είναι εξαιρετικής σημασίας για την μεταφορική σύζευξη (transduktive coupling) μιας μεγάλης γκάμας ανοσολογικών, ενδοκρινολογικών και νευρολογικών φαινομένων στην εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνης των κυττάρων.

Το φαινόμενο εξαρτάται ισχυρά από την συχνότητα διαμόρφωσης και την πυκνότητα ισχύος της χρησιμοποιούμενης Η/Μ ακτινοβολίας. Το φαινόμενο της εκροής ιόντων ασβεστίου από τους ιστούς είναι από τις σημαντικότερες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων λόγω των χαμηλών τιμών πυκνοτήτων ισχύος που απαιτούνται και αξίζει περαιτέρω μελέτης ιδιαίτερα στις περιοχές των ιδιοσυχνοτήτων των κρανιακών κοιλοτήτων, όπου η παρεχόμενη ενέργεια στα κύτταρα (κυρίως του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος) είναι αυξημένη.

3.6.4 Επιδράσεις στη συμπεριφορά

Η αλλαγή συμπεριφοράς πειραματόζωων που εκτέθηκαν σε Η/Μ ακτινοβολία βρέθηκε να είναι το φαινόμενο που παρουσιάζεται στις χαμηλότερες τιμές κατωφλίων από όλες τις υπόλοιπες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων. Τα όρια αυτά βρέθηκαν σε γενικές γραμμές να έχουν τιμές 4-8W/kg ανεξάρτητα από τη συχνότητα τη διαμόρφωση,

την μέση ισχύ ή τον τρόπο που γινόταν η έκθεση. Οι αλλαγές συμπεριφοράς περιελάμβαναν αλλαγές στην ποσότητα προσλαμβανομένης τροφής αλλά και του παραγόμενου έργου από τα πειραματόζωα σε ειδικούς τροχούς μέσα στα κλουβιά.

3.6.5 Γενετικές και αναπτυξιακές ανωμαλίες

Δεν είναι ξεκάθαρο από τους επιστήμονες αν δημιουργούνται τέτοιες ανωμαλίες για SAR1W/kg. Για παράδειγμα όμως, έχει παρατηρηθεί 10% αλλαγή στον ρυθμό ανάπτυξης κάποιων ποικιλιών δημητριακών που εκτίθονταν σε ακτινοβολία 41.65-41.825 GHz χωρίς να δίνεται αντίστοιχη τιμή του SAR. Κάποιες δημοσιεύεις αναφέρονται σε επιδράσεις στην ενδομήτρια ανάπτυξη των εμβρύων αλλά και στην μετά τον τοκετό ανάπτυξη των παιδιών των οποίων οι μητέρες εκτέθηκαν σε υψηλές τιμές Η/Μ ακτινοβολίας.

Οι επιδράσεις αυτές εξηγήθηκαν ως οφειλόμενες στην τοπική άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος της μητέρας ως αποτέλεσμα της απορρόφησης Η/Μ ενέργειας και υπέρβασης των ορίων για τις μέγιστες επιτρεπτές τιμές του SAR. Τέλος, με τον ίδιο τρόπο, δηλ. υπερβολική τοπική θέρμανση, εξηγήθηκαν και οι δυσλειτουργίες που παρατηρήθηκαν στους όρχεις.

3.6.6 Βιολογικές επιδράσεις χρόνιας έκθεσης σε Η/Μ ακτινοβολία

Η έρευνα σε αυτόν τον τομέα είναι ανεπαρκής λόγω κόστους αλλά και λόγω δυσκολίας στην αδιαμφισβήτητη εκλογή των σωστών παραμέτρων για χρόνια έκθεση. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα των έως τώρα μελετών και πειραμάτων συμφωνούν στη διατύπωση ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες στατιστικές μεταβολές από τις μέσες τιμές στην πρόσληψη τροφής και νερού ή την κινητικότητα των πειραματόζωων, δεν μεταβλήθηκαν συνολικά τα αιματολογικά χαρακτηριστικά τους και ούτε βρέθηκαν υπό κατάσταση άγχους. Αλλαγή στην συμπεριφορά παρουσιαζόταν μόνο αμέσως μετά την παύση της έκθεσης στην ακτινοβολία και αυτό ερμηνεύτηκε ως προσπάθεια αντιμετώπισης της διαφοράς στο θερμικό φορτίο. [51], [52]

4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ

4.1 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι παντού

Οι ιονίζουσες μορφές της Η/Μ ακτινοβολίας είναι σίγουρα βλαβερές. Τα πρόβλημα τα που δημιουργούν έχουν καλά μελετημένα και γνωστά και η κοινή γνώμη έχει ενημερωθεί αρκετά γι' αυτά. Όμως οι μη ιονίζουσες μορφές που για πολλά χρόνια δεν φανταζόμαστε ότι συνιστούν πρόβλημα και μόνο τώρα τελευταία έχουμε αρχίσει να μας ανησυχούν. Αιτία είναι κυρίως η κινητή τηλεφωνία αφού η χρήση των κινητών τηλεφώνων έχει επεκταθεί και σε πολύ μικρές ηλικίες. Σήμερα ζούμε σε πόλεις που κατακλύζονται από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Η άγνοια, αν τη συνδυάσουμε με την επιστημονική αβεβαιότητα που προβάλλουν οι πολυεθνικές εταιρείες και η έλλειψη πληροφόρησης του πολίτη, έχουν δημιουργήσει μια επικίνδυνη αδιαφορία στους κατοίκους. Μια πληθώρα εγκαταστάσεων, μεταξύ των οποίων προεξέχουσα θέση έχουν τα ραντάρ, τα κινητά τηλέφωνα, οι κεραίες, οι γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης (150.000 Volt) κ.τ.λ. ακτινοβολούν μόνιμα στο περιβάλλον. Αυτή η εικόνα, δεν είναι ούτε απλή, ούτε αθώα.

Η καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε γειτονικά συστήματα ή υποσυστήματα και εν τέλει στην ποιότητα ζωής, οδηγεί σε μια πολύ επιστημονική αναζήτηση και μελέτη των τυχόν βιολογικών επιδράσεων μέσα από την επιδημιολογία, βιολογία, φυσική, ηλεκτρονική, ηλεκτρολογία κλπ. Πέραν αυτών πρέπει να ληφθεί υπόψη η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας ακόμη δε και του ορατού φωτός.

4.2 Ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση και βιολογικές επιδράσεις από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία πλησίον των δικτύων ανήκουν κυρίως στις εξαιρετικά χαμηλές συχνότητες (Extreme Low Frequency, ELF) που κατατάσσονται στις μη-ιονίζουσες ακτινοβολίες. Ο ευρισκόμενος πλησίον των ηλεκτρικών δικτύων εκτίθεται σε ηλεκτρικά & μαγνητικά πεδία, τα οποία αναλόγως της απόστασης και του φορτίου, μπορεί να είναι ασθενή ή ισχυρά από βιολογικής πλευράς με κριτήριο τα αποδεκτά όρια έκθεσης (Exposure Limits, EL). Το ηλεκτρικό πεδίο επιδρά μέσα στο σώμα διαφορετικά από το μαγνητικό πεδίο. Ακόμη και κάτω από τα καλώδια των δικτύων το επαγόμενο ρεύμα είναι συχνά πολύ ασθενέστερο από αυτό των φυσικών λειτουργιών του σώματος (εγκέφαλος, καρδιά κλπ.), έτσι διαδίδεται ανάμεσα στα κύτταρα όντας ανεπαρκές να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη.

Το γεγονός αυτό οδηγεί στην υπέρ απλούστευση ότι δεν θα έχει κάποια σημαντική επίδραση. Κάτι τέτοιο όμως είναι λάθος διότι έχει αποδειχθεί ότι ασθενέστατα ρεύματα ή πεδία μπορεί να διεγείρουν σημαντικές κυτταρικές αντιδράσεις. Σημαντικό είναι επίσης ότι η έκθεση στα πεδία 50/60 Hz δεν σημαίνει και αντίστοιχη απορρόφηση διότι οι ιστοί ποικίλουν και υπάρχουν διάφορα φαινόμενα επιρροής (γείωση, πλησίον αντικείμενα κλπ.).

Τα όρια για τον πληθυσμό είναι αυστηρότερα, αφού κάποιος μπορεί να εκτίθεται συνεχώς (24ωρο) χωρίς να γνωρίζει ή να λάβει μέτρα προστασίας, ενώ η έκθεση του επαγγελματία γίνεται μόνο στην διάρκεια της εργασίας του (8ωρο) και υποτίθεται ότι γνωρίζει τις επιπτώσεις λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα. Τα αποδεκτά όρια έκθεσης που προτείνονται από διεθνείς φορείς με την εποπτεία του ΟΗΕ βασίζονται σε αποτελέσματα ερευνών, οι οποίες δεν έχουν εξαντλήσει το ζήτημα των βιολογικών επιδράσεων.

Πλην όμως τεκμηριώνεται ότι η έκθεση σε ισχυρά πεδία συνεπάγεται βιολογικές επιπτώσεις που οδηγούν σε μεταβολές της δραστηριότητας ή αλλοιώσεις των κυττάρων ή των συστημάτων κυττάρων ή του βιολογικού υλικού γενικά. Η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών είναι η πλέον τεκμηριωμένη και αποδεκτή επίδραση, ενώ υπάρχουν πολλές αναφορές μη θερμικών επιδράσεων. [53]

Βασικό ζήτημα είναι η εφαρμογή της αρχής της οριοθέτησης, για την διάκριση των πεδίων σε ασθενή ή ισχυρά με βιολογικά κριτήρια. Δηλαδή η αναζήτηση, διερεύνηση, τεκμηρίωση, και θέσπιση ορίων βιολογικής επικινδυνότητας, σε ένα θέμα με πολλές φυσικές και βιολογικές παραμέτρους και αντιφατικές όψεις.

Η ανεπάρκεια τεκμηρίωσης για όλες τις βιολογικές επιδράσεις από τα ισχυρά πεδία 50/60 Hz στους ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς και στα ηλεκτρικά δίκτυα είναι δεδομένη. Παρά την έντονη αντιγνωμία που οδηγεί σε μεγάλες αποκλίσεις ως προς τα αποδεκτά όρια έκθεσης, η πλειοψηφία των διεθνών & εθνικών φορέων ακολουθεί ή προσεγγίζει τα όρια της INIRC (International Non-Ionizing Radiation Committee) της IRPA (International Radiation Protection Association) που εξειδικεύονται για τους επαγγελματίες, τον πληθυσμό και την διάρκεια έκθεσης.

Πίνακας 3 : Όρια αποδεκτής έκθεσης σε ηλεκτρικά & μαγνητικά πεδία

IRPA/INIRC. Όρια αποδεκτής έκθεσης σε ηλεκτρικά & μαγνητικά πεδία 50/60 Hz για τους επαγγελματίες & τον πληθυσμό			
Όρια έντασης ηλεκτρικού πεδίου E_{el} (KV/m)		**Πυκνότητα μαγνητικής ροής B_{el} (mT)**	
Επαγγελματιών	Πληθυσμού	Επαγγελματιών	Πληθυσμού
10 (έκθεση επί 8 h/d)	5 (έκθεση μεχρι24h/d)	0.5 (έκθεση επί 8h/d)	0,1 (έκθεση μέχρι 2h/d)
30 (έκθεση μέχρι 2h/d)	10 (έκθεση λίγες h/d)	5 (έκθεση μέχρι 2h/d)	1 (έκθεση λίγες h/d)

Τα πεδία είναι ισχυρά πολύ κοντά (10-20m) στα καλώδια των δικτύων και πάντως όχι

πλέον των 100m, οπότε δεν είναι εύκολη η πρόσβαση. Όμως είναι χρήσιμη η ακτίνα R_{NHZ}^3 της ζώνης επικινδυνότητας ως η απόσταση στην οποία η έκθεση θα ισούται με το
αντίστοιχο EL. Για το μαγνητικό πεδίο στα δίκτυα των 50/60 Hz η R_{NHZ} μπορεί να προσεγγισθεί αριθμητικά από τις σχέσεις:

$R_{NHZ} \cong a^* \sqrt{\frac{2Id}{B_{el}}}$ (διπλή γραμμή), $R_{NHZ} \cong b^* \sqrt{\frac{fId}{B_{el}}}$ (γραμμή υψηλής τάσης),

(4.1)

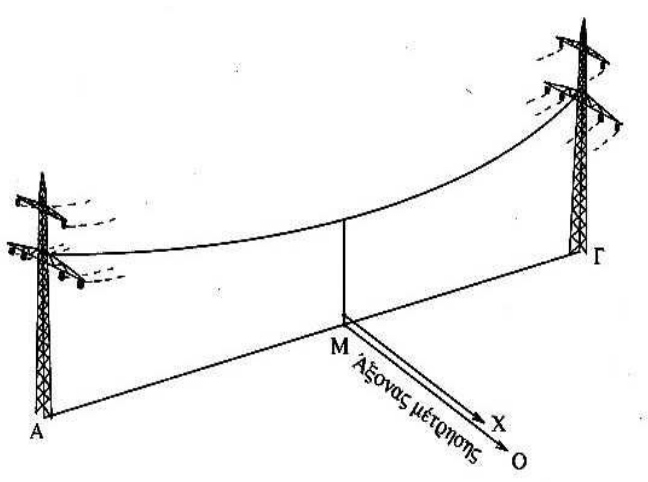
όπου I το ρεύμα στον αγωγό ή στην γραμμή, R η απόσταση από τον αγωγό ή την γραμμή, d η απόσταση μεταξύ των αγωγών στην γραμμή μεταφοράς, a συντελεστής προσαρμογής μονάδων, b ο συντελεστής προσαρμογής μονάδων, και f σταθερά σχετική με τον αριθμό των αγωγών.

Οι μελέτες και οι ανακοινώσεις επιφανών επιστημόνων οδήγησαν το Αμερικανικό Εθνικό Συμβούλιο Προστασίας από τις Ακτινοβολίες (NCRP) να αναθέσει σε μεγάλου κύρους εμπειρογνώμονες την σύνταξη σχετικής μελέτης. Τον Ιούνιο του 2005 διέρρευσε η έκθεση της επιτροπής όπου εισηγείται για τα πεδία 0-3KHz (δηλαδή, ανάμεσα σε αυτά τα πεδία του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας των 50-60Hz) ότι τα όρια που ισχύουν σήμερα (μαγνητικό πεδίο 100μT και ηλεκτρικό πεδίο 5000V/m) πρέπει να μειωθούν ως εξής (για το γενικό πληθυσμό):

- Σε 3 χρόνια να μην ξεπερνούν αντίστοιχα τα 1μT και 100V/m
- Σε 6 χρόνια να μην ξεπερνούν αντίστοιχα τα 0,5μT και 50V/m
- Σε 10 χρόνια να επανεξεταστούν οι συνέπειες και να γίνει επιπλέον μείωση στα 0,2μT και 10V/m Ενώ παράλληλα προτείνει:
- Να μη χτίζονται καινούργια σχολεία, νηπιαγωγεία και σταθμοί σε χώρους με

- μαγνητικό πεδίο άνω των 0,2μT
- Να μη χτίζονται σπίτια σε χώρους με μαγνητικό πεδίο άνω των 0,2μT για περιόδους μεγαλύτερες από 0,2μT την ημέρα
- Να μη γίνονται νέες γραμμές μεταφοράς που θα έχουν ως αποτέλεσμα την υπέρβαση των παραπάνω

Θα γίνει πιο κάτω φανερό ότι τα συμπεράσματα της έκθεσης αυτής πρέπει να οδηγήσουν τις ενέργειες κρατών, οργανισμών και πολιτών σε διαφορετική κατεύθυνση από αυτή των προηγούμενων ετών.



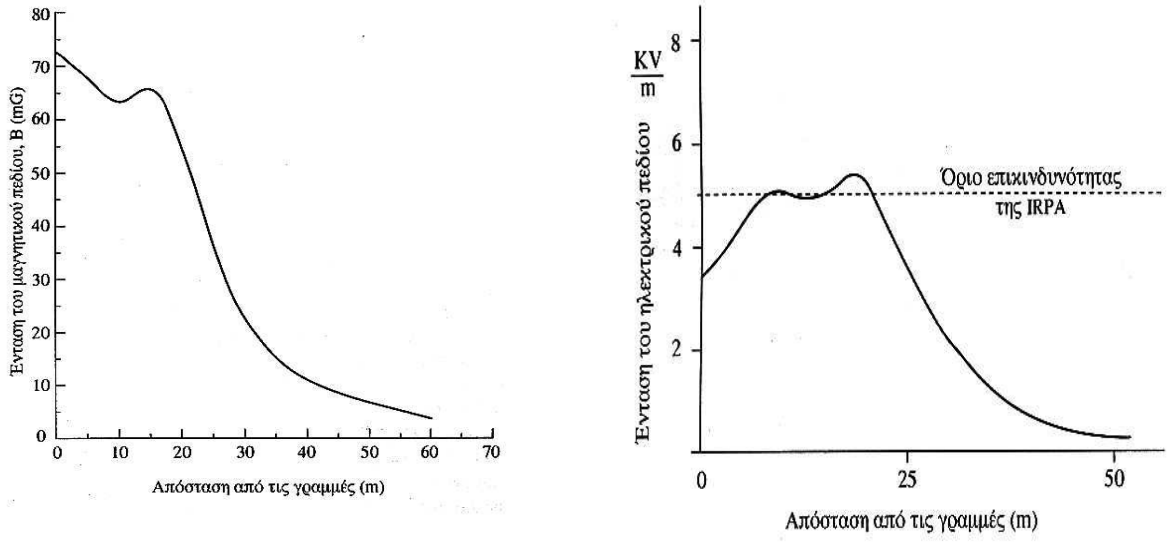
Σχήμα 16: Άξονας μέτρησης για τα καλώδια υψηλής τάσης

Τα καλώδια υψηλής τάσης (πυλώνες) έχουν αποδειχθεί σχεδόν επικίνδυνα όσον αφορά την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας για τον άνθρωπο. Αυτό φάνηκε σε μετρήσεις που έγιναν σε πλήθος γραμμών, όπου φάνηκε ότι
το ηλεκτρικό πεδίο (Ε) στο μέσο της απόστασης δύο διαδοχικών πυλώνων

παίρνει τιμές ίσες ή και μεγαλύτερες από το όριο επικινδυνότητας και κατά συνέπεια πολύ μεγαλύτερες από το όριο ασφαλείας. Όσο για το μαγνητικό πεδίο (Β) στο ίδιο σημείο, τα πράγματα είναι καλύτερα, αφού οι τιμές που παίρνει είναι πολύ μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας για τα 50Hz αλλά και μεγαλύτερες από το όριο ασφαλείας των 2mG.
[54] [55] [56]

4.2.1 Συμπεράσματα

Σαν συμπέρασμα καταλήγουμε στο ότι **ο άνθρωπος δέχεται υπερβολική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για την υγεία του σε απόσταση κάτω των 30 μέτρων από τις γραμμές υψηλής τάσης, ενώ ασφαλής απόσταση θεωρούνται τα 200 μέτρα.** Τα συμπεράσματα αυτά απεικονίζονται στα παρακάτω γραφήματα:



Γράφημα 1: Λήψη ΗΜ ακτινοβολίας συναρτήσει της απόστασης

Πέρα όμως από την δημιουργία της 'δικής' τους ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οι γραμμές υψηλής τάσης θεωρούνται ότι είναι κάποιο είδος 'μαγνήτη' για κάποιους επιπρόσθετους μμηχανισμούς παραγωγής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, όπως: συσσώρευση κοσμικής ακτινοβολίας κατά μήκος των γραμμών, συσσώρευση καρκινογόνων και ραδιενεργών ουσιών γύρω από τους αγωγούς, παράταση του χρόνου ζωής των ελεύθερων ριζών.
Στους δρόμους των πόλεων μετρήθηκαν μικρές τιμές έντασης του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Ωστόσο, στα σημεία όπου υπάρχουν οι μετασχηματιστές της ΔΕΗ (συνήθως γωνίες δρόμων) τα πεδία έχουν εντάσεις που στις μέγιστες τιμές τους (σε επαφή με το μμετασχηματιστή) είναι μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας αλλά πολύ μεγαλύτερες από το όριο ασφαλείας. Ασφαλής απόσταση μπορούν να θεωρηθούν τα 3m και άνω.

4.3 Η βλαπτική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας

Ο ήλιος είναι επίσης πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας, χωρίς την ηλιακή ακτινοβολία του οποίου, δεν θα υπήρχε και ζωή. Όμως, η αλόγιστη έκθεση σε αυτήν, συσσωρεύει κυτταρικές βλάβες στο δέρμα και από ένα σημείο και μετά οι επιδράσεις της είναι λίαν επιβλαβείς.

Ο ήλιος είναι ένας τεράστιος σταθμός παραγωγής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
Οι ακτινοβολίες που επηρεάζουν το δέρμα μας, είναι ένα μόνο μικρό τμήμα του ηλιακού φάσματος. Ο ήλιος εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία την οποία διακρίνουμε σε
3 κατηγορίες, ανάλογα με το μήκος κύματός της.
UVC, 200 - 290 nm UVB, 290 - 320 nm UVA, 320 - 400 nm
Οι ακτινοβολίες αυτές είναι οι:

- Υπέρυθρη ακτινοβολία (InfraRed)
- Ορατό φως (Visible Light)
- Υπεριώδης ακτινοβολία (Ultra Violet)

4.3.1 Επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα

4.3.1.1 Επιδράσεις της UVB ακτινοβολίας

Θεωρείται υπεύθυνη για την πρόκληση του ηλιακού ερυθήματος γι αυτό και ονομάζεται ερυθηματογόνος ακτινοβολία. Το ηλιακό ερύθημα εμφανίζεται 3-5 ώρες στον ήλιο (επιβραδυνόμενη εμφάνιση),εμφανίζει τη μέγιστη έντασή του μετά από 12-24 ώρες και υποχωρεί μετά από 72,περίπου ώρες. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι το ηλιακό ερύθημα δεν εμφανίζεται σε όλα τα άτομα. Ένα ποσοστό περίπου 20% του πληθυσμού μαυρίζει χωρίς ποτέ να εμφανίζει ερύθημα, ενώ ένα ποσοστό 13% εμφανίζει μόνο ερύθημα και δεν μαυρίζει.

Το μήκος κύματος όπου εμφανίζεται η μέγιστη ερυθηματογένεση είναι τα 297nm και πολύ περισσότερο τα 308nm λόγω τη μεγαλύτερης έντασης της ακτινοβολίας σ' αυτή την περιοχή του φάσματος. Χαμηλότερα, στα 270nm η ερυθηματογένεση είναι πολύ πιο μειωμένη. Ανεξάρτητα όμως από το μήκος κύματος, η ένταση της ερυθηματογένεσης εξαρτάται και από το υψόμετρο και από την ώρα της ημέρας διότι η ένταση της UVB ακτινοβολίας μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και φθάνει την μέγιστη τιμή της τις ώρες 12-2 το μεσημέρι, όταν ο ήλιος βρίσκεται σε κάθετη θέση. Τέλος η ένταση της ερυθηματογένεσης εξαρτάται και από το πάχος του δέρματος αλλά και την ύπαρξη μελάγχρωσης.

Το ηλιακό ερύθημα οφείλεται σε αγγειοδιαστολή και συνοδεύεται:
Από αίσθηση θερμότητας, λόγω της αύξησης της κυκλοφορίας του αίματος στο δέρμα,
Από οίδημα, λόγω της αυξημένης διαπερατότητας των αγγείων και
Από πόνο και κνησμό, λόγω της δράσης χημικών ουσιών – μεσολαβητών στις νευρικές απολήξεις.

Βιοχημικές μελέτες υγρού φυσαλίδων που προκλήθηκαν από ακτινοβολία του δέρματος με τεχνητή UVB ακτινοβολία, απέδειξαν παραγωγή μελανίνης και μεταφορά της στα κύτταρα της κεράτινης στοιβάδας της επιδερμίδας.
Μετά την υποχώρηση του ηλιακού ερυθήματος εμφανίζεται μελάγχρωση (επιβραδυνόμενη μελάγχρωση), η οποία οφείλεται στην αυξημένη παραγωγή μελανίνης και μεταφορά της στα κύτταρο της κεράτινης στοιβάδας της επιδερμίδας.
Η έκθεση στην UVB ακτινοβολία προκαλεί, επίσης αύξηση των μιτώσεων των επιδερμικών κυττάρων με αποτέλεσμα την αύξηση του πάχους της επιδερμίδας. Τέλος, η χρόνια επίδραση της UVB ακτινοβολίας στο δέρμα προκαλεί άμεσες βλάβες στο DNA, RNA και στις πρωτεΐνες των κυττάρων της επιδερμίδας. Οι βλάβες προκαλούνται από την δράση των φωτονίων της υπεριώδους ακτινοβολίας επί των μορίων των δομικών και λειτουργικών πρωτεϊνών των κυττάρων της επιδερμίδας και

κυρίως επί της πυριμιδινης του DNA η οποία σχηματίζει διμερείς ενώσεις πυριμιδίνης, με συνέπεια την καταστροφή των κυττάρων η την μετάλλαξή τους, με τελική κατάληξη την καρκινογένεση.

4.3.1.2 Επιδράσεις της UVA ακτινοβολίας

Η UVA ακτινοβολία είναι περίπου 600-1000 φορές ασθενέστερη από την UVB ακτινοβολία, όσον αφορά την πρόκληση ηλιακού ερυθήματος αλλά η παρουσία της στην ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη γη είναι κατά (10-100) φορές μεγαλύτερη από την UVB ακτινοβολία. Επιπλέον έχει την ιδιότητα να διαπερνά τους κοινούς υαλοπίνακες (τζάμια), ενώ η έντασή της δεν μεταβάλλεται σημαντικό κατά την διάρκεια της ημέρας με συνέπεια να είμαστε εκτεθειμένοι στη δράση της ακόμη και τις απογευματινές ώρες.

Επομένως η UVA ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από υπολογίσιμη βλαπτική επίδραση στο δέρμα. Προκαλεί και αυτή ηλιακό ερύθημα αλλά σε μεγαλύτερες δόσεις ακτινοβολίας από την UVAB. Η ελάχιστη ερυθηματογόνος δόση για την UVA ακτινοβολία είναι 20-60 J/cm2 ενώ η ελάχιστη ερυθηματογόνος δόση για την UVB είναι περίπου 20-60 mJ/cm2.

Προκαλεί μελάγχρωση η οποία εμφανίζεται, είτε αμέσως κατά τη διάρκεια της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία (άμεση μελάγχρωση) και οφείλεται στην οξείδωση της ήδη υπάρχουσας μελανίνης είτε παράγεται μελάγχρωση αργότερα, μετά από 3-4 ημέρες (επιβραδυνόμενη μελάγχρωση) και οφείλεται σε παραγωγή νέας μελανίνης. Ο κύριος σκοπός της μελάγχρωσης είναι η φωτοπροστασία η οποία είναι αποτελεσματικότερη όταν συνοδεύεται από πάχυνση της επιδερμίδας.

Η UVA, όμως, δεν προκαλεί πάχυνση της επιδερμίδας, με αποτέλεσμα η παρεχόμενη προστασία από την μελάγχρωσή της να μην είναι μεγάλη.
Η μακροχρόνια έκθεση του δέρματος στην UVA ακτινοβολία προκαλεί βλάβες του DNA και των πρωτεϊνών των δερματικών κυττάρων. Οι βλάβες όμως αυτές προκαλούνται έμμεσα λόγω παραγωγής ελευθέρων ριζών, οι οποίες προκαλούν καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών από υπεροξείδωση των λιπιδίων και επιπλέον προκαλούν βλάβες των πρωτεϊνών της επιδερμίδας και του χορίου. Μετά από επανειλημμένες εκθέσεις στην ηλιακή ακτινοβολία οι βλάβες αυτές εμφανίζονται κλινικά σαν ρυτίδες, διαταραχές μελάγχρωσης, ευρυαγγείες και ακτινικές υπερκερατώσεις. Προκαλείται δηλαδή φωτογήρανση.

Η υπεριώδης ακτινοβολία (τόσο η UVB όσο και η UVA) ενοχοποιούνται για την πρόκληση ορισμένων δερματοπαθειών, που ονομάζονται φωτοδερματοπάθειες ή επιδείνωση άλλων δερματικών νόσων, όπως ο ερυθηματώδης λύκος. Επίσης η υπεριώδης ακτινοβολία σε όλο το φάσμα της αλλά και το ορατό φως, ευθύνονται συχνά για την πρόκληση αντιδράσεων φωτοευαισθησίας, σε ασθενείς που παίρνουν συγχρόνως ορισμένα φάρμακα, τοπικά ή συστηματικά (τετροκυκλίνες ψωραλένια, γκριζεοφουλβίνη κ.ά.).

Ο μηχανισμός δια του οποίου προκαλείται η φωτοευαισθησία, μπορεί να είναι αποτέλεσμα φωτοτοξικής ή φωτοαλλεργικής αντίδρασης. Η φαρμακευτική φωτοευαισθησία είναι ένα πολύ συχνά εμφανιζόμενο πρόβλημα, το οποίο, όμως δεν απαιτεί πάντοτε τη διακοπή του φαρμάκου αλλά μείωση, πιθανόν, της δοσολογίας του, αποφυγή της έκθεσης στον ήλιο, προστασία με αντιηλικά προϊόντα και κατάλληλα ρούχα. Οι οξείες βλαπτικές επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα, εύκολα αποδεικνύονται με εργαστηριακές μελέτες. Η απόδειξη όμως ότι η χρόνια συσσωρευτική βλαπτική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας προκαλεί καρκινογένεση, φωτογήρανση και ανοσοκαταστολή, στηρίζεται μόνο σε επιδημιολογικές και κλινικοιστολογικές μελέτες. [57]

4.4 Η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση από οικιακές συσκευές

Η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση από οικιακές συσκευές, δημιουργείται από τη λειτουργία κάποιων μοντέλων οικιακών συσκευών, που ο καθένας από εμάς έχει και χρησιμοποιεί μέσα στο σπίτι του κάθε μέρα αφού είναι αναγκαίες για την εξυπηρέτηση κάποιων αναγκών μας.

Κατά καιρούς έχουν γίνει πολλές και διάφορες μετρήσεις, καθώς και μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία, προκύπτει ότι όταν ερχόμαστε σε επαφή με τις οικιακές συσκευές, οι τιμές του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου, αυξάνονται σε σημείο, τέτοιο, που πολλές φορές ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια και τα όρια επικινδυνότητας για εικοσιτετράωρη έκθεση. Οι τιμές, από τις μετρήσεις αυτές, δε θεωρούνται ανησυχητικές, εφόσον όταν χρησιμοποιούμε τις συσκευές, αυτές, δεν ερχόμαστε, σε άμεση επαφή, μαζί τους.

Όταν υπάρχει η σχετική απόσταση μεταξύ του χρήστη και της συσκευής, οι τιμές του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου, κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, σε σχέση με τα όρια επικινδυνότητας και τα όρια ασφαλείας. Επίσης, θα πρέπει να τονίσουμε, ότι η χρήση των συσκευών, αυτών, γίνεται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, οπότε και η έκθεση στα πεδία, αυτά είναι για μικρό χρονικό διάστημα.

Η ανησυχία, για την έκθεση σε ακτινοβολία από τη λειτουργία των οικιακών συσκευών, επικεντρώνεται, κυρίως, στο φούρνο μικροκυμάτων. Ο φούρνος μικροκυμάτων, όπως ξέρουμε, είναι μια συσκευή, που χρησιμεύει, για το γρήγορο και εύκολο μαγείρεμα των φαγητών. Τα φαγητά στο φούρνο μικροκυμάτων ζεσταίνονται ή ψήνονται με μικροκύματα που ανήκουν στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Τα μικροκύματα απορροφώνται από όλα τα αντικείμενα που περιέχουν νερό. διαπερνούν όλα τα αντικείμενα που είναι κατασκευασμένα από γυαλί ή πλαστικό και αντανακλώνται από ορισμένα μέταλλα. Όλα τα φαγητά και οι τροφές περιέχουν μόρια νερού σε διάφορες συγκεντρώσεις, ανεξάρτητα από το πόσο ξηρά, φαίνονται. Τα μικροκύματα αναταράσσουν τα μόρια νερού, με αποτέλεσμα να δημιουργείται θερμότητα, η οποία ζεσταίνει τα φαγητά.

Η μεγαλύτερη και κυριότερη ανησυχία που έχει ειπωθεί για τη συγκεκριμένη οικιακή συσκευή είναι ότι εκπέμπει ακτινοβολία. Γενικότερα, μέσα από έρευνες, αποδεικνύετε ότι η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας μικροκυμάτων μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα και εμφάνιση καταρράκτη στους οφθαλμούς. Στο φούρνο μικροκυμάτων, εκτός από τη συχνότητα 50 Hz εκπέμπονται και ραδιοκύματα, συχνότητας 2450 MHz. Σε απόσταση μισού μέτρου είναι μικρότερη από το ανατολικό όριο επικινδυνότητας του.

Είναι επομένως, απαραίτητο, να τηρείται κάποια απόσταση ασφαλείας, από τη συσκευή και να τοποθετείται σε κάποιο υψηλό σημείο, για την προστασία των παιδιών. Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι ο φούρνος μικροκυμάτων είναι μια ασφαλής και χρήσιμη συσκευή, όταν χρησιμοποιείται με σωστό τρόπο και τηρούνται οι απαραίτητοι κανόνες. [58]

4.5 Η/Μ επιβάρυνση από τις οθόνες

Όλες οι οθόνες εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, εξαιτίας του τρόπου λειτουργίας τους. Η δέσμη ηλεκτρονίων που δημιουργεί την εικόνα, επίσης, παράγει ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία σαν μια παρενέργεια. Όμως ο βαθμός στον οποίο η παρενέργεια, αυτή, μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα είναι άγνωστος και αποτελεί ένα θέμα αμφισβήτησης για την υγεία και την πληροφορική. Οι περισσότεροι από τους ερευνητές συμφωνούν ότι όση λιγότερη, τόσο καλύτερα, αλλά δεν υπάρχει μια συμφωνία σε ποιο βαθμό οι ακτινοβολίες, αυτές, μπορεί να συνδέονται με προβλήματα υγείας.

Πιο συγκεκριμένα, πολλοί είναι εκείνοι που πιστεύουν ότι η παρατεταμένη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από την οθόνη, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της πιθανότητας για εμφάνιση καρκίνου. Τα αρνητικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη λειτουργία της οθόνης των ηλεκτρονικών υπολογιστών αφορούν την ακτινοβολία που εκπέμπουν. Η ακτινοβολία, αυτή, εκπέμπεται σε σχετικά χαμηλά ποσοστά και μπορεί να είναι ακίνδυνη ακτινοβολία, όπως ακτίνες Χ ή μη ιονίζουσα ακτινοβολία όπως οι υπεριώδεις ακτίνες.

Στις μέρες μας, είναι ευρύτατα, διαδεδομένες στο εμπόριο οι οθόνες υγρών κρυστάλλων LCD (Liquid Crystal Display) που είναι επίπεδες καθώς δεν περιέχουν καθοδικό σωλήνα. Στις οθόνες, αυτές, αντί για τον καθοδικό σωλήνα, η εικόνα σχηματίζεται σε ένα επίπεδο πλαστικό υλικό. Οι επίπεδες οθόνες αποκαλούνται και ‘μαλακές, διότι οι εικόνες τους έχουν μαλακότερη ποιότητα σε σχέση με τον καθοδικό σωλήνα. Η εικόνα δεν τρεμοπαίζει και έτσι προκαλεί λιγότερο πόνο στα μάτια.

Αυτή, τη στιγμή, οι επίπεδες οθόνες θεωρούνται τα περισσότερο ασφαλή προϊόντα, διότι παράγουν μηδενική ακτινοβολία και καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τις καθιερωμένες οθόνες.
Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι όλα τα δυσάρεστα συμπτώματα και αποτελέσματα από τη χρήση της οθόνης του υπολογιστή, μπορούν να αποφευχθούν με την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων στο περιβάλλον όπου ζει η εργάζεται ο χρήστης της οθόνης του υπολογιστή καθώς και με τη χρήση επίπεδων οθονών. [59]

4.6 ΗΜ επιβάρυνση από την κινητή τηλεφωνία

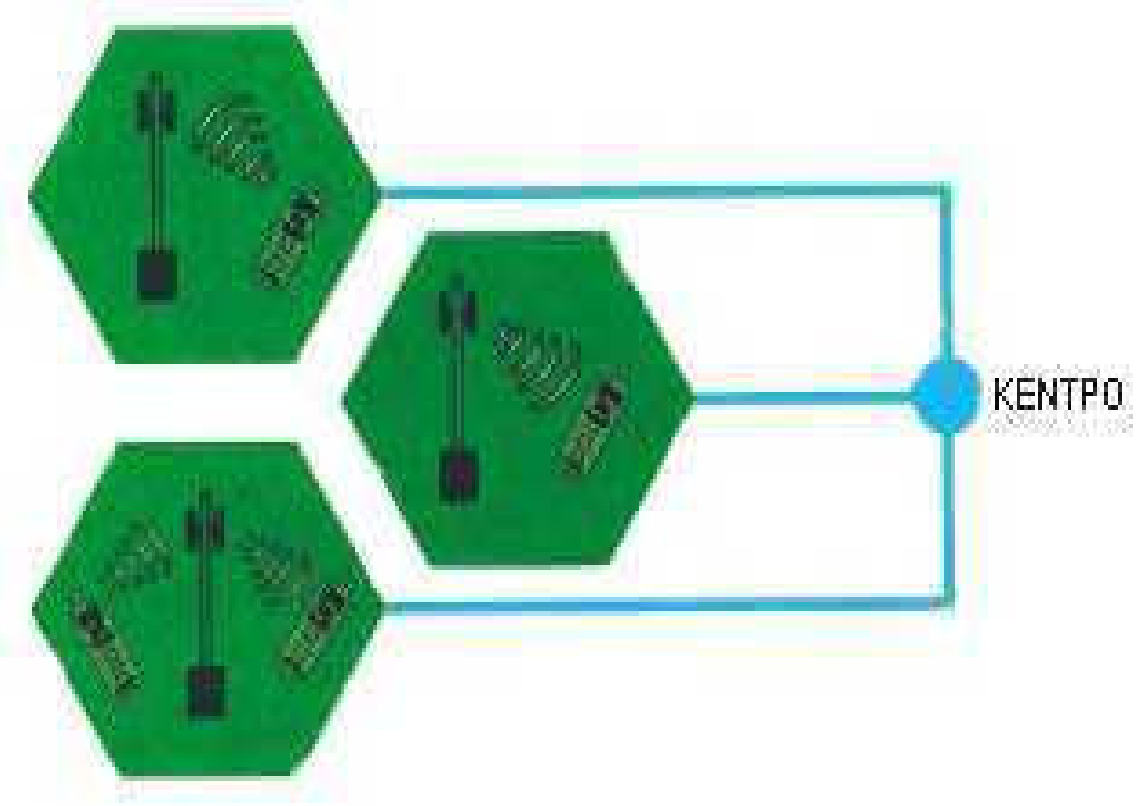
4.6.1 Αρχή λειτουργίας της κινητής τηλεφωνίας

Η κινητή τηλεφωνία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της σύγχρονης τεχνολογίας των τηλεπικοινωνιών επίτευγμα αυτό θεωρείτε ως ένα είδος πρώτης επιλογής από τους καταναλωτές. Οι λόγοι πολλοί, με κυριότερο εκείνον της εύκολης και άμεσης επικοινωνίας για λόγους επαγγελματικούς, κοινωνικούς αλλά και ψυχαγωγίας. Σε μια μικρή περιήγηση στην ιστορία, η πρώτη εφαρμογή της κινητής τηλεφωνίας

πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ το 1970 στα Εργαστήρια Bell, και σταδιακά επεκτάθηκε σε όλες τις χώρες του κόσμου και σε όλα τα κοινωνικά στρώματα.

Από αυτή τη ραγδαία εξάπλωση, θεωρείτε ότι σε κάθε τρεις κατοίκους αντιστοιχεί ένα τηλέφωνο. Το ενδιαφέρον και η ανησυχία για τα πιθανά βιολογικά αποτελέσματα που συνδέονται με την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που χρησιμοποιούνται στις συσκευές κινητής επικοινωνίας έχουν αυξηθεί αρκετά κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Η αιτία της αύξησης αυτής, οφείλετε στην τεράστια αύξηση στον αριθμό χρηστών αυτών των συσκευών, η οποία έχει οδηγήσει όλους εμάς να αναρωτιόμαστε για τη δυνατότητα των επικίνδυνων αποτελεσμάτων αυτών των πεδίων. Το ενδιαφέρον φαίνετε ακόμη και από το αν σκεφτεί κάποιος ότι το φορητό κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιείται κοντά στο κεφάλι του χρήστη, με αυτόν τον τρόπο εκθέτοντας το χρήστη στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Βάση της κινητής τηλεφωνίας είναι ένα δίκτυο που συνίσταται από κυψέλες, γι αυτό και ονομάζεται κυψελοειδές ή κυψελωτό δίκτυο (Σχήμα 17). Σε κάθε κυψέλη υπάρχει ένας σταθμός Βάσης που επικοινωνεί με τα κινητά τηλέφωνα στο κοντινό περιβάλλον του δηλαδή στην κυψέλη του. Ένας σταθμός Βάσης αποτελείται από αρκετές κεραίες εκπομπής / λήψης, που συνήθως είναι στερεωμένες σε έναν ιστό, καθώς και από μια μονάδα ελέγχου. Οι σταθμοί Βάσης συνδέονται με ένα κέντρο με συνηθισμένα τηλεφωνικά καλώδια ή με υπερκατευθυντικές ζεύξεις. Από αυτό λαμβάνουν τις συνομιλίες που πρέπει να διαβιβάσουν σε κάποιο κινητό τηλέφωνο στην κυψέλη τους, και σ' αυτό διαβιβάζουν τις συνομιλίες που διενεργούνται από κάποιο κινητό τηλέφωνο στην κυψέλη τους. Αν κάποιο κινητό τηλέφωνο απομακρυνθεί από την κυψέλη, τότε η σύνδεση μεταβιβάζεται αυτόματα στην επόμενη κυψέλη.



Σχήμα 17: Σύνδεση των σταθμών βάσης με το κέντρο

Ο αναμενόμενος αριθμός χρηστών κινητών τηλεφώνων ορίζει το μέγεθος της κυψέλης. Καθώς ένας σταθμός βάσης μπορεί συνήθως να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα το πολύ 64 κινητά τηλέφωνα, οι κυψέλες στις αγροτικές περιοχές με μικρή τηλεφωνική πυκνότητα είναι μεγάλες (διάμετρος 1 έως 4 km ή και μεγαλύτερη), ενώ αντίθετα στο κέντρο κάποιας μεγαλούπολης μικρές (διάμετρος 300 έως 400 μέτρα).

Το ραδιοσήμα του σταθμού Βάσης πρέπει να είναι τόσο ισχυρό ώστε να φθάνει σε κάποιο κινητό τηλέφωνο ακόμη και στο όριο της κυψέλης, αλλά όχι υπερβολικά ισχυρό, επειδή έτσι θα δημιουργούσε παρεμβολές στα σήματα της επόμενης ή μεθεπόμενης κυψέλης. Αν σε κάποια κυψέλη χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερα κινητά τηλέφωνα, έρχεται στιγμή που υπερφορτώνεται ο σταθμός Βάσης. Τότε γίνεται υποδιαίρεση της κυψέλης. Εγκαθίστανται δηλαδή αναγκαστικά πρόσθετοι σταθμοί Βάσης που με μικρότερη ισχύ εκπομπής εξυπηρετούν τις ήδη μικρότερες κυψέλες τους. [60] [61] [62]

4.6.2 Ακτινοβολία Κεραιών Βάσης και κινητών τηλεφώνων

Οι σταθμοί βάσης της κινητής (κυψελωτής) τηλεφωνίας εξυπηρετούν τις αμφίδρομες (ανοδικές και καθοδικές) ραδιοζεύξεις με τα κινητά τηλέφωνα των συνδρομητών (περιοχή συχνοτήτων 900MHz και 1800MHz), εξυπηρετούν επίσης και τις μόνιμες ραδιοζεύξεις (περιοχή συχνοτήτων 8GHz, 18GHz, 21GHz κ.ά.) με το υπόλοιπο τηλεφωνικό δίκτυο. Οι εκπομπές ανήκουν στις μη-ιονίζουσες ακτινοβολίες (Non-Ionizing Radiation, NIR), δηλαδή στα Η/Μ κύματα με μήκος κύματος λ>100nm.

Για την αντικατάσταση συστημάτων κινητής τηλεφωνίας πρώτης γενιάς που είχαν εγκαταστήσει οι διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, επειδή ήταν ασυμβίβαστα μεταξύ τους προχώρησε στην καθιέρωση ενός κοινού προτύπου που είναι το GSM(Global System Mobile).Το πρότυπο GSM ακολουθεί την κυψελωτή λογική δικτύου. Το βασικό στοιχείο του GSM είναι η μετατροπή του σήματος φωνής σε ψηφιακό σήμα και η μετάδοσή του σε συχνότητες UHF (Ultra High Frequencies) και συγκεκριμένα γύρω από τα 900 MHz, με κανάλια εύρους ζώνης 200 kHz.

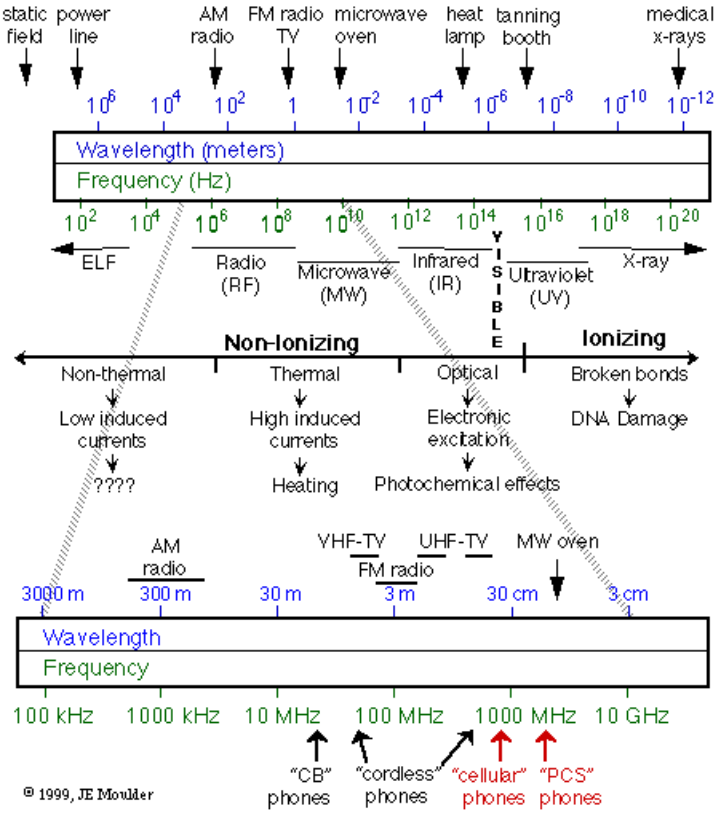
Περιέχει τον ορισμό των ζωνών συχνοτήτων (στην Ευρώπη περί τα 900MHz και 1800 MHz).Η κινητή τηλεφωνία στη χώρα μας χρησιμοποιεί δύο περιοχές συχνοτήτων: την περιοχή 900 μεγακύκλων (MHz), οι εταιρίες VODAFON και Q και την περιοχή των 1800 μεγακύκλων η εταιρία COSMOTE.

Συγκρίνοντας τις συχνότητες της κινητής τηλεφωνίας με τις άλλες συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, εντάσσονται στην ευρύτερη περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων μαζί με τις συχνότητες της ραδιοφωνίας της τηλεόρασης και των συστημάτων ραντάρ (Σχήμα 16). Παρατηρώντας το πάνω μέρος του Σχ.16 τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν στην ζώνη των ραδιοσυχνοτήτων (RF). Η ζώνη αυτή έχει συχνότητες Herz. Τα χαρακτηριστικά των ραδιοσυχνοτήτων είναι η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ΗΜΑ). Όπως έχει αποδειχθεί, η ΗΜΑ διαδίδεται στον αέρα με την ταχύτητα του φωτός και η έντασή της μειώνεται πολύ γρήγορα ανάλογα με

την απόσταση από την πηγή εκπομπής.

Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν αντιλαμβάνεται άμεσα όλες τις συχνότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επειδή δεν διαθέτει κατάλληλα αισθητήρια όπως π.χ. αντιλαμβάνεται το ορατό φως επειδή στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού υπάρχουν ειδικά κύτταρα (που ονομάζονται κονία και ραβδία) τα οποία διεγείρονται με την ορατή ακτινοβολία δίνοντας κατάλληλη πληροφορία στον εγκέφαλο ώστε να δημιουργηθεί η αίσθηση της όρασης.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει με ειδικά κύτταρα στο εσωτερικό του αυτιού ώστε να δημιουργηθεί η αίσθηση της ακοής. Αντιλαμβανόμαστε τις ραδιοσυχνότητες αυτές μόνο με ειδικές ηλεκτρονικές διατάξεις (δέκτες) οι οποίες μπορούν και να μετρήσουν την ένταση της ακτινοβολίας αυτής ή ακόμα, εφόσον η ραδιοσυχνότητα είναι κατάλληλα «διαμορφωμένη» και φέρει μαζί της πληροφορίες ήχου ή εικόνας θα μπορέσουν να αξιοποιηθούν (όπως πράγματι γίνεται) για τη μετάδοση φωνής, μουσικής ή εικόνας ή και άλλων πληροφοριών (π.χ. δεδομένων σε ψηφιακή μορφή).



Σχήμα 18:Σύγκριση των συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας με τις άλλες συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

Στην κινητή τηλεφωνία λειτουργεί λίγο πολύ η ίδια διαδικασία, δηλ. μια συσκευή (το κινητό τηλέφωνο) λειτουργεί ως πομπός ραδιοσυχνοτήτων φέροντας σε διαμόρφωση τη φωνή του χρήστη όταν φυσικά αυτός μιλάει. Παράλληλα όμως το κινητό τηλέφωνο λειτουργεί και ως δέκτης ραδιοσυχνοτήτων, ώστε να μπορεί να λαμβάνει την εκπομπή

ραδιοσυχνοτήτων του πομπού βάσης.

Η κατανομή των κεραιών βάσης κινητής τηλεφωνίας πρέπει να έχει τη μορφή κυψέλης για την καλύτερη κατανομή της ακτινοβολίας ώστε να «πιάνουν σήμα» τα κινητά ακόμα και σε δύσκολα σημεία όπως είναι τα πεζοδρόμια, τα λεωφορεία, μέσα στα διαμερίσματα, υπόγεια, κλπ. Κάθε κεραία εκπέμπει κατευθυνόμενη δέσμη ακτινοβολίας προς άλλο σταθμό-κεραία βάσης (κύριος λοβός εκπομπής), ενώ παράλληλα εκπέμπει και προς τα κάτω πολύ μικρότερη ισχύ (δευτερεύοντες λοβοί εκπομπής).

Τόσο τα κινητά τηλέφωνα όσο και οι σταθμοί Βάσης εκπέμπουν και λαμβάνουν την ίδια ακτινοβολία. Η ένταση αυτής της ακτινοβολία εξαρτάται προπάντων από την ισχύ εκπομπής και την απόσταση από την κεραία.

Πίνακας 4:Ισχύς σταθμού βάσης και κινητού τηλεφώνου

ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ	**ΚΙΝΗΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ**
• ισχυρότερος πομπός	• ασθενέστερος πομπός
• σημαντική απόσταση από πρόσωπα	• πολύ μικρή απόσταση από το κεφάλι
• σημαντική απόσταση από πρόσωπα	• τοπική ακτινοβόληση του κεφαλιού
• μικρή απορρόφηση ισχύος	• μεγαλύτερη απορρόφηση ισχύος στο κεφάλι
• ακτινοβολία υπάρχει συνεχώς	• ακτινοβολία υπάρχει μόνο κατά το τηλεφώνημα

Η ισχύς εκπομπής ενός κινητού τηλεφώνου είναι μεν σημαντικά χαμηλότερη από αυτήν των σταθμών Βάσης, η επιβάρυνση όμως του ανθρώπου από το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της συνομιλίας είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που προκύπτει από τον πολύ ισχυρότερο σταθμό Βάσης.

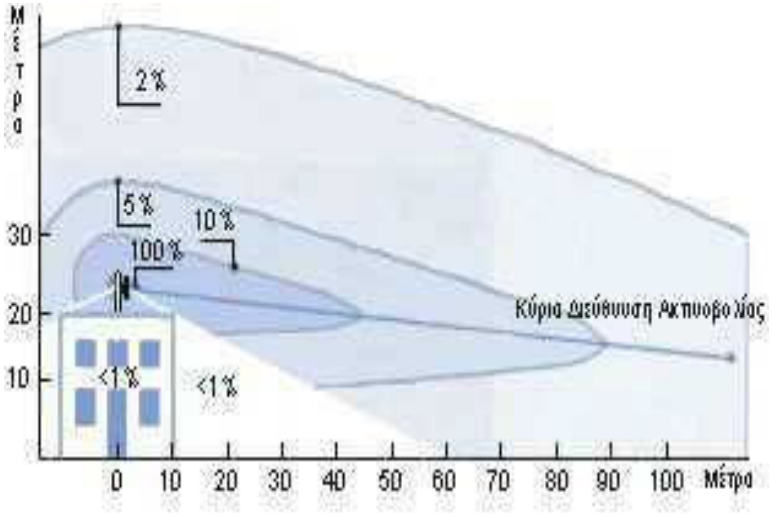
Τούτο οφείλεται στην ελάχιστη απόσταση του κινητού τηλεφώνου από το κεφάλι, λίγα εκατοστά μόνο, ενώ στην κεραία του σταθμού Βάσης δεν πλησιάζει κανείς περισσότερο από μερικά μέτρα. Στους σταθμούς Βάσης, οι ακόλουθοι παράγοντες καθορίζουν τη στάθμη της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε κάποιο μέρος που διαμένουν άνθρωποι:

- **Η ισχύς εκπομπής** :Η ακτινοβολία στην οποία εκτίθεται το κάθε άτομο αυξάνεται με την ισχύ εκπομπής.
- **Η απόσταση από την κεραία εκπομπής** :όταν διπλασιάζεται η απόσταση οι τιμές της ακτινοβολίας μειώνονται στο ένα τέταρτο
- **Το διάγραμμα ακτινοβολίας (η τρισδιάστατη μορφή εκπομπής της κεραίας) :**Στις πιο πολλές περιπτώσεις, οι κεραίες του σταθμού Βάσης δεν ακτινοβολούν με την ίδια ένταση προς όλες τις κατευθύνσεις. Μπορούν να παρομοιαστούν με ένα φακό που ακτινοβολεί μια δέσμη φωτός οριζόντια και κατακόρυφα σε τομέα 120 έως 180 μοιρών. Η ένταση έξω από αυτή τη δέσμη ακτινοβολίας δεν εξαφανίζεται μεν εντελώς, αλλά είναι εξαιρετικά μειωμένη.

Η κεραία σταθμού βάσης εκπέμπει το μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος της

οριζοντίως (κάθετα στο μεγάλο άξονα της κεραίας) και ελάχιστο ποσοστό κατακόρυφα. Κατά τη διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας, οι τιμές της πυκνότητας ισχύος γίνονται μικρότερες από όλα τα όρια επικινδυνότητας πέρα από απόσταση των 50 μέτρων.

- **Τοίχοι και στέγες** :εξασθενούν την ακτινοβολία που προσπίπτει σε κάποιο κτίριο απ' έξω. Στο γράφημα 2 φαίνεται η μείωση της έντασης ακτινοβολίας ανάλογα με την απόσταση. Στο γράφημα απεικονίζονται οι τιμές της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας στο περιβάλλον ενός σταθμού βάσης με συνολική ενεργό ακτινοβολούμενη ισχύς εκπομπής 700 W σαν συνάρτηση της απόστασης και της γωνίας. Τα ποσοστά επί τοις εκατό αναφέρονται στα όρια ασφαλούς έκθεσης του γενικού πληθυσμού στη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz για την τιμή του ηλεκτρικού πεδίου. Έξω από τον έντονα σκιασμένο τομέα (100%) τηρούνται τα όρια ασφαλείας για την έκθεση του γενικού πληθυσμού. Τις τιμές των ορίων αυτών θα τις αναφέρουμε παρακάτω.



Γράφημα 2 : Η μείωση της έντασης ακτινοβολίας ανάλογα με την απόσταση

4.6.3 Επίδραση της εκπομπής ΗΜ ακτινοβολίας από τους σταθμούς βάσης της κινητής τηλεφωνίας

Ύστερα από πολλαπλές μετρήσεις σε σταθμούς βάσης σε απόσταση μόλις 10 μέτρων που έγιναν στην Ελλάδα και που απεικονίζουν την χειρότερη περίπτωση έκθεσης έχουμε τα εξής συμπεράσματα:

Η μέγιστη μετρηθείσα πυκνότητα πεδίου βρέθηκε μικρότερη από το όριο προστασίας. Παρομοίως, εφαρμόζοντας και το συντελεστή έκθεσης από πολλαπλές πηγές, υπολογιστήκανε τιμές που είναι μικρότερες της μονάδας. Αφού λοιπόν στην ακραία περίπτωση απευθείας έκθεσης, σε απόσταση μόλις 10 μέτρων από την κεραία εκπομπής, το πεδίο αναπτύσσεται εντός ορίων επικινδυνότητας, τότε είναι εύκολα αντιληπτό, λαμβάνοντας υπόψη και τη σχέση διάδοσης σε ελεύθερο χώρο όπου το πεδίο αποσβήνεται με ρυθμό αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της αποστάσεως,

ότι σε οποιαδήποτε άλλο σημείο πέραν της αποστάσεως των 10 μέτρων το πεδίο παίρνει τιμές σαφώς μικρότερες.

Οι επιπτώσεις στην υγεία τον ανθρώπων από τις κεραίες βάσης κινητής τηλεφωνίας εξαρτώνται από:

- Από την απόσταση (σε οριζόντιο σχετικά επίπεδο) του χώρου διαβίωσης από την κεραία
- Από τον προσανατολισμό της κεραίας (δηλ εάν εκπέμπει προς την κατεύθυνση του χώρου διαβίωσης)
- Από την ένταση της ακτινοβολίας όπως μπορεί να μετρηθεί ως μέση τιμή
- Από την ηλικία του εκτιθέμενου και την κατάσταση της υγείας του.
- Από την διάρκεια έκθεσης (δηλαδή ώρες διαβίωσης ανά ημέρα στον συγκεκριμένο χώρο).

Συμπέρασμα: Η επιβάρυνση του πληθυσμού από την ακτινοβολία κεραιών σταθμών βάσης GSM μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουν και οι πιο πρόσφατες μελέτες που έγιναν από τους καθηγητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ν. Ουζούνογλου και Κ. Νικήτα στα πλαίσια ερευνητικού ευρωπαϊκού προγράμματος (CEPHOS) με σκοπό την κατάρτιση προτύπων για συσκευές κινητής τηλεφωνίας.

4.6.4 Επίδραση της εκπομπής ΗΜ ακτινοβολίας από τις τερματικές συσκευές κινητής τηλεφωνίας

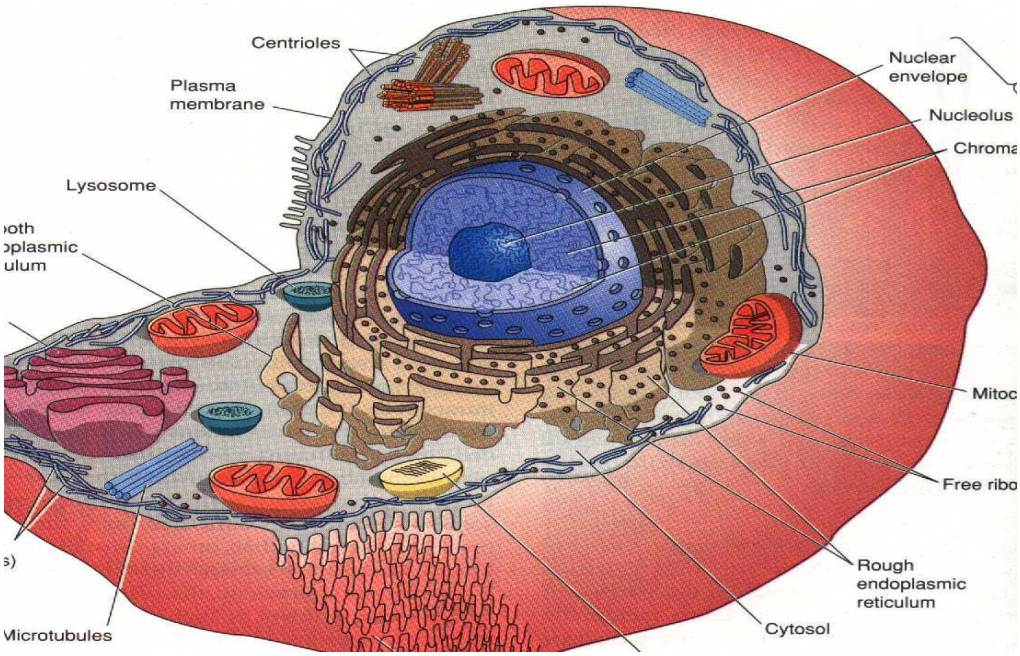
Με τη συσκευή του κινητού τηλεφώνου εκτίθεται κατά κύριο λόγο το κεφάλι αυτού που τηλεφωνεί. Η επιβάρυνση είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν που προκύπτει από τους σταθμούς Βάσης. Οι επιπτώσεις στην υγεία από τα κινητά τηλέφωνα εξαρτώνται:

- **Από την ισχύ εκπομπής** που σχετίζεται με την ποιότητα του σήματος (απόσταση κινητού – σταθμού βάσης)
- **Από την απόσταση μεταξύ κεραίας και κεφαλιού**: Από αυτή την άποψη, οι συσκευές κινητών τηλεφώνων εφοδιασμένες με ακουστικά (hands-free) μπορεί να θεωρηθούν ασφαλέστερες όσον αφορά την έκθεση του χρήστη απ' αυτές που δεν χρησιμοποιούνται με ακουστικά και η κεραία είναι δίπλα στο κεφάλι.
- **Από την κατασκευή του κινητού τηλεφώνου και της κεραίας(SAR):** Εδώ υπάρχουν αξιοσημείωτες δυνατότητες μείωσης της ακτινοβολίας που απορροφάται από το κεφάλι.
- **Από την διάρκεια συνομιλίας** και τη συχνότητα των συνομιλιών κάθε μέρα
- **Από την συνολική διάρκεια χρήσης** (σε χρόνια) του κινητού τηλεφώνου.

[63] [64] [65] [66]

4.7 Μηχανισμοί Επίδρασης των ραδιοσυχνοτήτων στον ανθρώπινο οργανισμό

Ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται από βιομόρια (πρωτεΐνες, κ.λπ.) τα οποία σχηματίζουν λειτουργικές δομές όπως είναι οι μεμβράνες, τα οργανίδια παραγωγής ενέργειας, που με τη σειρά τους σχηματίζουν τα κύτταρα.



Εικόνα 2: Διάγραμμα ενός κυττάρου

Η εικόνα 2 παρουσιάζει το διάγραμμα ενός κυττάρου όπως είναι τα δισεκατομμύρια κύτταρα που βρίσκονται στον ανθρώπινο οργανισμό. Αυτά περιέχουν πολυάριθμα συστατικά όπου κυριαρχούν οι μεμβράνες, οι οποίες και λειτουργούν με τη συμμετοχή διέλευσης μέσα από αυτές, ιόντων και μορίων. Η διέλευση αυτή μπορεί να διαταχθεί μετά από επίδραση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Αυτά σχηματίζουν τους **ιστούς** (π.χ. επιθήλιο, νευρικός ιστός κ.λπ.) οι οποίοι με τη σειρά τους σχηματίζουν τα **όργανα**, όπως είναι οι πνεύμονες, το συκώτι, ο εγκέφαλος.

Οι λειτουργίες των διαφόρων οργάνων καθορίζονται από τις επί μέρους λειτουργίες των ιστών και των κυττάρων τους σε συνδυασμό πολλές φορές με άλλα κύτταρα και ιστούς ανταλλάσσοντας μηνύματα που είναι όχι μόνο χημικές ουσίες αλλά και ηλεκτρικά δυναμικά. Πολλές σημαντικές λειτουργίες των κυττάρων και ειδικότερα του εγκεφάλου, στηρίζονται στη δημιουργία ηλεκτρικών δυναμικών (π.χ. λειτουργία συνάψεων στα νευρικά κύτταρα).

Είναι συνεπώς προφανές ότι οποιαδήποτε παρέμβαση με κάποια εξωτερική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και στο βαθμό που αυτή θα είναι παραπλήσιας ή και μεγαλύτερης έντασης με τα ενδογενή ηλεκτρικά πεδία, θα έχει ως αποτέλεσμα να επηρεαστεί το κυτταρικό σύστημα ως προς τη φυσιολογική του λειτουργία. Το θέμα αυτό έχει απασχολήσει τους ερευνητές για πολλές δεκαετίες όχι μόνο στην περίπτωση των συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας αλλά και στην περίπτωση των άλλων ραδιοσυχνοτήτων που βρίσκονται στην υπηρεσία του ανθρώπου επί μακρύτερο χρονικό διάστημα.

Όμως καμιά από αυτές τις ακτινοβολίες δεν έχει τόσο άμεση σχέση με τον απλό πολίτη όση η ακτινοβολία από την κινητή τηλεφωνία. Για παράδειγμα, τα κύματα ραντάρ

αφορούν μικρές ομάδες εργαζομένων, το ίδιο και οι ραδιοφωνικοί αλλά και οι τηλεοπτικοί σταθμοί. Οι δέκτες τηλεόρασης δεν εκπέμπουν ραδιοσυχνότητες αλλά μόνο λαμβάνουν. Με άλλα λόγια, το πρόβλημα που έχει δημιουργηθεί δεν έχει ανάλογό του στην ιστορία του ανθρώπινου γένους ως προς τη μαζικότητα της χρήσης αυτών των συσκευών εκπομπής Ήταν συνεπώς αναμενόμενο να γίνεται μεγάλη προσπάθεια διερεύνησης των επιπτώσεων ειδικά στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας, προσπάθεια που έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετά χρόνια.

Από ηλεκτρική άποψη τα μόρια τους εμφανίζονται ως ηλεκτρικά δίπολα. Κάτω από την επίδραση ισχυρού εξωτερικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, τα δίπολα τείνουν να προσανατολιστούν κατά τη φορά του ηλεκτρικού πεδίου, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ταλάντωση των μορίων. Στη συνέχεια, η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα Η παρουσία του ηλεκτρικού πεδίου αυξάνει την κινητική ενέργεια κυρίως των μορίων νερού, με αποτέλεσμα τη μεταφορά ενέργειας από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στους ιστούς των βιολογικών οργανισμών.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στους βιολογικούς οργανισμούς είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Αρχικά είναι απαραίτητη η ισχυρή διείσδυση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα στο ανθρώπινο σώμα (τοπικά ή συνολικά) που έχει σαν αποτέλεσμα, στη συνέχεια, την αύξηση της θερμοκρασίας, εφόσον διατηρείται το επιβαλλόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και η απορροφούμενη ισχύς ανά μονάδα μάζας βιολογικού ιστού είναι αρκετή.

Ο θερμικός χαρακτήρας της βιολογικής επίδρασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επιβεβαιώνεται στην πράξη από ιατρικές εφαρμογές που έχουν ήδη αναπτυχθεί, όπως η διαθερμία και η μικροκυματική υπερθερμία που εφαρμόζεται για την αντιμετώπιση του καρκίνου. Πιο συγκεκριμένα, οι νόμοι που καθορίζουν την αύξηση της θερμοκρασίας μέσα σε βιολογικούς ιστούς εξαιτίας της έκθεσης σε RF κύματα αναλύονται στη συνέχεια.

Η έκθεση των ιστών στην ακτινοβολία δεν οδηγεί υποχρεωτικά και στην απορρόφηση της. Έτσι υπεισέρχεται μια θεμελιακή βιολογική παράμετρος, ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης (Specific Absorption Rate, SAR), σχετική με την απορροφούμενη ισχύ ανά μονάδα μάζας βιολογικού ιστού. Ο SAR που εξαρτάται από το πεδίο, τους ιστούς κ.ά. δίδεται από την σχέση:

$$SAR=\frac{\sigma \cdot E_{EXP}^2}{2\rho} \qquad (4\text{-}2)$$

όπου σ είναι η ειδική αγωγιμότητα του ιστού (σε S/m), E_{EXP} είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (σε V/m), και ρ είναι η πυκνότητα του ιστού (σε Kgr/m^3).

Ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης εξαρτάται από:
(α) τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας (συχνότητα, πόλωση, ένταση),
(β) τα χαρακτηριστικά του βιολογικού αντικειμένου, τη γεωμετρία του (μέγεθος και σχήμα) και την εσωτερική του δομή,
(γ) την απόσταση της πηγής εκπομπής της ακτινοβολίας και του βιολογικού αντικειμένου (κοντινό ή μακρινό πεδίο) και
(δ) τις ιδιότητες του περιβάλλοντα χώρου.

Ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης αποτελεί το σημαντικότερο μέγεθος για την

ποσοτικοποίηση των βιολογικών αποτελεσμάτων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και μπορεί να προσδιοριστεί θεωρητικά ή να μετρηθεί σε ομοιώματα βιολογικών ιστών, κατά την έκθεσή τους σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. [67] [68] [69] [70]

4.7.1 Θερμική αντίδραση βιολογικών ιστών

Η απορρόφηση ισχύος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στους ιστούς. Η μεταβολή της θερμοκρασιακής κατανομής του σώματος είναι συνάρτηση της αιματικής ροής και των δυνατοτήτων των θερμορυθμιστικών μηχανισμών του σώματος. Έτσι το τελικό αποτέλεσμα, εκτός από τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, εξαρτάται και από τον ίδιο τον οργανισμό. [71]

4.7.2 Ερευνητικά αποτελέσματα

Από το Β' Παγκόσμιο πόλεμο έχει αρχίσει διεθνώς εκτενής έρευνα για τα βιολογικά αποτελέσματα των RF κυμάτων, η οποία χρηματοδοτήθηκε σχεδόν στο σύνολό της από κρατικούς φορείς. Το κύριο μέρος αυτής της έρευνας αφορούσε πεδία σε συχνότητες 915 MHz και 2450 MHz, κοντά στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες κινητές επικοινωνίες. Πολλές από τις έρευνες αυτές κατέληξαν σε αντιφατικά αποτελέσματα. Περιελάμβαναν αρκετές αναφορές για βιολογικά αποτελέσματα των RF πεδίων σε κύτταρα και πειραματόζωα, πολλές φορές σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης, που δεν ήταν εύκολα κατανοητά και συχνά δεν ήταν δυνατή η αναπαραγωγή τους. Υπήρχε δε μια σημαντική διασπορά σε ό,τι αφορούσε επιδράσεις στον άνθρωπο από χαμηλά επίπεδα έκθεσης σε RF πεδία. Ένας νέος κύκλος ερευνών ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '90, που χρηματοδοτείται σημαντικά από τους κατασκευαστές φορητών τηλεφωνικών συσκευών και κρατικές πηγές, εστιάζεται δε κυρίως στην καρκινογένεση και τα φορητά τηλέφωνα.

4.7.2.1 Καταρακτογένεση

Σε πειραματόζωα που ακτινοβολήθηκαν με σχετικά υψηλή πυκνότητα ισχύος παρατηρήθηκε η πρόκληση καταρράκτη. Το φαινόμενο αποδίδεται σε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας κατά την έκθεση σε RF ακτινοβολία, εξαιτίας της αδυναμίας του οφθαλμού να απάγει τη θερμότητα

4.7.2.2 Μικροκυματικό - ακουστικό φαινόμενο

Στην περίπτωση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παλμικής φύσεως, όπως αυτή του ραντάρ, έχει παρατηρηθεί ότι άνθρωποι οι οποίοι ζουν ή βρίσκονται κοντά στην πηγή ακούνε ήχο που προέρχεται από συντονισμό του κρανίου. Σύμφωνα με τη σημερινή γνώση, πρόκειται για θερμικό φαινόμενο και οφείλεται σε απότομη μικρή αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών.

4.7.2.3 Επιδράσεις στο νευρικό σύστημα

Οι περισσότερες πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί αφορούν τον εγκέφαλο. Τα κυριότερα φαινόμενα τα οποία παρατηρήθηκαν είναι μεταβολές στο Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και στην εκροή ιόντων ασβεστίου. Τα ιόντα ασβεστίου είναι εξαιρετικής σημασίας για τη μεταφορική σύζευξη ενός ευρέος φάσματος ανοσολογικών, ενδοκρινολογικών και νευροβιολογικών φαινομένων στην εξωτερική επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης.

Παρατηρήθηκε ότι η παρουσία παλμικά διαμορφωμένων RF σημάτων επάγει την εκροή ιόντων ασβεστίου σε ιστούς πειραματόζωων να απαιτείται αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας στους ιστούς (<0.1°C). Βρέθηκε ότι το φαινόμενο εξαρτάται ισχυρά από τη συχνότητα διαμόρφωσης και από την πυκνότητα ισχύος εφαρμοζόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η μέγιστη αλληλεπίδραση αναφέρεται ότι παρουσιάζεται για συχνότητες διαμόρφωσης παραπλήσιες με αυτές της εγκεφαλικής δραστηριότητας (16 Hz). Το φαινόμενο της εκροής ιόντων ασβεστίου θεωρείται από τις σημαντικότερες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων, επειδή παρατηρείται για χαμηλές τιμές πυκνότητας ισχύος (μη θερμικής φύσεως). [78], [79]

4.7.2.4 Επιδράσεις σε κυτταρικό επίπεδο

Επιδράσεις στο DNA και καρκινογενετικά φαινόμενα έχουν μελετηθεί εκτενώς από πολλούς ερευνητές σε διάφορες συνθήκες έκθεσης. Ανάπτυξη καρκίνου του εγκεφάλου έχει αναφερθεί σε ποντίκια που εκτέθηκαν σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που χρησιμοποιούνται σε ασύρματες κυτταρικές επικοινωνίες. Ωστόσο τα αποτελέσματα αυτά δεν έχουν επιβεβαιωθεί από άλλα ανεξάρτητα εργαστήρια. [8],[76],[77]

4.7.3 Επιδημιολογικές μελέτες

Οι επιδημιολογικές μελέτες σε ανθρώπινο πληθυσμό που εκτίθεται επαγγελματικά σε RF πεδία είναι περιορισμένες σε αριθμό και σε ποιότητα, αναφέρονται δε κυρίως σε εργαζόμενους σε στρατιωτικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Έχει περιγραφεί ότι άτομα που εκτίθενται επαγγελματικά σε μικροκυματική ακτινοβολία παρουσιάζουν σύνολο υποκειμενικών εκδηλώσεων που χαρακτηρίζεται σαν «σύνδρομο μικροκυμάτων» και περιλαμβάνει πονοκέφαλο, ναυτία, ζάλη, κόπωση, διαταραχές ύπνου. Μερικές μελέτες αναφέρουν υψηλότερο κίνδυνο καρκίνου για επαγγέλματα στα οποία συνυπάρχουν έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και χημικοί παράγοντες.

Πρόσφατα, έχουν γίνει ειδικές μελέτες σχετικά με τη χρήση φορητών τηλεφωνικών συσκευών. Επιδημιολογικές μελέτες στη Σουηδία και τις ΗΠΑ εστίασαν στη διερεύνηση πιθανής σχέσης μεταξύ χρήσης φορητών τηλεφωνικών συσκευών και ανάπτυξης καρκίνου του εγκεφάλου. Παρότι καμιά μελέτη δεν απέδειξε την αύξηση της επίπτωσης καρκίνου του εγκεφάλου σε ανθρώπους που κάνουν χρήση φορητών τηλεφωνικών συσκευών, και στις δύο μελέτες αναφέρεται μια τάση για υψηλότερη πιθανότητα ανάπτυξης όγκου του εγκεφάλου στην πλευρά που συνηθίζει ο χρήστης να κρατά το τηλέφωνο.

Ο καρκίνος του εγκεφάλου χρειάζεται χρόνια ή ακόμα και δεκάδες χρόνια για να αναπτυχθεί. Η ανίχνευση μικρού ή μακροπρόθεσμου κινδύνου ανάπτυξης καρκίνου είναι εξαιρετικά δύσκολη. Η ανίχνευση μικρής αύξησης του κινδύνου απαιτεί μεγάλης κλίμακας έρευνες που παρουσιάζουν δυσκολίες στον έλεγχό τους και συχνά είναι δύσκολη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους. Επιπλέον, μια έγκυρη μελέτη οφείλει να αξιολογεί τη χρήση φορητού τηλεφώνου από τα άτομα που συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη για μια δεκαετία ή περισσότερο, γεγονός που δυσχεραίνεται από τη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη στη βιομηχανία κυτταρικών επικοινωνιών.

Σε πρόσφατη εργαστηριακή μελέτη αναφέρεται ότι η χρήση φορητών τηλεφωνικών συσκευών μπορεί να επηρεάσει θετικά τη γωνιακή λειτουργία. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, άτομα που εκτέθηκαν σε προσομοίωση εκπομπών φορητών τηλεφωνικών συσκευών σε συχνότητα 915 MHz, παρουσίασαν βελτίωση των αντανακλαστικών τους (μείωση του χρόνου αντίδρασης σε εξωτερικά ερεθίσματα).

Όμως, από τις μέχρι σήμερα επιδημιολογικές μελέτες, δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν οριστικά συμπεράσματα, εξαιτίας διαφόρων αδυναμιών στη σχεδίαση τους, καθώς και του περιορισμένου αριθμού των περιπτώσεων που εξετάζουν. Επιπλέον, συχνά η έλλειψη ακριβών δοσιμετρικών πληροφοριών και η συνύπαρξη άλλων παραγόντων, εκτός της μελετώμενης ακτινοβολίας, περιορίζουν την αξία των μελετών αυτών.

4.7.4 Ομάδες αυξημένου κινδύνου

Αυξημένη ευαισθησία κατά την έκθεση σε μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε σχέση με το μέσο πληθυσμό μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή θερμορυθμιστική λειτουργία και στην παρουσία εμφυτευμένων ιατρικών συσκευών. Εμφυτευμένες μεταλλικές συσκευές έχουν σαν αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της απορροφημένης ισχύος, με συνέπεια τη θέρμανση των γύρω βιολογικών ιστών.

Τέτοιες συσκευές είναι ορθοπεδικές μεταλλικές συσκευές, μεταλλικές καρδιακές βαλβίδες καθώς και εμφυτευμένα συστήματα χορήγησης φαρμάκων, όπως ινσουλίνης, που περιέχουν μεταλλικά μέρη. Για άλλες εμφυτευμένες συσκευές, όπως οι καρδιακοί βηματοδότες και τα κοχλιακά εμφυτεύματα, το κυριότερο πρόβλημα προκύπτει από φαινόμενα ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής.

Σύμφωνα με μελέτη του ανεξάρτητου οργανισμού για την Έρευνα Ασύρματων Επικοινωνιών (Wireless Technology Research, WTR), μερικοί τύποι βηματοδοτών είναι ευαίσθητοι σε εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, και γι’ αυτό άνθρωποι που φέρουν εμφυτευμένο βηματοδότη, πρέπει να κρατούν το φορητό τηλέφωνο, ακόμη και όταν βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, σε απόσταση τουλάχιστον 15 cm από τον βηματοδότη. [72] [73] [74] [6] [7] [10]

4.8 Δοσιμετρικά μεγέθη και όρια ασφαλούς έκθεσης

Σε όλο τον κόσμο, διεθνείς οργανισμοί και χώρες έχουν προχωρήσει στη σύσταση ορίων ασφαλείας για την έκθεση σε μη-ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το 1974 η Διεθνής Επιτροπή Ακτινοπροστασίας (International Radiation Protection Association, IRPA) συνέστησε ομάδα εργασίας για τη μελέτη προβλημάτων που

σχετίζονται με τη μη-ιονίζουσα ακτινοβολία, σε συνεργασία με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization, WHO).

Το 1992 δημιουργήθηκε ανεξάρτητη επιστημονική επιτροπή, η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από Μη- Ιονίζουσα Ακτινοβολία (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP), με σκοπό την παρακολούθηση όλων των επιστημονικών ερευνών και την αντικειμενική εξέτασή τους για την καθιέρωση οδηγιών σχετικά με τα όρια ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Οι πιο πρόσφατες οδηγίες της ICNIRP δημοσιεύτηκαν το 1998 και έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CENELEC (Commite Europeen de Normalisation Electrotechnique) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατά τη σύνταξη του ισχύοντος προτύπου για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Στις ΗΠΑ, τα όρια ασφαλείας για την έκθεση σε RF ακτινοβολία βασίζονται στις οδηγίες του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) και έχουν υιοθετηθεί από το Αμερικανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης (American National Standards Institute, ANSI).

Σε συχνότητες υψηλότερες του 1 MHz, η θέσπιση ορίων ασφαλούς έκθεσης βασίζεται αποκλειστικά στα θερμικά αποτελέσματα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Το βασικό μέγεθος για την ποσοτικοποίηση των θερμικών επιδράσεων είναι ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης. Η θέσπιση ορίων ασφαλείας από τη CENELEC και άλλες επιτροπές τυποποίησης για ολόσωμη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει βασιστεί στην πρόληψη διαταραχών στη συμπεριφορά που παρατηρούνται σε ζώα κατά την έκθεση τους σε χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας.

Ο όρος «διαταραχές συμπεριφοράς» αναφέρεται στην τάση των ζώων να σταματούν την εκτέλεση μιας πολύπλοκης γνωσιακής λειτουργίας όταν εκτίθενται σε ορισμένη ποσότητα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Πρόκειται για θερμική επίδραση που παρατηρείται για Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης ίσο με 4 W/kg σωματικού βάρους, υπολογισμένο ως μέση τιμή σε ολόκληρο το σώμα. Θέτοντας ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με 10, καθορίστηκε η μέγιστη επιτρεπτή τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης για τον άνθρωπο (επαγγελματική έκθεση) σε 0.4 W/kg και θέτοντας έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας ίσο με 5 για το γενικό πληθυσμό καθορίστηκε αντίστοιχη μέγιστη τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης ίση με 0.08 W/kg, υπολογισμένη ως μέση τιμή για ολόκληρο το σώμα και για χρονικό διάστημα μέτρησης 6 min (Πίνακας Με παρόμοιο σκεπτικό, προκύπτουν αντίστοιχα όρια για έκθεση μέρους του σώματος σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. [75] [76] [6] [8] [10]

4.8.1 Εκτίμηση ρυθμού ειδικής απορρόφησης

Για τον υπολογισμό της κατανομής της απορροφούμενης ηλεκτρομαγνητικής ισχύος από βιολογικούς ιστούς, χρησιμοποιούνται αναλυτικές μέθοδοι και γενικές αριθμητικές τεχνικές προσομοίωσης. Οι αναλυτικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση απλοποιημένων μοντέλων βιολογικών ιστών, όπως ομογενείς ή στρωματοποιημένες κανονικές (επίπεδες, κυλινδρικές, σφαιρικές) γεωμετρίες. Ακόμη η ανάλυση της έκθεσης στο μακρινό πεδίο πηγών, όπου η φύση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι σχετικά απλή επιτρέπει την εφαρμογή αναλυτικών τεχνικών.

Η εφαρμογή γενικών αριθμητικών τεχνικών (μέθοδος ροπών, μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων, μέθοδος πεπερασμένων διαφορών) επιτρέπει την ανάλυση πολύπλοκων ρεαλιστικών μοντέλων βιολογικών ιστών με ανομοιογένειες, ενώ είναι δυνατή η προσομοίωση σύνθετων ηλεκτρομαγνητικών πηγών. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να ληφθεί υπόψη η πολύπλοκη φύση του κοντινού πεδίου και η αλληλεπίδραση μεταξύ του βιολογικού αντικειμένου και της πηγής.

4.8.1.1 Πειραματικές τεχνικές

προσδιορισμού του Ρυθμού Ειδικής απορρόφησης
Οι κυριότερες μέθοδοι πειραματικού προσδιορισμού του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης σε ομοιώματα βιολογικών ιστών που εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, βασίζονται στη μέτρηση του μέτρου του ηλεκτρικού πεδίου ή του ρυθμού αύξησης της θερμοκρασίας κατά την εφαρμογή υψηλής ηλεκτρομαγνητικής ισχύος για σύντομο χρονικό διάστημα.

4.8.1.2 Μετρήσεις σε ομοιώματα

Το κεφάλι αποτελείται από πολύπλοκους ιστούς (οστά, δέρμα, εγκεφαλική ουσία, οφθαλμούς κ.λπ.) με διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες, και διαφορετικό Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ισχύος. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται πολύπλοκα ομοιώματα του ανθρώπινου κεφαλιού που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά με ηλεκτρικές ιδιότητες ανάλογες των βιολογικών ιστών του κεφαλιού.

Μια ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος για τη δοσιμετρία είναι η σύσταση του ομοιώματος από πλευράς τύπων ιστών. Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE) έχει προτείνει τη την οδηγία SCC34/SC2 στην οποία λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές αναλογίες δέρματος, λίπους, μυός, οστού, λευκής και φαιάς ουσίας. Συχνά, χρησιμοποιούνται απλούστερα ομοιώματα του ανθρώπινου κεφαλιού που αποτελούνται από πλαστικό κέλυφος στο οποίο τοποθετείται υγρό υλικό με ιδιότητες ανάλογες με αυτές του εγκεφαλικού ιστού.

Αυτά τα μοντέλα έχουν καθοριστεί από τη CENELEC για τον έλεγχο συμμόρφωσης φορητών τηλεφωνικών συσκευών με τα όρια ασφαλείας και αντιστοιχούν στη λεγόμενη «χειρότερη περίπτωση έκθεσης», οδηγώντας συνήθως σε υπερεκτίμηση των πραγματικών επιπέδων έκθεσης. Η μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό των ομοιωμάτων πραγματοποιείται με μικροσκοπικό αισθητήρα που κινείται με τη βοήθεια ρομποτικού συστήματος υψηλής ακριβείας. Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται ένα σύνθετο ομοίωμα του ανθρώπινου κεφαλιού που αποτελείται από πέντε τύπους ιστών.



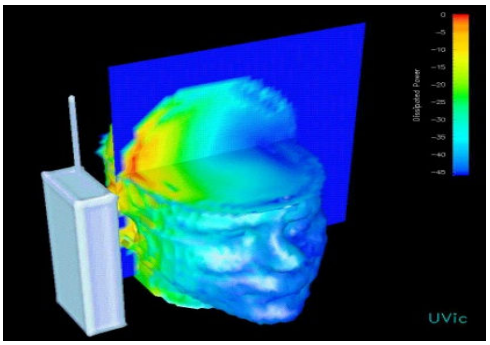
Εικόνα 3 : Ομοίωμα ανθρώπινου κεφαλιού για πειραματικές μετρήσεις απορροφούμενης ισχύος

4.8.1.3 Υπολογιστικές προσομοιώσεις

Για τους θεωρητικούς υπολογισμούς, χρησιμοποιούνται είτε απλά γεωμετρικά μοντέλα ή λεπτομερή ανατομικά μοντέλα του ανθρώπινου κεφαλιού που βασίζονται σε δεδομένα Αξονικής ή Μαγνητικής Τομογραφίας υψηλής ευκρίνειας. Από τα δεδομένα Αξονικής ή Μαγνητικής Τομογραφίας κατασκευάζονται αριθμητικά μοντέλα του κεφαλιού που αποτελούνται από κυβικά συνήθως στοιχεία με μέγεθος ακμής που εξαρτάται από τη διακριτική ικανότητα της χρησιμοποιούμενης απεικονιστικής τεχνικής και μπορεί να φτάνει μέχρι 1 mm

Εάν το κινητό τοποθετηθεί στο αυτί κατά τη διάρκεια της συνομιλίας τότε μέρος της ακτινοβολίας εισέρχεται στον εγκέφαλο μέχρι να απορροφηθεί τελείως από τα κύτταρα του εγκεφάλου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Αν το κινητό το έχουμε σε κάποιο σημείο του σώματος, π.χ. τσέπη ή το κρατάμε στα χέρια, τότε επίσης η ακτινοβολία θα απορροφηθεί από τα κύτταρα αρχίζοντας από την επιδερμίδα και προχωρώντας προς τα μέσα. Οι επιπτώσεις και στις δύο περιπτώσεις εξαρτώνται ανάλογα με το ποιους ιστούς θα προσβάλει η ακτινοβολία, π.χ. καρδιά, γεννητικά όργανα κλπ.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει την γραφική παράσταση με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή της δόσης που απορροφάται από τις διάφορες περιοχές της κεφαλής του χρήστη, κατά την διάρκεια επικοινωνίας με το κινητό τηλέφωνο. Το κόκκινο χρώμα δείχνει το μέγιστο της απορροφούμενης ενέργειας, το πράσινο αντιπροσωπεύει μικρότερη δόση και το μπλε περίπου μηδενική δόση.



Εικόνα 4 :Η κατανομή RF ισχύος από ένα PCS τηλέφωνο μέσα στο κεφάλι

Τα χρώματα ποικίλουν από το μπλε στο κόκκινο αντικατοπτρίζοντας το SAR όταν το τηλέφωνο είναι τοποθετημένο απέναντι από το κεφάλι. Η ισχύς είναι σε dB και είναι σχετική με το σημείο του μοντέλου όπου έχουμε μέγιστο SAR. Σε αυτή την περίπτωση το κεφάλι.

Ένα κινητό τηλέφωνο εκπέμπει 30mm μακριά από την επιφάνεια του κεφαλιού. Η ισχύς είναι σε dB και είναι σχετική με το σημείο του μοντέλου όπου έχουμε μέγιστο SAR. Σε αυτή την περίπτωση τα δάκτυλα στο τηλέφωνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λαμβανόμενη κατανομή SAR εξαρτάται σημαντικά από τον τύπο της συσκευής, από τη συχνότητα λειτουργίας από τις ανατομικές λεπτομέρειες του κεφαλιού του χρήστη, καθώς και από την απόσταση και την τοποθέτηση της συσκευής σε σχέση με το κεφάλι του χρήστη. [77] [78] [79] [80] [6] [7] [8]

4.8.2 Συμπεράσματα

Με βάση τις πληροφορίες που έχουμε μέχρι σήμερα μπορούμε να αναρωτηθούμε αν η χρήση κινητών τηλεφώνων είναι επιβλαβής; Η απάντηση δεν μπορεί να είναι μονολεκτική επειδή συμμετέχουν πολλοί παράγοντες στο τελικό αποτέλεσμα, όπως
α) όλα τα κινητά διαφέρουν μεταξύ τους από πλευρά εκπεμπόμενης ακτινοβολίας αλλά και θέσης της κεραίας εκπομπής ως προς των εγκέφαλο του χρήστη,
β) η ισχύς εκπομπής του κινητού τηλεφώνου μεταβάλλεται ανάλογα με το σήμα που δέχεται το κινητό τηλέφωνο από το σταθμό βάσης, με άλλα λόγια όταν το κινητό τηλέφωνο δέχεται ισχυρό σήμα όπως αυτό άλλωστε δείχνεται στην οθόνη του τηλεφώνου τότε το κινητό τηλέφωνο έχει τη δυνατότητα να εκπέμψει με τη μικρότερη δυνατή ισχύ ώστε να υπάρξει επικοινωνία με τον αντίστοιχο σταθμό βάσης
γ) δεν είναι όλα τα άτομα ίδια από πλευράς φυσιολογίας αλλά και ηλικίας είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι άτομα νεαρής ηλικίας είναι πιο ευπαθή.
δ) δεν χρησιμοποιούν όλοι οι κάτοχοι κινητών τηλεφώνων τον ίδιο χρόνο ημερησίως σε επικοινωνία με κινητό τηλέφωνο.
Η κινητή τηλεφωνία είναι νέα εφαρμογή και ακόμη δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα. Ο χρόνος επωάσεως ενός καρκίνου ανέρχεται σε μερικές δεκαετίες και άρα χρειάζεται να περάσουν αρκετά χρόνια προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν καρκινογενέσεις που να οφείλονται στη χρήση κινητών τηλεφώνων

5. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΑ ΡΑΝΤΑΡ

5.1 Αρχές λειτουργίας των RADAR

Τα δύο βασικά μέρη ενός ραντάρ μπορούμε να πούμε ότι είναι μια συσκευή αποστολής σημάτων (πομπός) που παράγει τα ραδιοκύματα και έναν ή περισσότερους "δέκτες" που τα συλλέγουν. Τόσο η συσκευή αποστολής σημάτων όσο και οι δέκτες εγκαθίστανται μαζί με τις κεραίες.

Οι ραδιοσυχνότητες που εκπέμπονται από κεραίες radar, επηρεάζουν, σε μεγαλύτερο ποσοστό, τα άτομα, που εργάζονται στους συγκεκριμένους χώρους, αυτούς, αλλά και τους κατοίκους περιοχών, στις οποίες είναι τοποθετημένες οι κεραίες.

Οι επιπτώσεις των ραντάρ (που θα αναφέρουμε παρακάτω) οδηγούν στη διάκριση των ακτινοβολιών σε ασθενείς ή ισχυρές. Ασθενείς είναι όσες έχουν τέτοια ένταση ώστε να μην έχουν επιπτώσεις, ενώ ισχυρές είναι όσες έχουν ένταση επαρκή για λειτουργική ή βιολογική επίδραση. Η διάκριση αυτή δεν είναι εύκολη ή απλή διότι υπάρχουν πολλές φυσικές και βιολογικές παράμετροι, όπως π.χ. η συχνότητα F, η βιολογική απορρόφηση, η ένταση του ηλεκτρικού E (V/m) και του μαγνητικού H (A/m) πεδίου, η πυκνότητα ισχύος S (W/m^2) κλπ.

Τα μεγέθη αυτά εκτός των άλλων εξαρτώνται από την ακτινοβολούσα κεραία και την απόσταση R από αυτήν. Ο χώρος που περιβάλλει την κεραία υποδιαιρείται στις ζώνες: Rayleigh, Fresnel και Fraunhofer. Τα χαρακτηριστικά του πεδίου σε κάθε μια από αυτές διαφέρουν αισθητά. Εάν είναι D το ύψος(εύρος) της κεραίας, λ το μήκος κύματος και P_{tr} η ισχύς εκπομπής, τότε η πυκνότητα ισχύος S_t μέσα στον λοβό της κεραίας στην εγγύτερη ζώνη Rayleigh που φτάνει έως μια απόσταση B_r είναι σταθερή και ίση με:

$$s_r = \frac{16P_{tr}}{\pi D^2} R_r = o.3\frac{D^2}{\lambda} \qquad (5\text{-}1)$$

Το εγγύς πεδίο (near field) περιλαμβάνει τη ζώνη αυτή και την επομένη ζώνη Fresnel, στην οποία η πυκνότητα ισχύος s_{nf} η έχει τόσο περίπλοκη εξάρτηση ώστε κάθε αντικείμενο μέσα στα όρια της να επηρεάζει το πεδίο. Η οριακή απόσταση R_{nf}του εγγύς πεδίου δίδεται από την:

$$R_{nf}=2D^2/\lambda \qquad (5\text{-}2)$$

Από την απόσταση αυτή αρχίζει το απόμακρο πεδίο (far field) ή πεδίο ακτινοβολίας που αποτελεί την ζώνη Fraunhofer, στην οποία η τιμή των βασικών μεγεθών του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου υπολογίζεται εύκολα με τις διανυσματικές σχέσεις Maxwell. Σε κάθε σημείο της περιοχής αυτής με συντεταγμένες (θ,φ,R) το άνυσμα Poynting S(θ,φ,R) εκφράζει την πυκνότητα ισχύος που μμειώνεται με την απόσταση

$$S(\theta, \varphi, R) = \frac{E^2(\theta,\varphi,R)}{Z_0} = H^2(\theta, \varphi, R) * Z_0 = \frac{P_{tr} G(\theta,\varphi)}{4\pi R^2} = \frac{P_{rad}(\theta,\varphi)}{4\pi R^2} \quad (5\text{-}3)$$

όπου G(θ,φ) η απολαβή της κεραίας προς τη διεύθυνση (θ,φ), $P_{rad}(\theta,\varphi)$ η ισοδύναμη ακτινοβολούμενη ισχύς (erp) προς την διεύθυνση (θ,φ), και Z_0=377Ω η πεδιακή αντίσταση στο κενό.

Βασικό μέρος στις εφαρμογές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι οι συγκρίσεις της τιμής των μεγεθών E, H και S του πεδίου με τα αντίστοιχα όρια E^{EMC} H^{EMC} ΚΑΙ S^{EMC} που περιλαμβάνονται στα πρότυπα της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (Electro-Magnetic Compatibility, EMC), αλλά και με τα όρια E^{EL},H^{EL} και S^{EL} των βιολογικών επιπτώσεων που περιλαμβάνονται στα πρότυπα της βιολογικά επιτρεπτής έκθεσης σε μη-ιονίζουσες ακτινοβολίες. Έτσι αν προκύψει υπέρβαση των ορίων στο χώρο που περιβάλλει την ακτινοβολούσα διάταξη, τότε οι επιπτώσεις ελέγχονται με τις κατάλληλες προδιαγραφές ή τη λήψη λειτουργικών/διαδικαστικών μέτρων. [81][82][83]

5.2 Είδη RADAR

Τα ραντάρ χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς για την εξαγωγή κινητικών παραμέτρων. Τα ραντάρ χρησιμοποιούνται σε αεροδρόμια για τον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας, σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις, στη ναυσιπλοΐα, στην τροχαία για τον έλεγχο της ταχύτητας στις εθνικές οδούς, στη μετεωρολογία και σε ένα μεγάλο πλήθος άλλων εφαρμογών. Η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας έχει δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για την παραγωγή ραντάρ υψηλής αξιοπιστίας. [81]

5.2.1 RADAR στρατιωτικών εγκαταστάσεων

Οι κεραίες των ραντάρ που χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις εκπέμπουν ισχυρότατες δέσμες που μπορούν να είναι επικίνδυνες για την υγεία μέχρι και σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων. Όμως οι εγκαταστάσεις, αυτές, υπηρετούνται από ειδικευόμενο προσωπικό, το οποίο εργάζεται κάτω από αυστηρά μέτρα ασφαλείας. Επιπλέον, οι εγκαταστάσεις, αυτές, των ραντάρ βρίσκονται, συνήθως σε απομονωμένες περιοχές. Επομένως η επιβάρυνση του πληθυσμού από τα στρατιωτικά ραντάρ θεωρείται αμελητέα. Τα ραντάρ που χρησιμοποιούνται στις στρατιωτικές εγκαταστάσεις είναι κυρίως τα ραντάρ έρευνας, που έχουν χαρακτηριστικά με τις ακόλουθες τιμές:

Συχνότητα: 1250-1350 MHz.

Διάρκεια παλμού: w=6 μsec
Συχνότητα επανάληψης παλμών: prf= 200 pps

Ισχύς κορυφής παλμού: 10 MW

Περιστρεφόμενη κεραία (5 στροφές ανά λεπτό) μέγιστης διάστασης: D=5m

Απολαβή κεραίας 30 dB

Γωνία μισής ισχύος: 3^o

Για να υπολογίσουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνε τη σχέση c=λ*ν, όπου c είναι η ταχύτητα του φωτός και ισούται με 300.000 m/sec και το ν εκφράζει τη συχνότητα. Υπολογίζουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας:

$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{300.000 * 10^5\, m/sec}{1250 * 10^6\, sec^{-1}}$=0,24m=24cm.

Το μακρινό πεδίο της κεραίας θα αρχίζει πέρα από την απόσταση:

$R = \frac{2D^2}{\lambda} = \frac{2 * 5^2 m^2}{0,24m}$=208m

Σε μια απόσταση 250 m από την κεραία, στο μακρινό της πεδίο, η αναμενόμενη μέση πυκνότητα ισχύος, υπολογίζεται ως εξής:

$P = \frac{10 * 10^6\, W * 6 * 10^6 * sec * 200 * sec^{-1}}{4 * 3,14 * (250)^2 m^2} * 10\frac{10}{10} * \frac{3^0}{360^0}$=0 12 $\frac{W}{m^2}$=0,012$\frac{mW}{cm^2}$=12$\frac{\mu W}{cm^2}$ (5-4)

Τα όρια επικινδυνότητας Ανατολής - Δύσης διαφέρουν όσον αφορά αυτού του τύπου τα ραντάρ, με αποτέλεσμα η πυκνότητα ισχύος τους σε απόσταση 250m να είναι πολύ μικρότερη από τα «Δυτικά» όρια, αλλά μεγαλύτερη από τα «Ανατολικά». Όσον αφορά όμως το εγγύς πεδίο, δεν μπορούμε να έχουμε σύγκριση τιμών αφού η πυκνότητα ισχύος υπολογίζεται με προσεγγιστικές μεθόδους μόνο. Παρ' όλα αυτά, η έκθεση ενός ανθρώπου στο εγγύς πεδίο δεν μπορεί να θεωρηθεί σε καμία περίπτωση ασφαλής. [83] [84]

5.2.2 RADAR επιτήρησης στρατηγικών χώρων

Τα ραντάρ αυτά έχουν τα εξής χαρακτηριστικά με τις ακόλουθες τιμές:
Συχνότητα: 450 MHz
Διάρκεια παλμού: w=60 μsec prf = 200 pps
Ισχύς κορυφής παλμού: 32 MW
Μέγιστη διάσταση κεραίας: 5 m
Απολαβή κεραίας: 20 dB

Η περιοχή του μακρινού πεδίου αρχίζει πέρα από την απόσταση

$R = \frac{2D^2}{\lambda} = \frac{2 * 5^2 m^2}{0,66m}$ =75m

Το εκπεμπόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο αυτών των ραντάρ σε απόσταση 100 m από τον πομπό έχει πυκνότητα ισχύος περίπου 4 φορές μμεγαλύτερη των Δυτικών ορίων επικινδυνότητας και κατά συνέπεια πολύ μμεγαλύτερη των Ανατολικών ορίων. Μια πολύ σημαντική έρευνα σχετικά με τα ραντάρ στρατιωτικών εγκαταστάσεων είναι η

έρευνα που έκαναν οι γιατροί από το National Cancer Institute των Ηνωμένων Πολιτειών. Εξέτασαν τα δεδομένα υγείας για 40 χρόνια από 40.581 βετεράνους στρατιώτες και ναύτες που πολέμησαν στον πόλεμο της Κορέας από το 1950 έως το 1954. Η ιδιαιτερότητα που χαρακτηρίζει τους βετεράνους αυτούς είναι ότι υποβλήθηκαν κατά τον πόλεμο της Κορέας σε πολύ ψηλές δόσεις ακτινοβολίας μικροκυμάτων από τα ραντάρ.

Οι συχνότητες μικροκυμάτων χρησιμοποιήθηκαν για τα ραντάρ για σκοπούς ανίχνευσης, για τα οπλικά συστήματα και ακόμη για άμεσες βολές. Οι βετεράνοι αυτοί και ιδιαίτερα οι ναυτικοί, υποβλήθηκαν σε πολύ ψηλότερες δόσεις ακτινοβολίας μικροκυμάτων απ' ότι υποβαλλόμαστε εμείς συνήθως σήμερα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας μικροκυμάτων, που προέρχεται από τα ραντάρ, δεν προκάλεσε στους βετεράνους, αυτούς, περισσότερες μορφές καρκίνου, παρά στον υπόλοιπο πληθυσμό. Μάλιστα βρέθηκε οι άνδρες αυτοί, είχαν 35% λιγότερες πιθανότητες να πεθάνουν κατά τη διάρκεια των 40 ετών της έρευνας σε σύγκριση με τους υπόλοιπους άνδρες. Το γεγονός αυτό πιστεύουν οι ερευνητές, οφείλεται στο ότι ένα από τα βασικά κριτήρια της επιλογής των ναυτών, είναι η πολύ καλή τους υγεία και υποχρεώνονται να διατηρούνται σε μια πολύ καλή φυσική κατάσταση κατά τη διάρκεια της υπηρεσίας τους.

Η μονή εξαίρεση που βρήκαν μεταξύ των βετεράνων αυτών, ήταν οι τεχνικοί ηλεκτρονικών της αεροπορίας. Οι άνδρες αυτοί υποβάλλονταν σε εξαιρετικά ψηλά επίπεδα ακτινοβολίας μικροκυμάτων. Η ομάδα αυτή παρουσίαζε δύο φορές συχνότερα μια συγκεκριμένη μορφή λευχαιμίας, την οξεία μη λεμφοκυτταρική λευχαιμία. Λόγω της ιδιομορφίας της ομάδας αυτής, οι ερευνητές κατέληξαν ότι τα αυξημένα κρούσματα λευχαιμίας που εκδηλώθηκαν, δεν έχουν σχέση με τη χαμηλής ενέργειας ακτινοβολία μικροκυμάτων.

Αποδεικνύεται λοιπόν ότι η έκθεση σε ψηλά επίπεδα ακτινοβολίας μικροκυμάτων από ραντάρ δεν είχε επιπτώσεις με περισσότερους καρκίνους ή αυξημένους θανάτους στη μεγάλη αυτή ομάδα βετεράνων. Σίγουρα τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορούν να εξαλείψουν τις ανησυχίες μας για τους κίνδυνους των ακτινοβολιών στις οποίες υποβαλλόμαστε καθημερινά. Εντούτοις μας δίνουν σημαντικές και αξιόλογες πληροφορίες για μια μεγάλη ομάδα ανδρών που υποβλήθηκαν σε πολύ ψηλά επίπεδα ακτινοβολίας μικροκυμάτων. [81]

5.2.3 RADAR πολιτικών αεροδρομίων

Τα ραντάρ των Ελληνικών πολιτικών αεροδρομίων έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Συχνότητα: 2900 MHz
Ισχύς κορυφής παλμού:1.5 MW
Διάρκεια Παλμού: w=0.8 μsec Prf = 1040 pps
Απολαβή κεραίας: G=33 dB
Μέγιστη διάσταση κεραίας : 5 m
Η μέση πυκνότητα ισχύος που εκπέμπουν τα σύγχρονα ελληνικά τερματικά σε απόσταση άνω των 500 m (μακρινό πεδίο), παίρνει τιμές μικρότερες όλων των ορίων. Οι αντίστοιχες τιμές στο εγγύς πεδίο πρέπει βέβαια να είναι πολύ μεγαλύτερες, αλλά όπως είπαμε παραπάνω δεν μπορούν να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας. Όσον

αφορά την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τα τερματικά αυτά, μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα αν:

• Η κεραία του ραντάρ είναι εγκατεστημένη σε ύψος 33 μέτρων πάνω από το έδαφος.

• Η κεραία εκπέμπει οριζόντια ή 2° - 3° μοίρες άνω του οριζόντιου άξονα.

Έτσι, βλέπουμε ότι είναι πρακτικά αδύνατο μονάδες πληθυσμού να βρεθούν στη διεύθυνση μέγιστης ισχύος και κατά συνέπεια ο κίνδυνος από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι ελάχιστος έως ανύπαρκτος. Μάλιστα, έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι οι τιμές που παίρνει η πυκνότητα ισχύος σε συγκεκριμένα σημεία με το ραντάρ ανοικτό και έπειτα κλειστό, είναι οι ίδιες. Τα λοιπά είδη ραντάρ, μπορούν, με βάση διάφορες επιστημονικές έρευνες και αναλύσεις, να θεωρηθούν ως ακίνδυνα. Με εξαίρεση, βέβαια, τα ραντάρ για τη μέτρηση της ταχύτητας, που χρησιμοποιούνται από την τροχαία, τα οποία, εκπέμπουν ισχύ μεγαλύτερης πυκνότητας. Όμως δε θεωρούνται επικίνδυνα, διότι ο χρόνος λειτουργίας τους είναι περιορισμένος.[85]

5.3 Βιολογικές επιδράσεις των διατάξεων RADAR

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ραδιοσυχνότητες που εκπέμπονται από τις κεραίες των ραντάρ επηρεάζουν κυρίως τους ανθρώπους που εργάζονται στους χώρους αυτούς. Η έκθεση στη μη ιονίζουσα ακτινοβολία συνεπάγεται βιολογικές επιδράσεις, δηλαδή αλλοιώσεις στα κύτταρα και μεταβολές ή αλλοιώσεις του βιολογικού υλικού. Οι επιδράσεις μπορεί να είναι:

- Οφθαλμολογικές
- Κυτταρολογικές
- Αισθητηριακές
- Αναπαραγωγικές
- Γενετικές
- Δερματικές
- Αιματολογικές

Η έκθεση στο εγγύς πεδίο μίας ραδιοηλεκτρικής πηγής έχει περίπλοκη εξάρτηση, ενώ στο απόμακρο πεδίο προσεγγίζεται απλούστερα από τις σχέσεις:

$$s_{EXP}(\theta,\varphi,R)=\frac{E^2_{EXP}(\theta,\varphi,R)}{Z_0}=H^2_{EXP}(\theta,\varphi,R)^*\ Z_0=\frac{P_{rad}(\theta,\varphi,R)}{4\pi R^2}, \qquad (5\text{-}5)$$

όπου (θ,φ) οι γωνιακές συντεταγμένες διεύθυνσης της πηγής, R η απόσταση από τη πηγή, $P_{rad}(\theta,\varphi)$ η ακτινοβολουμένη ισχύς προς τη διεύθυνση (θ,φ) και Z_0 η παιδική αντίσταση (377 Ω).

Η κεραία των Radar περιβάλλεται από μία νοητή ζώνη επικινδυνότητας (Nominal Hazard Zone, NHZ), δηλαδή από μια περιοχή που ίσως υπάρχουν βιολογικές

επιπτώσεις αφού η έκθεση E_{EXP}, H_{EXP} ή S_{EXP} θα υπερβαίνει την επιτρεπτή E_{EL}, H_{EL} ή S_{EL}. Η R_{NHZ} στο απόμακρο πεδίο ενός Radar προσδιορίζεται από τις:

$S_{EXP}=S_{EL}$, $(S_{EXP})_{PEAK} = 1000*S_{EL}$, $R_{NHZ} = \sqrt{\frac{P_{rad}(\theta,\varphi)}{4\pi S_{EL}}}$. (5-6)

Ο ορισμός της NHZ απαιτεί λεπτομερείς υπολογισμούς, ειδικές μετρήσεις και κατάλληλη χρήση των λειτουργικών παραμέτρων. Με ορισμένα στοιχεία όπως είναι η συχνότητα, ο τρόπος που ακτινοβολείτε ισχύς και οι κυριότερες συνθήκες έκθεσης, μπορεί να γίνει εκτίμηση των διαστάσεων της NHZ Παραδείγματα τέτοιων εκτιμήσεων δίδονται στον επόμενο Πίνακα 5-1

Πίνακας 5 : Ακτίνα της ζώνης επικινδυνότητας R_{NHZ} από βιολογικές επιπτώσεις

ΑΚΤΙΝΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ R_{NHZ} ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ (ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕ ΤΙΜΗ SAR = 0.08W / Kgr)				
Είδος πηγής	Χαρακτηριστικά	Ζώνη και συχνότητα	P_{rad}(θ,φ) (KW)	R_{NHZ}(m)
Radar στρατιωτικού αεροδρομίου	Pulsed 500 dB	S (SHF) 3 GHz	65 KW	22,7 m
Radar πολιτικής Αεροπορίας	Pulsed 200 KWp Κεραία 41 dB	X(SHF) 9 GHz	17 KW	11.6 m
Radar επιβατικού πλοίου	Pulsed 15 KWp Κεραία 29 dB	S (SHF) 3 GHz	3 KW	4,9 m
Radar επιβατικού πλοίου	Pulsed 10 KWp Κεραία 36 dB	X(SHF) 9,3 GHz	7 KW	7.5 m
Ραντάρ τροχαίας	CW 0.2 Wp κεραία 23 dB	K(SHF) 24,15 GHz	40 W	0,6 m

Σε επαγγελτική έκθεση (SAR=0,4W/Kg) η R_{NHZ} μειώνεται στο 0,45 των ανωτέρω τιμών.

5.4 Όρια επιτρεπτής έκθεσης

Τα όρια επιτρεπτής έκθεσης (EL) στις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες δίδονται σε E_{EL} (V/m) ή σε H_{EL} (A/m) ή σε S_{EL}(W/m^2 ή m/cm^2) ή σε $[S.t]_{EL}$(J/m^2 ή mJ/cm^2). Βασικό ζητούμενο στις εκπομπές των Radar, είναι η εφαρμογή της οριοθέτησης για το διαχωρισμό των ακτινοβολιών σε ασθενείς ή ισχυρές, με βάση τις βιολογικές επιπτώσεις που έχει αντιφατικές πλευρές. Δηλαδή η αναζήτηση, η διερεύνηση, η τεκμηρίωση, η αναγνώριση και η θέσπιση ορίων επικινδυνότητας με βιολογικά κριτήρια και φυσικές παραμέτρους. Με βάση τα πρότυπα για το οκτάωρο εργασίας η βιολογικά αποδεκτή έκθεση ολόκληρου του σώματος στα ραδιοηλεκτρικά κύματα δεν πρέπει να υπερβαίνει την

μέση, ανά εξάλεπτο, τιμή SAR=0.4 W/Kgr, ενώ η αντίστοιχη τιμή για την εικοσιτετράωρη έκθεση του πληθυσμού γενικά είναι SAR=0.08 W/Kgr.

Με βάση τις τιμές αυτές δίδονται στον επόμενο πίνακα τα όρια της επιτρεπτής έκθεσης για τις συχνότητες των Radar που συνιστά η παγκόσμια οργάνωση υγείας (WHO) σε συνεργασία με την επιτροπή μη-ιονιζουσών ακτινοβολιών της οργάνωσης προστασίας από τις ακτινοβολίες (International Radiation Protection Association, IRPA).

Πίνακας 6: Όρια επιτρεπτής έκθεσης

ΟΡΙΑ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ (EL)			
Συχνότητα F (MHz)	Ένταση Ηλεκτρικού πεδίου E_{EL}(V/m)	Ένταση Μαγνητικού πεδίου H_{EL} (A/m)	Ισοδύναμη Πυκνότητα ισχύος S_{EL} (W/m^2)
Εργαζόμενοι- (Μέσες τιμές έκθεσης ολόκληρου του σώματος για οποιοδήποτε εξάλεπτο κατά τη διάρκεια οκτάωρης εργασίας ανά εικοσιτετράωρο)			
10-400	61	0,16	10
400-2000	$3F^{1/2}$	0,008. $F^{1/2}$	F/40
2000-300.000	137	0,36	50
Πληθυσμός- (Μέσες τιμές έκθεσης ολόκληρου του σώματος για οποιοδήποτε εξάλεπτο κατά τη διάρκεια του εικοσιτεταράωρου)			
10-400	27,5	0,073	2
400-2000	1,375. $F^{1/2}$	0,0037. $F^{1/2}$	F/200
2000-300.000	61	0,16	10

Παρότι οι περισσότερες έρευνες και μελέτες έχουν καθησυχαστικό χαρακτήρα, υποστηρίζοντας ότι η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση προς το γενικότερο πληθυσμό από ραντάρ (ειδικά στρατιωτικών εγκαταστάσεων) είναι αμελητέα, διότι βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές, υπάρχει και η άποψη που υποστηρίζει το αντίθετο. Η άποψη, αυτή, βασίζεται σε μαρτυρίες ανθρώπων που ζουν κοντά σε μεγάλες στρατιωτικές βάσεις και σε στατιστικά στοιχεία θανάτων από λευχαιμία και καρκίνο στις περιοχές αυτές.

Μια τέτοια περίπτωση που ενισχύει την άποψη, αυτή, είναι το παράδειγμα της περιοχής Ακρωτηρίου της Κύπρου. Στην περιοχή, αυτή, είναι εγκατεστημένη η Βρετανική στρατιωτική βάση. Στο διάστημα 19 Απριλίου 1995 και 16 Αυγούστου 1997 οκτώ κάτοικοι Ακρωτηρίου ηλικίας 6 μέχρι 72 χρόνων απεβίωσαν μετά που προσβλήθηκαν από κάποιας μορφής καρκίνο, ενώ τα τελευταία πέντε χρόνια εμφανίστηκαν οκτώ περιστατικά λευχαιμίας από τα οποία τα επτά κατέληξαν σε θάνατο.

Ο τραγικός απολογισμός των θανάτων που σημειώθηκαν τα τελευταία χρόνια στην κοινότητα Ακρωτηρίου προβλημάτισε την επιστημονική κοινότητα. Η εγκληματική

αδιαφορία των βρετανικών βάσεων και η επίμονη τους να εγκαταστήσουν άλλη μία κεραία στη βάση Ακρωτηρίου, ξεσήκωσε την κοινότητα, αφού είναι αδύνατο να κλείσουν τα μάτια μπροστά στους απανωτούς θανάτους νεαρότατων παιδιών και να επιτρέψουν στους Βρετανούς να εξυπηρετήσουν τα δικά τους συμφέροντα, αδιαφορώντας παντελώς για την υγεία των κατοίκων του Ακρωτηρίου και για το βιότοπο της περιοχής.

Οι διαγνώσεις των εμπειρογνωμόνων που κλήθηκαν για να εξετάσουν κατά πόσο οι κεραίες των Βρετανών προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων, έρχονται σε αντιπαράθεση με τις διαγνώσεις των βρετανικών αρχών.

Συμφώνα με τις διαγνώσεις των Βρετανών, οι ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές τόσο από τη νέα κεραία, όσο και από αυτή που κατασκευάστηκε το 1998/9, εξετάστηκαν σχολαστικά από ανεξάρτητους συμβούλους οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος στους ανθρώπους από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που θα εκπέμπουν οι δύο νέες κεραίες, είτε μεμονωμένα, είτε σε συνδυασμό είναι αμελητέος.

Ωστόσο, συμφώνα με τον αν. καθηγητή του Πανεπιστημίου Κύπρου Πάνο Ραζή, πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες καταδεικνύουν ότι για πολύ χαμηλές συχνότητες, που έχουν να κάνουν με το δίκτυο και τις εγκαταστάσεις μμεταφοράς και παροχής ηλεκτρικής ισχύος, διπλασιάζεται ο κίνδυνος ανάπτυξης καρκίνου και λευχαιμίας σε μικρά παιδιά που κατοικούν γύρω από τις εγκαταστάσεις αυτές.

Να σημειώσουμε εδώ ότι η δισδιάστατη στοιχειό-κεραία που πρόκειται να τοποθετήσουν οι Βρετανοί στη βάση Ακρωτηρίου, είναι εφοδιασμένη με ανακλαστήρα στο πίσω μέρος, ώστε να διασφαλίζεται η κατευθυντικότητα των σημάτων της συμφώνα με τις ανάγκες του στρατιωτικού ρόλου που πρόκειται να επιτελέσει. Η εν λόγω κεραία εκτιμάται ότι θα δρα και ως πομπός και ως δέκτης σε συγκεκριμένες συχνότητες στην περιοχή 6-11 MHz.

Ο κ. Ραζής κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, υπάρχει βάσιμη υποψία επίδρασης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία και για τις ενδιάμεσες συχνότητες όπως αυτές στις οποίες σχεδιάζεται να λειτουργήσει η νέα κεραία κι αυτές στις οποίες λειτουργεί η ήδη εγκατεστημένη. [86][87][81][83]

5.5 Συμπεράσματα

Τα Radar ακτινοβολούν με μέτρια έως και εξαιρετικά υψηλή πυκνότητα ισχύος. Η λειτουργία τους είναι επιτακτική ανάγκη να διέπεται από τις αρχές της ακτινοπροστασίας, διότι μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα από παρεμβολές ή βλάβη της υγείας από απορρόφηση ισχύος στους ιστούς του οργανισμού. Εάν από τα στοιχεία του Radar προκύπτει ότι η έκθεση θα υπερβαίνει τα EL, τότε πρέπει να υπολογιστεί, να επιβεβαιωθεί με μετρήσεις και όπου είναι δυνατό να οριοθετηθεί η ζώνη επικινδυνότητας.

Χρειάζεται επίσης να υπάρχουν λεπτομερείς κανονισμοί και οι αρχές να ενημερώνουν περιοδικά τους χρήστες. Η έκθεση κάποιου από το κοινό μέσα στον λοβό της κεραίας ορισμένων παλμικών Radar (S, X & K band) έχει ζώνη βιολογικής επικινδυνότητας με ακτίνα R_{NHZ} 4,9m - 22,7m. Οι εργαζόμενοι μόνο πρόσκαιρα μπορεί να προσεγγίζουν σε απόσταση μικρότερη από 0,45 . R_{NHZ}.

Στα ίδια Radar είναι πολλαπλάσια (10~1000 και πλέον) η ακτίνα R_{EMI} της ζώνης παρεμβολών από την ράδιο-ανίχνευση (in band EMI). Η έκθεση των τροχονόμων μέσα στον κύριο λοβό της κεραίας των Radar της τροχαίας CW (X & K band) έχει ζώνη

βιολογικής επικινδυνότητας με ακτίνα R_{NHZ} 0,6m, εάν το Radar λειτουργεί σε ανοικτό πεδίο χωρίς ανακλάσεις. Η χρήση των Radar αυτών μέσα στη καμπίνα του περιπολικού είναι επιβλαβής για τους επιβαίνοντες.

Λόγω ελλιπής επιστημονικής έρευνας, υπάρχει εκκρεμότητα στην οριοθέτηση με βάση τις μη θερμικές βιολογικές επιπτώσεις, στις οποίες υπάρχουν πολλές φυσικές και βιολογικές παράμετροι, με αντιλεγόμενες καταστάσεις και διισταμένες απόψεις. Παρά ταύτα σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και της Ασίας υπάρχουν όρια επιτρεπτής έκθεσης κατά χίλιες φορές και πλέον αυστηρότερα από αυτά της IRPA που στηρίζονται και στην αποφυγή μη θερμικών επιπτώσεων.

6. ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΑ ΗΜ ΠΕΔΙΑ

6.1 Διεθνή όρια έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Σε όλο τον κόσμο, διεθνείς οργανισμοί και χώρες έχουν προχωρήσει στη σύσταση ορίων ασφαλείας για την έκθεση σε μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το 1974 η Διεθνής Επιτροπή Ακτινοπροστασίας (International Radiation Protection Association, IRPA) συνέστησε ομάδα εργασίας για τη μελέτη προβλημάτων που σχετίζονται με τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία, σε συνεργασία με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization, WHO).

Σήμερα, με σκοπό τη διασφάλιση της υγείας των ανθρώπων από τυχόν επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έως και την περιοχή του φάσματος των ραδιοσημάτων (0 – 300GHz), έχουν τεθεί διεθνή πρότυπα που θεσπίζουν όρια έκθεσης στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Κάθε χώρα θέτει τα δικά της εθνικά πρότυπα και όρια για την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ωστόσο, η πλειονότητα των εθνικών προτύπων και ορίων βασίζονται στις Οδηγίες που ορίζονται από την Διεθνή Επιτροπή Προστασίας από τη Μη Ιονίζουσα Ακτινοβολία (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP). Πρόκειται για ένα μη κυβερνητικό επιστημονικό οργανισμό, επίσημα αναγνωρισμένο από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

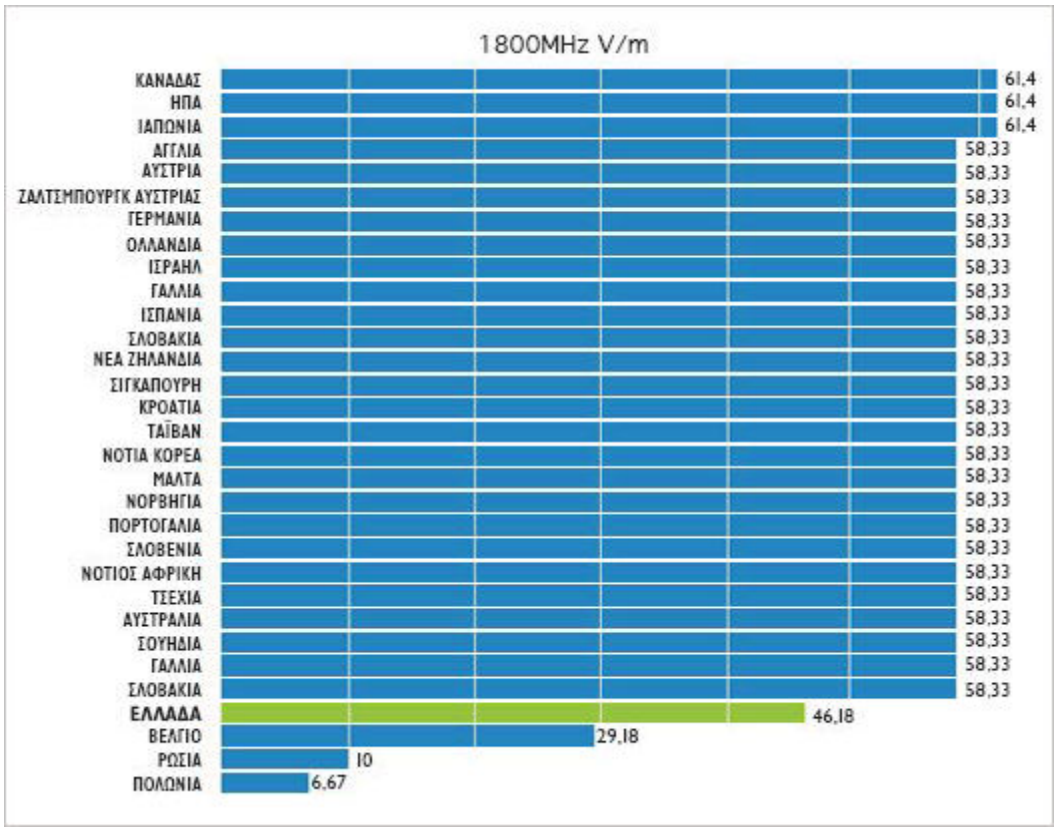
Η ICNIRP δημιουργήθηκε το 1992 και μελετά και αξιολογεί τα επιστημονικά αποτελέσματα των ερευνών από ολόκληρο τον κόσμο και εκδίδει οδηγίες με τις οποίες συνιστά συγκεκριμένα όρια για την έκθεση των ανθρώπων στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Σε τακτά χρονικά διαστήματα, η ICNIRP εξετάζει αναλυτικά τη διεθνή έρευνα και βιβλιογραφία και επαναξιολογεί τις οδηγίες που έχει εκδόσει.

Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγίες της ICNIRP έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CENELEC (Commite Europeen de Normalisation Electrotechnique) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατά τη σύνταξη του ισχύοντος προτύπου για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Στις ΗΠΑ, τα όρια ασφαλείας για την έκθεση σε RF ακτινοβολία βασίζονται στις οδηγίες του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) και έχουν υιοθετηθεί από το Αμερικανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης (American National Standards Institute, ANSI).

Σε συχνότητες υψηλότερες του 1 MHz, η θέσπιση ορίων ασφαλούς έκθεσης βασίζεται αποκλειστικά στα θερμικά αποτελέσματα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Το βασικό μέγεθος για την ποσοτικοποίηση των θερμικών επιδράσεων είναι ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης. Η θέσπιση ορίων ασφαλείας από τη CENELEC και άλλες επιτροπές τυποποίησης για ολόσωμη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει βασιστεί στην πρόληψη διαταραχών στη συμπεριφορά που παρατηρούνται σε ζώα κατά την έκθεση τους σε χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας.

Ο όρος «διαταραχές συμπεριφοράς» αναφέρεται στην τάση των ζώων να σταματούν την εκτέλεση μιας πολύπλοκης γνωσιακής λειτουργίας όταν εκτίθενται σε ορισμένη ποσότητα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Πρόκειται για θερμική επίδραση που παρατηρείται για Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης ίσο με 4 W/kg σωματικού βάρους, υπολογισμένο ως μέση τιμή σε ολόκληρο το σώμα. Θέτοντας ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με 10, καθορίστηκε η μέγιστη επιτρεπτή τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης για τον άνθρωπο (επαγγελματική έκθεση) σε 0.4 W/kg και θέτοντας έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας ίσο με 5 για το γενικό πληθυσμό καθορίστηκε αντίστοιχη μέγιστη τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης ίση με 0.08 W/kg, υπολογισμένη ως μέση τιμή για ολόκληρο το σώμα και για χρονικό διάστημα μέτρησης 6 min.

Επιπλέον, το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 12 Ιουλίου του 1999 υιοθέτησε τις οδηγίες της ICNIRP και εξέδωσε τη Σύσταση «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0Hz-300GHz» L199, 1999/519/EC. Η σύσταση αυτή έχει υιοθετηθεί από τα περισσότερα Κράτη Μέλη, συμπεριλαμβανομένων και των νέων Κρατών Μελών. Εξαίρεση αποτελούν ορισμένες χώρες, όπως η Ελλάδα, που έχουν μειώσει τα όρια περισσότερο. Ακόμη, η ασφάλεια του εξοπλισμού των σταθμών βάσης και των κινητών τηλεφώνων ρυθμίζεται από ένα σύνολο οδηγιών της Κοινότητας, όπως η οδηγία R&TTE της 9ης Μαρτίου 1999. Στο παρακάτω Γράφημα (Γράφημα 4) φαίνονται τα όρια που έχουν θέσει διάφορες χώρες για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. [88] [6] [7]



Γράφημα 3: Τα όρια που έχουν θέσει διάφορες χώρες για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

6.1.1 Προσωπικά δοσίμετρα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Στους χώρους, όπου υπάρχει εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σε ποσοστά, τα οποία ξεπερνούν τα καθιερωμένα πρότυπα ασφαλείας, δηλαδή χώρους όπου υπάρχουν εγκατεστημένες κεραίες, ή χώρους στους οποίους εκπέμπονται ποσοστά ακτινοβολίας επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, θα πρέπει να παρθούν κάποια ισχυρά μέτρα προστασίας.

Τα μέτρα, αυτά, είναι αναγκαία, για τους ανθρώπους, εκείνους, που εκτίθενται στην ακτινοβολία, λόγω της επαγγελματικής τους ιδιότητας. Στους χώρους, εκείνους, όπου βρίσκονται εγκατεστημένες κεραίες, θα πρέπει να εκτελούνται εργασίες μόνο όταν οι συγκεκριμένες κεραίες, στις οποίες θα πραγματοποιηθούν οι εργασίες, έχουν παύσει τη λειτουργία τους.
Επίσης, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των εργασιών, δε θα ενεργοποιηθούν οι συγκεκριμένοι πομποί που είναι συνδεδεμένοι με τις κεραίες, στις οποίες πραγματοποιούνται οι εργασίες. Εξαιτίας, όμως, των κακών σχεδιασμών και τη μη λήψη των απαιτούμενων μέτρων, αυτό είναι δύσκολο να διασφαλιστεί.

Ένα μέτρο που είναι αποτελεσματικό, για την προστασία των επαγγελματικά

εκτιθέμενων, είναι η χρήση προσωπικών δοσιμέτρων, από τους εργαζόμενους σε τέτοιου είδους, επαγγελματικούς χώρους. Δηλαδή σε πάρκα κεραιών, ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς, νοσοκομεία, ακτινολογικά εργαστήρια, επιστημονικά και ερευνητικά εργαστήρια, στρατιωτικές βάσεις κ.τ.λ. Τα προσωπικά δοσίμετρα είναι ανιχνευτές κατωφλίου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπου το κατώφλι, αυτό τίθεται, συνήθως στο 50%, των ορίων για τους επαγγελματικά εκτεθειμένους.

Στην περίπτωση όπου κάποιος εργαζόμενος βρεθεί σε περιοχή, όπου οι τιμές της ακτινοβολίας, ξεπερνούν το κατώφλι του προσωπικού δοσιμέτρου, τότε παράγεται από αυτό ένας ήχος, που προειδοποιεί το χρήστη, ότι βρίσκεται σε περιοχή, όπου υπάρχει εκπομπή μεγάλων ποσοστών ακτινοβολίας. Τα δοσίμετρα, αυτά, είναι κατασκευασμένα, έτσι ώστε να λειτουργούν σε μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλους τους χώρους, όπου υπάρχει παρουσία ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ειδικότερα για τους χώρους, εκείνους, στους οποίους, είναι εγκατεστημένες κεραίες, οι εργαζόμενοι θα πρέπει να τοποθετούν το δοσίμετρο κοντά στην κεραία για μικρό χρονικό διάστημα (συνήθως 30 sec). Εάν η κεραία, είναι ενεργή τότε θα ηχήσει το προειδοποιητικό σήμα του δοσιμέτρου. Η χρήση των δοσιμέτρων, διασφαλίζει τους εργαζόμενους, ότι εκτελούν τις εργασίες τους σε ασφαλές περιβάλλον. Το δοσίμετρο, θα πρέπει, πάντα, να τοποθετείται, στα σημεία του σώματος του εργαζομένου, που θεωρούνται, ότι εισέρχονται σε υψηλές τιμές πεδίων.

Τέλος, τα πιο σύγχρονα και εξελιγμένα, τεχνολογικά δοσίμετρα, έχουν τη δυνατότητα να δίνουν και ένδειξη της επί τοις εκατό έκθεσης που δέχεται ο επαγγελματικά εκτιθέμενος σε σχέση με τα καθιερωμένα πρότυπα και όρια ασφαλείας. [89][93][99]

6.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένη να τηρεί τους Κανονισμούς της Ε.Ε. και να εναρμονίζει την εθνική νομοθεσία με την ευρωπαϊκή, η οποία παίρνει την μορφή Οδηγιών και Αποφάσεων. Έτσι από το ελληνικό κοινοβούλιο τα τελευταία χρόνια έχουν ψηφιστεί μια σειρά Νόμων, Υπουργικών Αποφάσεων κλπ διέπει το καθεστώς λειτουργίας της Κινητής Τηλεφωνίας στη χώρα μας.

Α) Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 53571/3839, «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά», (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) και

Β) Νόμος 3431/2006 «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις», (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006, Άρθρο 31).

Γ) "Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 2300 ΕΦΑ (493), ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008.

Δ) "Όροι, προϋποθέσεις, όργανα και διαδικασία χορήγησης αδειών σκοπιμότητας και αδειών λειτουργίας για εγκατάσταση και λειτουργία μηχανημάτων ιοντιζουσών και μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών", Απόφαση αριθμ. ΔΥΓ2/Γ.Π.οικ 154949, ΦΕΚ 1918/Β/10.12.2010.

Ε) Εγκύκλιος Ε.Ε.Α.Ε.
Θέμα : Καθορισμός ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του Ν. 3431/2006 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006). [90][91]94]

Θέσεις εταιρειών κινητής τηλεφωνίας

Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας επικαλούνται την άποψη του παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, σύμφωνα με τον οποίο τα όρια που προτείνουν οι οδηγίες της ICNIRP τις οποίες ακολουθούν πολλές χώρες , έχουν βασιστεί σε προσεκτική μελέτη του συνόλου της σχετικής επιστημονικής βιβλιογραφίας.

Λαμβάνουν υπόψη τους όλες τις γνωστές επιδράσεις και προσφέρουν προστασία απέναντι σε όλους τους εξακριβωμένους κινδύνους από έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία Μάλιστα, οι οδηγίες της ICNIRP έχουν εφαρμόσει έναν παράγοντα ασφαλείας 50, χαμηλότερα από την οριακή τιμή κάτω από την οποία δεν έχουν αναφερθεί αρνητικά φαινόμενα στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι θέσεις των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας που δραστηριοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα παρατίθενται κατωτέρω:

6.3.1 Περί θερμικών φαινομένων

Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνία υποστηρίζουν, ότι τα θερμικά φαινόμενα, εμφανίζονται μόνον όταν η ένταση των ραδιοκυμάτων είναι πολύ υψηλή. Η ενέργεια των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων απορροφάται από τους βιολογικούς ιστούς και προκαλεί κινητικότητα των μορίων, η οποία λόγω τριβής, οδηγεί σε παραγωγή θερμότητας. Οι συνήθεις θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί του σώματος (όπως πχ. η κυκλοφορία του αίματος) απάγουν την παραγόμενη αυτή θερμότητα, όπως γίνεται όταν ζεσταινόμαστε π.χ. από την ηλιακή ακτινοβολία.

Τα θερμικά φαινόμενα δεν έχουν μακροχρόνια επίδραση, καθώς, αφ’ ενός υποχωρούν μόλις σταματήσει η έκθεση και αφ’ ετέρου είναι αμελητέα ή ακόμα, δεν εμφανίζονται καθόλου σε χαμηλές τιμές έντασης των ραδιοκυμάτων, όπως αυτές των κεραιών της κινητής τηλεφωνίας.

Επιπλέον, στα όρια ασφαλούς έκθεσης που έχουν καθοριστεί, εμπεριέχονται υψηλοί συντελεστές ασφαλείας (50 φορές πιο κάτω). Αυτό με απλά λόγια σημαίνει ότι, εάν τα ανεπιθύμητα φαινόμενα εμφανίζονται για τιμές πεδίων 100, δεν υιοθετήθηκε η τιμή αυτή ως όριο αλλά διαιρέθηκε δια 50 (100/50=2) και θεσμοθετήθηκε ως όριο ασφαλείας το 2. Δεδομένου λοιπόν ότι οι εκπομπές διατηρούνται χαμηλότερα από αυτή την τιμή (2), δεν υφίσταται κανένας λόγος ανησυχίας. Πολύ περισσότερο, αφού οι κεραίες κινητής τηλεφωνίας εκπέμπουν έως και χιλιάδες φορές χαμηλότερα από τα θεσπισμένα όρια ασφαλούς έκθεσης (δηλαδή έως και χιλιάδες φορές χαμηλότερα από την τιμή 2 στο παράδειγμά μας). [88][6][90][93][95]

6.3.2 Περί ορίων έκθεσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο με την οδηγία R&TTE της 9ης Μαρτίου 1999., εξασφαλίζεται ένα υψηλό επίπεδο προστασίας, ασφάλειας και υγείας για τους χρήστες στην εσωτερική αγορά. Για να εξασφαλιστεί ότι οι Ευρωπαίοι Πολίτες δεν εκτίθενται πέρα από τα όρια ασφάλειας της σύστασης του Συμβουλίου, οι Ευρωπαϊκές Οργανώσεις Τυποποίησης (όπως η CENELEC) έχουν κληθεί να αναπτύξουν πρότυπα προϊόντων.

6.3.3 Τα όρια σήμερα στην Ελλάδα

Με βάση τη Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που βασίζεται στις οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και της ICNIRP, η ελληνική κυβέρνηση εξέδωσε το 2000 την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ), «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά» (Αρ. 53571/3839, ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000). Σύμφωνα με την ΚΥΑ, θεσμοθετήθηκε η μείωση των ορίων κατά 20% σε σχέση με τη Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Με τον 3431/06 Νόμο «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006)που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, καθορίστηκαν νέα, ακόμη αυστηρότερα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού. Ο Νόμος, τον οποίο συνυπογράφουν οι Υπουργοί Εσωτερικών, Άμυνας, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, Οικονομίας & Οικονομικών, Υγείας & Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Ανάπτυξης, Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων, Δικαιοσύνης και Επικρατείας μειώνει τα διεθνή όρια της ICNIRP κατά 30%. Με άλλα λόγια, τα θεσμοθετημένα όρια στη χώρα μας είναι κατά 30% αυστηρότερα από εκείνα που ορίζουν οι διεθνείς οδηγίες και έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση και θεωρούνται από τα αυστηρότερα της Ευρώπης. Επιπλέον, καθορίζει ελάχιστη απόσταση 300 μέτρων από σχολεία, βρεφονηπιακούς σταθμούς, γηροκομεία, νοσοκομεία, εντός της οποίας μειώνει κατά ακόμα 10% τα όρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα όρια περιορίζονται μόλις στο 60% εκείνων που έχει συστήσει η ΕΕ και η ICNIRP.

Επιπλέον, σύμφωνα με τις εταιρείες κινητές τηλεφωνίας, η απαγόρευση εγκατάστασης κεραιών κινητής τηλεφωνίας επί κτιρίων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων βασίζεται κυρίως σε συναισθηματικούς και ψυχολογικούς λόγους και όχι σε επιστημονικά δεδομένα ή ευρήματα. Η ισχύς της ακτινοβολίας και όχι η απόσταση μιας κεραίας είναι ο κατάλληλος δείκτης για τη μέτρηση των τυχόν επιπτώσεων στην υγεία των πολιτών.

6.3.4 Έλεγχος της τήρησης των ορίων στην Ελλάδα

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) είναι η αρμόδια αρχή για την προστασία του πληθυσμού και του περιβάλλοντος από τις ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας υποβάλλουν στην ΕΕΑΕ για κάθε κεραία που πρόκειται να εγκαταστήσουν μια Μελέτη Ραδιοεκπομπών. Η μελέτη ραδιοεκπομπών πρέπει να αποδεικνύει ότι με την εγκατάσταση της συγκεκριμένης κεραίας τηρούνται τα όρια εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως αυτά καθορίζονται από την εθνική νομοθεσία. Η ΕΕΑΕ, εφόσον εγκρίνει τη μελέτη εκδίδει και τη σχετική γνωμάτευση.

Επιπλέον, η ΕΕΑΕ, είτε η ίδια, είτε μέσω εξουσιοδοτημένων συνεργείων της υποχρεούται από τον Νόμο να ελέγχει την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με τρόπο δειγματοληπτικό και χωρίς προηγούμενη προειδοποίηση, τουλάχιστον στο 20% των εγκατεστημένων κεραιών ετησίως, που βρίσκονται σε κατοικημένες περιοχές εντός των πόλεων. Επιπλέον, ο Νόμος δίνει τη δυνατότητα σε οποιοδήποτε να ζητήσει με αίτηση του από την ΕΕΑΕ να κάνει μετρήσεις σε όποιο σημείο τον ενδιαφέρει.

Εκτός από την Ε.Ε.Α.Ε., μετρήσεις γίνονται και από μεγάλα Πανεπιστημιακά ιδρύματα όπως το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, το Τ.Ε.Ι. Κρήτης και άλλα Ιδρύματα.

6.3.5 Συμπεράσματα

Ο θόρυβος γύρω από τον κίνδυνο που μπορεί να επιφέρει στην ανθρώπινη υγεία η λειτουργία των Σταθμών Βάσης κινητής τηλεφωνίας δεν είναι δικαιολογημένος καθώς είναι αποτέλεσμα ελλιπούς ή λανθασμένης ενημέρωσης.

Οι αρμόδιοι φορείς διαβεβαιώνουν ότι από τους Σταθμούς Βάσης κινητής τηλεφωνίας δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος για την υγεία των πολιτών, εφόσον τηρούνται τα αυστηρά όρια ασφαλείας.

Μάλιστα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας σημειώνει ότι ο φόβος των ανθρώπων σε πολλές περιπτώσεις οφείλεται στα ΜΜΕ που δημοσιεύουν νέες και μη επιβεβαιωμένες επιστημονικές μελέτες, καλλιεργώντας έτσι ένα αίσθημα ανησυχίας και την αντίληψη ότι ενδέχεται να υπάρχουν άγνωστοι ή μη ανιχνεύσιμοι κίνδυνοι.

Οι θέσεις της Ε.Ε.Τ.Τ.

6.4.1 Έκθεση του ανθρωπίνου σώματος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία Ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ)

Τα βιολογικά αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπινου σώματος και των κυττάρων του σε εξωτερικά πεδία ΡΣ εξαρτώνται κυρίως από τη συχνότητα και την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στις ραδιοσυχνότητες, η ακτινοβολία απορροφάται μερικώς και διεισδύει σε μικρό μόνο βάθος μέσα στο σώμα.

Η ενέργεια αυτών των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων απορροφάται και προκαλεί την κίνηση των μορίων. Η τριβή και οι κρούσεις μεταξύ των ταχέως κινουμένων μορίων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Δύο περιοχές του σώματος, τα μάτια και οι όρχεις, είναι ιδιαιτέρως ευπαθείς στη θέρμανση ΡΣ διότι χαρακτηρίζονται από χαμηλή αιματική κυκλοφορία και, συνεπώς, ανεπαρκή απαγωγή της αυξημένης θερμότητας. Τα επίπεδα έντασης των πεδίων ΡΣ στα οποία συνήθως εκτίθεται το κοινό στο καθημερινό περιβάλλον του είναι πολύ ασθενέστερα σε σχέση με αυτά που απαιτούνται για να προκληθεί αξιοσημείωτη τοπική θέρμανση ή αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Εκτός, όμως, από τα γνωστά θερμικά αποτελέσματα, υπάρχει σήμερα αυξημένο ενδιαφέρον για τη μελέτη ύπαρξης και άλλων μη θερμικών μηχανισμών αλληλεπίδρασης των ραδιοκυμάτων με τους βιολογικούς ιστούς. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, τα ραδιοκύματα μπορούν να προκαλέσουν μη θερμικές βιολογικές επιδράσεις σε καλλιέργειες κυττάρων ή πειραματόζωα, χωρίς, ωστόσο, αυτές οι επιδράσεις να σχετίζονται άμεσα με την πρόκληση κάποιας βλάβης στον ανθρώπινο οργανισμό. Επιπλέον, σε μερικές από τις μελέτες αυτές, τα αποτελέσματα εμφανίζονται αντιφατικά, ενώ σε κάποιες άλλες δεν έγινε δυνατό να επαναληφθούν. Είναι φανερό ότι υπάρχει αβεβαιότητα και ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των μηχανισμών που σχετίζονται με μη θερμικά φαινόμενα και τη συσχέτισή τους με επιβλαβείς βιολογικές επιδράσεις και ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία. Η έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο συνεχίζεται υπό το συντονισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. [95][96][97]

6.5 Συμπεράσματα της επιστημονικής έρευνας

Ως προς τα πεδία ΡΣ, η πλειοψηφία των επιστημονικών συμπερασμάτων συγκλίνει στο ότι η έκθεση σε χαμηλού επιπέδου πεδία ΡΣ (όπως εκείνα που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα και από τους σταθμούς βάσης) δεν προκαλούν επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία. Ορισμένοι επιστήμονες αναφέρουν δευτερεύοντα αποτελέσματα από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων, τα οποία συμπεριλαμβάνουν μεταβολές στην εγκεφαλική δραστηριότητα, το χρόνο αντίδρασης και τα πρότυπα του ύπνου. Από τη μέχρι σήμερα επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων, φαίνεται ότι εντάσσονται εντός των φυσιολογικών ορίων της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Σήμερα, οι ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται στη διερεύνηση της πιθανότητας να προκαλείται σημαντική θερμοκρασιακή αύξηση και επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία από τη μακροπρόθεσμη έκθεση σε πεδία ΡΣ χαμηλής έντασης.

Ορισμένες πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες για τη χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν κατέληξαν σε πειστικές αποδείξεις σχετικά με αύξηση του κινδύνου του καρκίνου του εγκεφάλου. Ωστόσο, η τεχνολογία είναι πολύ πρόσφατη για να μπορούν να αποκλειστούν πιθανά μακροπρόθεσμα αποτελέσματα.

Τα κινητά τηλέφωνα και οι σταθμοί βάσης δημιουργούν αρκετά διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά έκθεσης. Η έκθεση σε πεδία ΡΣ είναι πολύ υψηλότερη για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων σε σχέση με αυτούς που κατοικούν πλησίον σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας. Εκτός από σήματα που εκπέμπονται περιοδικά για τη διατήρηση της σύνδεσης με τους γειτονικούς σταθμούς βάσης, τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν μόνο κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Αντίθετα, αν και οι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας εκπέμπουν συνεχώς, τα επίπεδα στα οποία εκτίθεται το κοινό είναι ιδιαιτέρως χαμηλά, ακόμα και για όσους κατοικούν πολύ κοντά στην εγκατάσταση.

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

Για την περίπτωση των σταθμών βάσης κινητών επικοινωνιών, η στάθμη 4.5 W/m2 ή 9 W/m2 εξασφαλίζει την προστασία του γενικού πληθυσμού που εκτίθεται στην ακτινοβολία του μακρινού πεδίου της κεραίας στις συχνότητες των 900 MHz και των 1800 MHz, αντίστοιχα (ICNIRP). Σύμφωνα με τον ισχύοντα Νόμο, στην Ελλάδα τα όρια είναι ακόμη αυστηρότερα. Οι αντίστοιχες στάθμες για την προστασία του κοινού είναι 3.15 W/m2 και 6.3 W/m2 για τους σταθμούς βάσης που λειτουργούν στις συχνότητες 900 MHz και 1800 MHz, αντίστοιχα. Σε περίπτωση εγκατάστασης κεραιών σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, οι αντίστοιχες στάθμες είναι 2.7 W/m2 και 5.4 W/m2 για σταθμούς βάσης που λειτουργούν στις συχνότητες 900 MHz και 1800 MHz, αντίστοιχα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα ΡΣ που εκπέμπονται από τις κεραίες των σταθμών βάσης διαδίδονται σε σχετικά στενές δέσμες περί τον ορίζοντα. Όπως συμβαίνει με όλες τις μορφές ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η ισχύς μειώνεται σημαντικά με την απομάκρυνση από την κεραία. Συνεπώς, τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ΡΣ στο έδαφος είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά κοντά στην κεραία ή στο εσωτερικό της στενής δέσμης εκπομπής της κεραίας. Στην πραγματικότητα, οι μετρήσεις που διεξάγονται στην κοντινή περιοχή των σταθμών βάσης κινητών επικοινωνιών τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, έχουν επιβεβαιώσει ότι η ακτινοβολία στο επίπεδο του εδάφους είναι χιλιάδες φορές χαμηλότερη από τα επίπεδα αποδεκτής έκθεσης που προτείνονται στις οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ΡΣ. [94][95][96]

6.6 Οι θέσεις της Ε.Ε.Α.Ε.

6.6.1 Πηγές μη ιονιζουσών ακτινοβολιών

Μη ιονίζουσες είναι οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που είναι ανίκανες να προκαλέσουν βιολογικές επιδράσεις λόγω ιοντισμού. Στις ακτινοβολίες αυτές εντάσσονται τα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία όπως είναι αυτά που δημιουργούνται στο φυσικό περιβάλλον, τα χαμηλά σε συχνότητα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο περιβάλλον διατάξεων ηλεκτρικής ενέργειας, τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα που εκπέμπονται από κεραίες επικοινωνιών (π.χ. σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας), κεραίες ραδιοφωνίας και τηλεόρασης, συστημάτων ραντάρ κ.ά. καθώς και η υπεριώδης, η ορατή και η υπέρυθρη ακτινοβολία.

6.6.2 Σύστημα ακτινοπροστασίας

Οι βλαβερές επιδράσεις στην υγεία που είναι γνωστές για τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι αυτές που προκύπτουν κατά την διάρκεια ή αμέσως μετά το πέρας της έκθεσης και προκύπτουν μόνο όταν υπερβαίνονται κάποια κατώφλια-στάθμες επιπέδων έκθεσης. Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κάθε ανθρώπου και το γεγονός ότι στο γενικό πληθυσμό υπάρχουν και ειδικές ομάδες ατόμων όπως μικρά παιδιά, ασθενείς, ηλικιωμένοι, έγκυες, προκύπτουν «βασικοί περιορισμοί» που η τήρησή τους εξασφαλίζει και την απουσία των βλαβερών επιδράσεων στην υγεία. Οι βασικοί περιορισμοί προκύπτουν από τα κατώφλια των αποδεδειγμένων βλαβερών επιδράσεων στην υγεία αφού υιοθετηθούν μεγάλοι συντελεστές ασφαλείας π.χ. για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο φάσμα 0- 300GHz, της τάξης του 50.

Οι βασικοί περιορισμοί όμως στην πλειονότητά τους δεν αφορούν άμεσα μετρήσιμα μεγέθη στο περιβάλλον διατάξεων εκπομπής, αλλά επαγόμενα μεγέθη στο εσωτερικό του σώματος των ανθρώπων που είναι δύσκολο να μετρηθούν. Για τον λόγο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τις δυσμενέστερες συνθήκες σύζευξης της ακτινοβολίας με τον άνθρωπο, προκύπτουν «επίπεδα αναφοράς» που είναι εύκολα μετρήσιμες παράμετροι της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και η τήρησή τους εξασφαλίζει και την τήρηση του βασικού περιορισμού και κατά συνέπεια την απουσία των βλαβερών επιδράσεων στην υγεία.

Σε ό,τι αφορά τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο εύρος συχνοτήτων 0-300GHz, η ελληνική νομοθεσία σε συνέχεια συστάσεων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, της Διεθνούς Επιτροπής για την προστασία από τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υιοθέτησε βασικούς περιορισμούς και επίπεδα αναφοράς και εξέδωσε όρια για την ασφαλή έκθεση του κοινού στο περιβάλλον διατάξεων εκπομπής χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων σε όλο το φάσμα των σύγχρονων εφαρμογών και υπηρεσιών.

Η ΕΕΑΕ μέσω ελέγχων και επί τόπου μετρήσεων, καταγράφει τα επίπεδα της έκθεσης του γενικού πληθυσμού και διασφαλίζει την τήρηση των θεσμοθετημένων ορίων σε όλους τους ελεύθερα προσπελάσιμους από το κοινό χώρους στο περιβάλλον σταθμών κεραιών και διατάξεων ηλεκτρικής ενέργειας, προδιαγράφοντας ειδικά μέτρα προφύλαξης του κοινού (όπου είναι αυτά απαραίτητα). [88][94][95][99]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ιονίζουσα ακτινοβολία είναι το μέρος, εκείνο, του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, το οποίο έχει μελετηθεί, σε μεγάλο ποσοστό, από τους ερευνητές. Μέχρι και πριν λίγες δεκαετίες, η μελέτη των επιδράσεων της ακτινοβολίας, αναφερόταν μόνο την ιονίζουσα ακτινοβολία, καθώς οι μελέτες για τις επιδράσεις της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας, άρχισαν μόλις πριν λίγες δεκαετίες.

Στις μέρες μας, είναι, γνωστές, στο ευρύ κοινό, οι επιδράσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας, καθώς και οι κίνδυνοι που απορρέουν, για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έτσι, λοιπόν, έχουν θεσπιστεί κανόνες και μέτρα προστασίας, για το γενικότερο πληθυσμό και τους επαγγελματικά εκτιθέμενους στην ιονίζουσα ακτινοβολία. Ο βαθμός επικινδυνότητας της μη ιονίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας δεν έχει μέχρι στιγμής βρεθεί από την επιστήμη.

Αυτό το συμπεραίνουμε από τα διαφορετικά και πολλές φορές αντικρουόμενα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν οι επιστήμονες οι όποιοι ασχολούνται με το συγκεκριμένο θέμα. Οι επιστήμονες αυτοί έχουν χωριστεί σε δυο ομάδες. Η μια υποστηρίζει ότι ο κίνδυνος που διατρέχουμε εξαιτίας της μη ιονίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας είναι αμελητέος έως ανύπαρκτος, ενώ η άλλη υποστηρίζει και μάλιστα πολύ θερμά το αντίθετο. Βέβαια, η αλήθεια είναι μία και πρέπει να αποκαλυφθεί το συντομότερο δυνατόν, αφού η Η/Μ ακτινοβολία είναι κάτι στο οποίο είμαστε αναγκασμένοι να εκτιθέμεθα καθημερινά.

Ευτυχώς, φαίνεται ότι το θέμα έχει αρχίσει να απασχολεί μια ήδη μεγάλη και συνεχώς αυξανόμενη μερίδα ανθρώπων, με αποτέλεσμα οι μελέτες να γίνονται πιο εντατικές. Παρότι ο βαθμός επικινδυνότητας, όπως είπαμε παραπάνω, δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς, εντούτοις πιστεύουμε ότι η συνετή αντιμετώπιση του προβλήματος θα ήταν πολύ λογική, έτσι ώστε να αποφύγουμε τυχόν δυσάρεστες συνέπειες στο μέλλον.

Λέγοντας ‘συνετή αντιμετώπιση’ εννοούμε την ενδελεχή και ανθρωποκεντρική επιβολή περιοριστικών κανονισμών, από μέρους των πολιτών, αλλά και από μέρους των διαφόρων κρατών και εταιριών παγκοσμίως, με σκοπό τον μετριασμό η εκμηδένιση των βλαπτικών επιρροών των ακτινοβολιών αυτών στην ανθρώπινη κοινωνία. Τα κράτη και οι διάφορες εταιρίες που η δραστηριότητά τους είναι σχετική με το θέμα (Δ.Ε.Η., εταιρείες κινητής τηλεφωνίας, εταιρίες κατασκευής ηλεκτρονικών συσκευών, κλπ.) θα πρέπει να μελετούν επιμελέστερα οτιδήποτε σχέδια έχουν να κάνουν με εγκαταστάσεις επιβαρυντικές προς το περιβάλλον και κατά συνέπεια προς τους ίδιους τους ανθρώπους.

Θα πρέπει επίσης να μελετήσουν τρόπους μείωσης της εκπομπής Η/Μ ακτινοβολίας αυτών των εγκαταστάσεων (υποσταθμού ενέργειας, καλώδια υψηλής τάσης κ.α.) ή συσκευών (κινητά τηλέφωνα, Η/Υ, τηλεοράσεις κ.α.) στο ελάχιστο. Έτσι θα πρέπει πολιτεία και οι διεθνείς οργανισμοί με τις ενέργειες τους να υποστηρίξουν και να ενισχύσουν την επιστημονική έρευνα γύρω από το θέμα, όπως επίσης και να εγγυηθούν την ανεξαρτησία της καθώς και την αντικειμενικότητα των επιτροπών που συγκροτούν για την μελέτη του προβλήματος.

Τα Radar ακτινοβολούν με μέτρια έως και εξαιρετικά υψηλή πυκνότητα ισχύος. Η λειτουργία τους είναι επιτακτική ανάγκη να διέπεται από τις αρχές της ακτινοπροστασίας, διότι μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα από παρεμβολές ή βλάβη της υγείας από απορρόφηση ισχύος στους ιστούς του οργανισμού. Εάν από τα στοιχεία του Radar προκύπτει ότι η έκθεση θα υπερβαίνει τα EL, τότε πρέπει να υπολογιστεί, να επιβεβαιωθεί με μετρήσεις και όπου είναι δυνατό να οριοθετηθεί η ζώνη επικινδυνότητας. Χρειάζεται επίσης να υπάρχουν λεπτομερείς κανονισμοί και οι αρχές να ενημερώνουν περιοδικά τους χρήστες. Η έκθεση κάποιου από το προσωπικό μέσα στον λοβό της κεραίας ορισμένων παλμικών Radar (S, X & K band) έχει ζώνη βιολογικής επικινδυνότητας με ακτίνα R_{NHZ} 4,9m - 22,7m. Το προσωπικό μόνο πρόσκαιρα μπορεί να προσεγγίζουν σε απόσταση μικρότερη από 0,45R_{NHZ}. Στα ίδια Radar είναι πολλαπλάσια (10~1000 και πλέον) η ακτίνα R_{EMI} της ζώνης παρεμβολών από την ράδιο-ανίχνευση (in band EMI)..

Λόγω ελλιπούς επιστημονικής έρευνας, υπάρχει εκκρεμότητα στην οριοθέτηση με βάση τις μη θερμικές βιολογικές επιπτώσεις, στις οποίες υπάρχουν πολλές φυσικές και βιολογικές παράμετροι, με αντιλεγόμενες καταστάσεις και διισταμένες απόψεις. Παρά ταύτα σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και της Ασίας υπάρχουν όρια επιτρεπτής έκθεσης κατά χίλιες φορές και πλέον αυστηρότερα από αυτά της IRPA που στηρίζονται και στην αποφυγή μη θερμικών επιπτώσεων.

Εκτός από τον κύριο μηχανισμό θερμικής αλληλεπίδρασης η ΗΜ ακτινοβολία φαίνεται να επιδρά βιολογικά και με μη θερμικούς μηχανισμούς.
Σύμφωνα με ερευνητές ο μη θερμικός μηχανισμός μπορεί να εξαρτάται από τη σχέση της συχνότητας της ακτινοβολίας με τη συχνότητα που εκπέμπει ένας βιολογικός ιστός (π.χ. ο εγκέφαλος). Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει την επίδραση σε βιοχημικούς παράγοντες με μηχανισμούς που δεν είναι απόλυτα γνωστοί και γι' αυτό προκαλεί μεγαλύτερη ανησυχία. Επειδή η ηλεκτρομαγνητική ρύπανση έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια
λόγω της διαρκώς αυξανόμενης χρήσης ηλεκτρονικών συσκευών και της ολοένα και μεγαλύτερης διάδοσης των ασύρματων τεχνολογιών, σημαντικός αριθμός ερευνών έχει συνδέσει την έκθεση σε τεχνητές ακτινοβολίες με πληθώρα ασθενειών και συμπτωμάτων.

Πιο συγκεκριμένα έχουν υπάρξει μελέτες που κατέγραψαν τα παρακάτω:

- Έχει παρατηρηθεί ρήξη στις αλυσίδες DNA εγκεφαλικών ιστών σε πειραματόζωα για έκθεση σε μικροκυματικά πεδία (SAR: 1W/kg)
- Διπλασιασμός εμφάνισης λεμφώματος σε ποντίκια προδιατεθειμένα σε λέμφωμα μετά από μακρά έκθεση σε GSM ακτινοβολία. (Αυστραλία).
- Βλάβες στο DNA λόγω έκθεσης των πειραματόζωων σε μικροκυματική ακτινοβολία σε συχνότητες κινητών επικοινωνιών. (Πανεπιστήμιο Washington)
- Επιδράσεις στη βραχυπρόθεσμη μνήμη. (Πανεπιστήμιο Washington)
- Επιδράσεις στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό, (διάνοιξη αιματοεγκεφαλικού φραγμού σε πρωτεΐνες όπως η αλβουμίνη) και πιθανή συσχέτιση με ασθένειες όπως η Alzheimer. (Πανεπιστήμιο Lund)
- Βράχυνση του χρόνου αντίδρασης σε εξωτερικά ερεθίσματα. Έκθεση 35 εθελοντών σε συνεχή και παλμική μικροκυματική ακτινοβολία. (Πανεπιστήμιο Bristol)
- Επιδράσεις στον ύπνο και τη γνωσιακή λειτουργία. Διαταραχή των φυσιολογικών

εγκεφαλογραφημάτων ύπνου, μετά από έκθεση σε GSM ακτινοβολία διαρκείας 30 min, (Πανεπιστήμιο Zurich).

 Καρκίνος οφθαλμού. Ανάλυση ερωτηματολογίων που δόθηκαν σε 118 ασθενείς με μελάνωμα, σε σχέση με αντίστοιχα ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε 475 υγιείς μάρτυρες. (Πανεπιστήμιο Essen).

 Ακουστικό νεύρωμα (καλοήθης όγκος ακουστικού νεύρου). Μελέτη σε 150 πάσχοντες από ακουστικό νεύρωμα και 600 υγιείς χρήστες κινητού. (Ινστιτούτο Karolinska)

 «Μικροκυματική Ασθένεια» (σχετική με την έκθεση σε επίπεδα μικροκυματικής ακτινοβολίας εντός των ορίων ασφαλείας): Καταγράφονται εκνευρισμός, εξάντληση, μυϊκή αδυναμία, μειωμένη πνευματική διαύγεια, μείωση της ικανότητας αυτοσυγκέντρωσης, αυξημένη ευαισθησία σε εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. θόρυβος, δυνατό φως), αϋπνίες, πονοκέφαλοι, ζαλάδες. (Παρατηρήσεις από Ρώσους επιστήμονες) Παρόλα αυτά έχουν υπάρξει και πληθώρα άλλων μελετών που δεν κατάφεραν να αποδείξουν την συσχέτιση των παραπάνω συμπτωμάτων με την χρήση της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας και κυρίως της κινητής τηλεφωνίας. Τα υπάρχοντα στοιχεία παρέχουν ανεπαρκή και αντικρουόμενα δεδομένα όσον αφορά στη σαφή συσχέτιση της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τα κινητά τηλέφωνα με την αύξηση του κινδύνου καρκινογένεσης.

Η μέθοδος της επιδημιολογικής προσέγγισης έχει το μειονέκτημα ότι μόνο αναδρομικά μπορεί να μελετήσει την επίδραση ενός παράγοντα στη συχνότητα εμφάνισης μιας ασθένειας. Η κινητή τηλεφωνία είναι νέα εφαρμογή και ακόμη δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα. Ο χρόνος επωάσεως ενός καρκίνου ανέρχεται σε μερικές δεκαετίες και άρα χρειάζεται να περάσουν αρκετά χρόνια προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν καρκινογενέσεις που να οφείλονται στη χρήση κινητών τηλεφώνων.

Επίσης ακτινοβολία εκπέμπουν και οι οθόνες των υπολογιστών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών, δε μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα, αν τελικά, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην υγεία των χρηστών, οι περισσότεροι από τους χρήστες που λόγω εργασίας, τις περισσότερες φορές, αναγκάζονται να κάθονται επί ώρες μπροστά από την οθόνη του υπολογιστή, αντιμετωπίζουν κάποια προβλήματα στα μάτια.

Οι ενοχλήσεις, αυτές, είναι ερεθισμοί και θόλωση της όρασης αλλά και πονοκέφαλοι ή ζαλάδες. Όλες, αυτές, οι παρενέργειες, οφείλονται στην πολύωρη χρήση του υπολογιστή από το χρήστη αλλά και στη λάθος στάση που παίρνουμε μπροστά από την οθόνη. Μια συνεχής και σταθερή στάση, ειδικά αν ο υπολογιστής βρίσκεται πιο ψηλά από το επίπεδο του κεφαλιού μας, μπορεί να προκαλέσει τάσεις στον αυχένα με αποτέλεσμα τα συμπτώματα που αναφέραμε πιο πάνω. Οπότε, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι όλα τα παραπάνω συμπτώματα δε μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι επιπτώσεις της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας της οθόνης αλλά οφείλονται στην εργονομία του χώρου, όπου ο χρήστης της οθόνης εργάζεται. Έτσι λοιπόν οι διάφοροι ερευνητές συνιστούν:

- Να μην καθόμαστε πολλές ώρες αδιάκοπα μπροστά από τις οθόνες των υπολογιστών
- Κάθε χρήστης θα πρέπει να εργάζεται σε απόσταση 50cmαπό την οθόνη του υπολογιστή.
- Να υπάρχει σωστός φωτισμός στην οθόνη και γύρω μας, ώστε να αποφεύγονται σχετικές ανακλάσεις.

- Η οθόνη να είναι κάτω από το επίπεδο των ματιών μας.
- Να μην καθόμαστε ποτέ πίσω από μια αναμμένη οθόνη.

Στις μέρες μας, είναι ευρύτατα, διαδεδομένες στο εμπόριο οι οθόνες υγρών κρυστάλλων LCD (Liquid Crystal Display) που είναι επίπεδες καθώς δεν περιέχουν καθοδικό σωλήνα. Με αποτέλεσμα η εικόνα να μην τρεμοπαίζει και έτσι να προκαλεί λιγότερο πόνο στα μάτια
Σε ότι αφορά το θέμα κινητή τηλεφωνία και κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου η βιβλιογραφία, αναφέρει ότι δεν εμφανίζονται συσχετίσεις μεταξύ έκθεσης σε ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων και μικροκυμάτων και οποιουδήποτε είδους καρκίνου συμπεριλαμβανομένων και των νεοπλασιών εγκεφάλου και νευρικού συστήματος σε ενήλικες και παιδιά.

Επιπλέον για την χρήση της κινητής τηλεφωνίας, με βάση τις πληροφορίες που έχουμε μέχρι σήμερα μπορούμε να αναρωτηθούμε αν η χρήση κινητών τηλεφώνων είναι επιβλαβής. Αλλά η απάντηση δεν μπορεί να είναι μονολεκτική επειδή συμμετέχουν πολλοί παράγοντες στο τελικό αποτέλεσμα, όπως
α) όλα τα κινητά διαφέρουν μεταξύ τους από πλευρά εκπεμπόμενης ακτινοβολίας αλλά και θέσης της κεραίας εκπομπής ως προς των εγκέφαλο του χρήστη,
β) η ισχύς εκπομπής του κινητού τηλεφώνου μεταβάλλεται ανάλογα με το σήμα που δέχεται το κινητό τηλέφωνο από το σταθμό βάσης, με άλλα λόγια όταν το κινητό τηλέφωνο δέχεται ισχυρό σήμα όπως αυτό άλλωστε δείχνεται στην οθόνη του τηλεφώνου τότε το κινητό τηλέφωνο έχει τη δυνατότητα να εκπέμψει με τη μικρότερη δυνατή ισχύ ώστε να υπάρξει επικοινωνία με τον αντίστοιχο σταθμό βάσης
γ) δεν είναι όλα τα άτομα ίδια από πλευράς φυσιολογίας αλλά και ηλικίας είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι άτομα νεαρής ηλικίας είναι πιο ευπαθή όπως άλλωστε τονίζεται σε πρόσφατο άρθρο του περιοδικού Lancet που επισημαίνει την ανησυχία των ερευνητών για τα νεαρά άτομα που τη στιγμή αυτή αποτελούν μια από τις πολυπληθέστερες (και συνεχώς αυξανόμενη) κατηγορία χρηστών κινητών τηλεφώνων,
δ) δεν χρησιμοποιούν όλοι οι κάτοχοι κινητών τηλεφώνων τον ίδιο χρόνο ημερησίως σε επικοινωνία με κινητό τηλέφωνο.

Επειδή όμως ο τομέας των ασύρματων επικοινωνιών είναι ταχύτατα αναπτυσσόμενος ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας πλέον εντάσσει στα "**πιθανά καρκινογόνα**" τις ακτινοβολίες από το ηλεκτρικό δίκτυο και από ασύρματες πηγές. Δεκάδες φορείς, ανάμεσα τους και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, έχουν προειδοποιήσει για την ανεπάρκεια των σημερινών ορίων ασφαλείας και την επιτακτική ανάγκη προστασίας παιδιών και εγκύων.
Παρόλο που μέχρι σήμερα δεν υπάρχει καμία επιστημονική τεκμηρίωση για μεγαλύτερη ευαισθησία των παιδιών σε σχέση με τους ενήλικες στην έκθεση στην μικροκυματική ακτινοβολία συνιστάται από διεθνείς φορείς όπως το Εθνικό Συμβούλιο Ραδιοβιολογικής Προστασίας (NRPB) να αποφεύγεται η χρήση κινητών από παιδιά. Αυτό επειδή μέχρι την ηλικία αυτή αναπτύσσεται το νευρικό σύστημα του ανθρώπου και λόγω της μεγαλύτερης μακροπρόθεσμης έκθεσής τους στην ακτινοβολία των κινητών, επειδή έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής υπάρχει περίπτωση να τους συμβεί κάποια άγνωστη μέχρι σήμερα μακροχρόνια επίδραση.

Όσον αφορά τους απλούς ανθρώπους, θα πρέπει να αρχίσουν να χρησιμοποιούν προσεκτικότερα τις διάφορες οικιακές συσκευές και ειδικότερα εκείνες που θεωρούνται πιο ‘επικίνδυνες’ ως προς αυτόν τον τομέα. Συχνά, όμως, κάτι τέτοιο αντιβαίνει στις

καταναλωτικές αντιλήψεις και συμπεριφορές μας.

Σε αυτό το σημείο θεωρείτε πολύ σημαντικός ο ρόλος των ΜΜΕ. Μέχρι στιγμής η έντυπη δημοσιογραφία κυρίως, έχει να επιδείξει πολλά άρθρα σχετικά με την μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, τα περισσότερα από τα οποία αφορούν τα κινητά τηλέφωνα και τους πυλώνες της Δ.Ε.Η. ο ρόλος των ΜΜΕ είναι σημαντικός αφού είναι ο κυριότερος δρόμος για την ενημέρωση και την ευαισθητοποίηση των πολιτών.

Μερικές φορές φαίνεται τα ΜΜΕ να κάνουν τα πάντα για να κερδίσουν το ενδιαφέρον και να κερδίσουν ένα ευκολόπιστο κοινό, προσφέροντας ειδήσεις πρωτότυπες και όσο γίνεται περισσότερο ανησυχητικές και τραγικές. Τις περισσότερες φορές αυτές οι ειδήσεις είναι υπερβολικές ή ανακριβείς. Είναι κάτι ασφαλώς που ισχύει γενικά, αλλά και στο θέμα αυτό. Έτσι τα ΜΜΕ προσφέρουν εντυπωσιακές αναφορές, μερικές φορές ακόμα και για μεμονωμένα περιστατικά. Το κοινό δεν μπορεί να ξέρει από πριν τι είναι σωστό και τι φαίνεται σωστό. Η κατάσταση αυτή μπορεί να γίνει εύκολα εκμεταλλεύσιμη από όσους δεν επιθυμούν να συνεχιστούν οι έρευνες γύρω από το θέμα.

Αυτό που πραγματικά πρέπει να γίνει από τα ΜΜΕ είναι από τη μια μεριά να δώσουν τη δυνατότητα στην επιστημονική κοινότητα να διατυπώσει τεκμηριωμένα τις απόψεις της, συχνά διαφορετικές και από την άλλη μεριά να βοηθήσουν στην ενημέρωση των πολιτών ώστε να γίνουν γνώστες των πηγών εκπομπής της μα ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και να είναι σε θέση να λάβουν όλα τα επιβαλλόμενα μέτρα χωρίς υπερβολές. Επίσης τα ΜΜΕ οφείλουν να ενημερώνουν ταχύτατα το κοινό για κάθε πληροφορία και εξέλιξη, που θα είναι ωστόσο εξακριβωμένη και θα έχει επιστημονική εγκυρότητα.

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

mA	Micro-Amper
GHz	Giga Hertz
NATO	North Atlantic Treaty Organization
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
MHz	Mega Hertz
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
SAR	Specific Absorption Rate
ΕΣΣΔ	Ένωση Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών
LET	Linear Energy Transfer
mSv	Mili Sievert
Rad	Radiation absorbed dose
Rem	Radiation equivalent mass
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ELF	Extreme Low Frequency
RF	Radio Frequency
IR	Infra Red
UV	Ultra Violent
WHO	World Health Organization
NRPB	National Radiological Protection Board
NCRP	National Council on Radiation Protection
EL	Exposure Limits
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
INIRC	International Non-ionizing Radiation Committee
IRPA	International Radiation Protection Association
UVA	Ultra Violet A
UVB	Ultra Violet B
LCD	Liquid Crystal Display
RADAR	RAdio Detection And Ranging

GSM	Global System Mobile
UHF	Ultra High Frequencies
DNA	Deoxyribonucleic Acid
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation
CELENEC	Commite Europeen de Normalisation Electrotechnique
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ANSI	American National Standards Institute
EMC	Electro Magnetic Capability
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΕΕΑΕ	Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
ΕΕΤΤ	Ελληνική Επιτροπή των Τηλεπικοινωνιών

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Μονάδες μέτρησης

Στον πίνακα 7 αναγράφονται τα μεγέθη που προαναφέρθηκαν, καθώς και οι μονάδες μέτρησης τους.

Πίνακας 7 : Μονάδες μέτρησης

ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου	E	Volts / meter (V/m)
Ένταση Μαγνητικού Πεδίου	B	Tesla (T) ή Gauss (G) *
Μήκος Κύματος	Λ	Meter (m)
Συχνότητα	v ή f	Hertz (Hz)
Ισχύς	N	Watt (W)
Πυκνότητα Ισχύος	P ή S	Watt/$(meter)^2$ (W/m^2)
Χρόνος	T	Second (s)

* η σχέση μετατροπής Tesla σε Gaus είναι η εξής: 1T= 10000G

Συχνά, ωστόσο, χρησιμοποιούνται τα πολλαπλάσια και τα υποπολλαπλάσια κάποιων μονάδων. Αυτό δηλώνεται με το κατάλληλο πρόθεμα στη μονάδα μέτρησης. Θα χρησιμοποιήσουμε τα εξής προθέματα (πίνακας 8)

Πίνακας 8 : πολλαπλάσια και τα υποπολλαπλάσια μονάδων

Mili	10^{-3}	Π.χ. :1mm=(1/1000)m
Micro	10^{-6}	1μA=(1/1000000)A=10^{-6}A
Nano	10^{-9}	1nT=(1/1000000000)T=10^{-9}T
Pico	10^{-12}	1ps=(1/1000000000000)s=10^{-12}s
Kilo	10^{3}	1KW=1000W
Mega	10^{6}	1MHz=1000000=10^{6}Hz
Giga	10^{9}	1GHz=1000000000Hz=10^{9}Hz

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΕΙΔΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

1 Πρόγραμμα HAARP

Το HAARP αποτελεί μια εξελιγμένη μορφή «ιονοσφαιρικού θερμαστή ». Βομβαρδίζει το ανώτερο στρώμα της ιονόσφαιρας, η οποία εκτείνεται από 60 ως 900 km, με μια πανίσχυρη κατευθυνόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτίνα. Πιο συγκεκριμένα η συστοιχία των 360 κεραιών που ονομάζεται IRI (Ionospheric Research Instrument), εκπέμποντας 1,7 GW (1.7 δισεκατομμύρια W) ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τη μορφή εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων (ELF και VLF), δημιουργεί στο ανώτερο τμήμα της ιονόσφαιρας μια περιοχή διαμέτρου 48 Km, η οποία αποτελείται από διεγερμένα λόγω της «θέρμανσης» σωματίδια (το φαινόμενο αυτό είναι ανάλογο της αρχής λειτουργίας του φούρνου μικροκυμάτων, στον οποίο τα φαγητά ζεσταίνονται μέσω της διέγερσης των μορίων ύδατος που παρέχουν από τα μικροκύματα). Όλη αυτή η διεγερμένη περιοχή λειτουργεί ως ένας τεχνητός φακός (ιονοσφαιρικό κάτοπτρο), που αποσκοπεί στην εστίαση ισχυρών δεσμών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Αυτή η ενέργεια διασκορπίζεται στη συνέχεια και σε άλλες περιοχές της ιονόσφαιρας, σχηματίζοντας έτσι μια «εικονική κεραία» μήκους πολλών χιλιάδων χιλιομέτρων. Με λίγα λόγια, με την μέθοδο αυτή ολόκληρη η ιονόσφαιρα μετατρέπεται σε μια γιγαντιαία κεραία ELF. Τα εκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αντανακλώνται κατόπιν πίσω στη Γη, διαπερνώντας οτιδήποτε οργανικό και ανόργανο και πραγματοποιώντας μια «γήινη τομογραφία » (γεωτομογραφία).

Η πρώτη εικόνα που προσπάθησε να περάσει το HAARP στην κοινή γνώμη ήταν ότι επρόκειτο για ένα επιστημονικό σχέδιο με στόχο την επιλεκτική τροποποίηση της ιονόσφαιρας για τη βελτίωση των τηλεπικοινωνιών. Σύντομα όμως έγινε αντιληπτό ότι το αμερικανικό Πεντάγωνο ήθελε να εκμεταλλευτεί την ιονόσφαιρα για τους δικούς του σκοπούς. Η επικοινωνία με τα υποβρύχια ήταν ένας από αυτούς.

Ως γνωστό το νερό είναι πρακτικά αδιαπέραστο από τις περισσότερες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Έτσι, ένα υποβρύχιο που βρίσκεται εν καταδύσει δεν μπορεί να επικοινωνήσει με τον κόσμο της επιφάνειας παρά μόνον αν αναδυθεί και προεκβάλλει την κεραία του, με κίνδυνο πάντα να εντοπιστεί από τους εχθρικούς δορυφόρους που σαρώνουν τους ωκεανούς. Ωστόσο οι δέσμες των ELF κυμάτων, που αντανακλώνται από το «ιονοσφαιρικό κάτοπτρο» του HAARP, μπορούν να διαπεράσουν το νερό, επιτρέποντας έτσι την πολυπόθητη επικοινωνία με τα υποβρύχια.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Το HAARP δίνει την δυνατότητα στον αμερικανικό στρατό να εκμεταλλευτεί το φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητικού παλμού (EMP) στην ατμόσφαιρα, που μέχρι σήμερα μπορούσε να παραχθεί μόνο με πυρηνική έκρηξη. Ως γνωστόν ο ηλεκτρομαγνητικός παλμός μπορεί να καταστρέψει κάθε ηλεκτρικό και

ηλεκτρονικό σύστημα

- Δίνει την ευκαιρία για αντικατάσταση των συστημάτων επικοινωνιών των υποβρυχίων, που βρίσκονται στο Μίσιγκαν και το Ουισκόνσιν, με πιο σύγχρονη τεχνολογία
- Μπορεί ν' αντικαταστήσει τα συστήματα ραντάρ «πέρα από τον ορίζοντα».
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακώλυση και την καταστροφή των εχθρικών τηλεπικοινωνιών σε μια μεγάλη περιοχή, εξασφαλίζοντας όμως ταυτόχρονα τη λειτουργία των φίλιων στρατιωτικών συστημάτων.
- Καθιστά εφικτή την γήινη τομογραφία, τα αποτελέσματα της οποίας αναλύονται από τους υπερυπολογιστές EMASS και CRAY και παρέχουν πληροφορίες για υπόγεια πυρηνικά εργαστήρια ή χώρους αποθήκευσης πυρηνικών όπλων, που απαραίτητες για τον έλεγχο των συνθηκών Μη Δ Διάδοσης Πυρηνικών Όπλων (NPT).
- Προσφέρει τη δυνατότητα ανεύρεσης πετρελαίου, φυσικού αερίου και κοιτασμάτων μετάλλων σε μια μεγάλη περιοχή έρευνας.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση αεροσκαφών και πυραύλων που πετούν σε χαμηλό ύψος και δεν εντοπίζονται από τα ραντάρ.
- Έχει τη δυνατότητα να εξακριβώσει την ταυτότητα των βλημάτων με πυρηνικές κεφαλές από τα παραπλανητικά βλήματα, μέσω ηλεκτρομαγνητικής φασματικής ανίχνευσης.

Όλες οι παραπάνω δυνατότητες που έχει το HAARP καθιστούν απαρχαιωμένες μια σειρά από στρατιωτικές τεχνολογίες (π.χ. τα ραντάρ) και, φαινομενικά τουλάχιστον, ικανοποιούν όλους όσους υποστηρίζουν τη μείωση των στρατιωτικών δαπανών, εφόσον το πρόγραμμα στοιχίζει πολύ λιγότερο από τα δισεκατομμύρια δολάρια που ξοδεύονται κάθε χρόνο στην ανάπτυξη και συντήρηση των άλλων αμυντικών τεχνολογιών. Επίσης το HAARP θεωρείται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στο ευρύτερο πρόγραμμα του Πολέμου των Άστρων, που συνεχίζει να εξελίσσεται στο πρόσωπο πλέον μιας περιορισμένης αντιβαλλιστικής προστασίας.

Κοιτάζοντας, όμως, λίγο πέρα από τις συμβατικές στρατιωτικές κι επιστημονικές εφαρμογές, το HAARP έχει και μια σειρά άλλων εξωτικών δυνατοτήτων που εξάπτουν τη φαντασία ακόμη και των πιο ψύχραιμων ερευνητών του χώρου της μυστικής τεχνολογίας.

Πιο αναλυτικά λοιπόν το HAARP μπορεί να έχει τις παρακάτω εφαρμογές:

- Η εκπομπή τεράστιων ποσοτήτων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ιονόσφαιρα μπορεί να την ωθήσει να συμπεριφέρεται σαν μια τεράστια κεραία κυμάτων ELF, η οποία είναι σε θέση να φέρει σε πέρας διεισδυτικές «τομογραφίες » του υπεδάφους της γης. Με άλλα λόγια, ακτινοβολώντας κύματα εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων από τον ουρανό προς τη γη, είναι δυνατόν να σχηματιστεί εικόνα για το τι συμβαίνει στο εσωτερικό της.
- Η «θέρμανση» τμήματα της άνω και κάτω ιονόσφαιρας για το σχηματισμό εικονικών «κατόπτρων» και «φακών» που ανακλούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολλών φασματικών περιοχών (συχνοτήτων), επιτρέπει την ανίχνευση και τον εντοπισμό των «αόρατων» αεροσκαφών και πυραύλων.
- Η δημιουργία μιας «ουράνιας ασπίδας», η οποία θα είναι σε θέση να καταστρέφει τα βαλλιστικά βλήματα μέσω της υπερθέρμανσης των ηλεκτρονικών συστημάτων καθοδήγησής τους, καθώς αυτά θα διέρχονται μέσα από τα πολύ ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία που έχουν δημιουργηθεί στην

ιονόσφαιρα.

- Η διαχείριση και ο επηρεασμός εντοπισμένων καιρικών φαινομένων, με την πρόκληση διαταραχών όπως πλημμύρες, καταιγίδες, τυφώνες κ.α. τα όποια μπορούν να αξιοποιηθούν στρατιωτικά (βλέπε κλιματολογικός πόλεμος).
- Η σταδιακή και επιλεκτική θέρμανση ενός συγκεκριμένου τμήματος του γήινου φλοιού, έχει ως αποτέλεσμα η εκτόνωση αυτής της απορροφημένης ενέργειας να γίνεται με την μορφή σεισμικής και ηφαιστειακής δραστηριότητας (σεισμικός πόλεμος).

Όλες αυτές οι εφαρμογές αναμένεται να έχουν σοβαρές έως τρομακτικές επιπτώσεις στην ούτως ή άλλως ευαίσθητη ισορροπία της ιονόσφαιρας. Με βάση, τις επιστημονικές δημοσιεύσεις και αναλύσεις, ο συνδυασμός των εκπομπών υψηλής συχνότητας του HAARP με τα ELF κύματα, θα έχει πολλές παρενέργειες, με σημαντικότερη, τον αποσυγχρονισμό του ηλεκτρομαγνητικού πλέγματος. Παρά τις επίσημες διαβεβαιώσεις, είναι φανερό ότι το κύριο βάρος της λειτουργίας του HAARP έχει δοθεί στην ανάπτυξη κλιματολογικών και σεισμικών όπλων. Το πρόγραμμα HAARP δεν είναι το μμοναδικό του είδους. Από το 1948 έλαβαν χώρα πειράματα κάτω από τον γενικό χαρακτηρισμό, Active Ionospheric Experiments. Μερικές από τις πολλές κώδικες ονομασίες ήταν: EXCEDE, RED AIR, CHARGE IV, RIME, CRRES, WISP, ACTIVE, HIPAS, RADC, AIM. Τα κλιματολογικά όπλα έχουν μακρά ιστορία. Κύριος σκοπός τους ήταν η εκμετάλλευση των καιρικών φαινομένων ως τακτικό πλεονέκτημα για τον επιτιθέμενο ή την καθήλωση του εχθρού εξ αιτίας της τεχνητής κακοκαιρίας. Για τους ίδιους λόγους πραγματοποιήθηκαν και πολλά σεισμικά πειράματα, σπουδαιότερο των οποίων υπήρξε το πρόγραμμα με την κωδική ονομασία PRIME ARGUS.

Αν και το HAARP αποτελεί τον ισχυρότερο «πομπό» του είδους του (3.000 φορές ισχυρότερος από τον μεγαλύτερο πομπό στον κόσμο), εντούτοις δεν είναι και μοναδικός. Παρόμοιες, αλλά μικρότερες εγκαταστάσεις υψηλής συχνότητας «ιονοσφαιρικών θερμαστών » υπάρχουν στο Τρόμσο της Νορβηγίας, στο Αρεσίμπο του Πουέρτο Ρίκο, στο Φέρμπανκ της Αλάσκα, στο Νίζνι-Νοβγκόροντ της Ρωσίας, στην Ντουσανμπέ του Τατζικιστάν και στο Χάρκοβο της Ουκρανίας. Είναι φανερό ότι το ενδιαφέρον της παγκόσμιας επιστημονικής κοινότητας, αλλά και των κυβερνήσεων, για τέτοιου είδους τεχνολογίες είναι έντονο και ιδιαίτερα μυστικοπαθές. Η μυστικοπάθεια αυτή, που χαρακτηρίζει τους εμπλεκόμενους στο HAARP, αιτιολογείται κυρίως από τη Σύμβαση Απαγόρευσης Περιβαλλοντικών Τροποποιήσεων του 1977 (EMC), η οποία απαγορεύει κάθε στρατιωτική ή εχθρική χρήση του περιβάλλοντος με τεχνικές διαμόρφωσης του. Έτσι αιτιολογείται γιατί το αμερικανικό Πεντάγωνο προσπάθησε να αποσιωπήσει την εμπλοκή του στο HAARP.

1.1 Επιπτώσεις του HAARP στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον

Από όλες τις απόψεις το HAARP αποτελεί μια τεράστια πηγή ηλεκτρομαγνητικής μόλυνσης, η οποία απειλεί το περιβάλλον και την υγεία των έμβιων όντων. Τα τελευταία 30 χρόνια ένας αριθμός από μελέτες σε Ευρώπη και ΗΠΑ έχουν συνδέσει την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες με μια σειρά από προβλήματα υγείας. Λαμβάνοντας υπόψη μας αυτό, οι επιδράσεις της λειτουργία του HAARP πάνω στον ανθρώπινο οργανισμό είναι ποικίλες και σοβαρές. Αυτές οι επιδράσεις μπορεί να ξεκινούν από μια απλή κόπωση, υπνηλία ή ευερεθιστότητα και να καταλήγουν μέχρι και στην απώλεια μνήμης, την αύξηση του σακχάρου και της χοληστερίνης στο αίμα, την αύξηση της

αρτηριακής πίεσης και των καρδιακών παλμών, τη λευχαιμία, τον καταρράκτη και τον καρκίνο! Μια από τις σοβαρότερες επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του HAARP είναι η διατάραξη της χημείας του ανθρώπινου εγκεφάλου και κατ' επέκταση των εγκεφαλικών κυμάτων.

Το HAARP έχει προκαλέσει ποικίλες και σοβαρές αντιδράσεις στην κοινή γνώμη. Εκτός, όμως, από την κοινή γνώμη έχει προκαλέσει σοβαρές και ποικίλες αντιδράσεις και σε ευαίσθητα μέλη της επιστημονικής κοινότητας, κυρίως στις ΗΠΑ. Βεβαία, οι πιο μεγάλες ανησυχίες εστιάζονται γύρω από τις οικολογικές επιπτώσεις που θα έχει η λειτουργία του προγράμματος. Και μέσα σε όλα αυτά πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η εκπομπή τεράστιων ποσοτήτων ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (η ισχύς εξόδου του πομπού του HAARP είναι περίπου 3.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ισχυρότερων εμπορικών ραδιοφωνικών σταθμών), μπορεί να έχει καταστροφικές και μη ανατρέψιμες συνέπειες γα τα ανώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας.

Η ιονόσφαιρα αποτελεί σαφώς το πρώτο τμήμα του περιβάλλοντος που επηρεάζεται άμεσα από το HAARP. Αυτή είναι ένα ευαίσθητο στρώμα, που μεταβάλλεται ανάλογα με τη μέρα ή τη νύχτα, τη διακύμανση του γήινου μαγνητικού πεδίου και την ηλιακή δραστηριότητα (ηλιακές κηλίδες). Αποτελείται από τέσσερα στρωματά, που υψώνονται από 56-800 χλμ. πάνω από την επιφάνεια της Γης. Σ' αυτό το ύψος οι υπεριώδεις ακτίνες και οι ακτίνες Χ του ήλιου, μετατρέπουν τα ουδέτερα άτομα των αερίων σε ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια (φαινόμενο ιονισμού). Η θερμοκρασία των ηλεκτρονίων στην Ιονόσφαιρα κυμαίνεται από -54 έως +15 βαθμούς Κελσίου.

Το HAARP κατά τη λειτουργία του αυξάνει τη θερμοκρασία συγκεκριμένου τμήματος της ιονόσφαιρας κατά +23 βαθμούς Κελσίου και για διάρκεια πάνω από 3 μήνες. Ακόμη ούτε οι ίδιοι οι επιστήμονες δεν μπορούν να συμφωνήσουν σχετικά με το τι μεταβολές μπορεί να προκαλέσει αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας! Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ακόμη και μια μικρή διαταραχή της ιονόσφαιρας έχει ως αποτέλεσμα το πάγωμα όλων των ασύρματων επικοινωνιών στον πλανήτη, αφού ως γνωστόν, τα ραδιοφωνικά κύματα αντανακλώνται από την ιονόσφαιρα και μόνο με αυτό τον τρόπο μπορούν να καλύψουν μεγάλες αποστάσεις.

Πέρα από την ιονόσφαιρα άμεσο κίνδυνο από τη λειτουργία του HAARP διατρέχει το ευαίσθητο οικοσύστημα της Αρκτικής, αφού καθημερινά καταναλώνονται 95 τόνοι πετρελαίου για να τροφοδοτηθούν με ισχύ οι εγκαταστάσεις, χωρίς να υπολογίσουμε το καυσαέριο από τις κινήσεις των οχημάτων και τα απόβλητα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Επιπρόσθετα, καθημερινά εκλύονται στην ατμόσφαιρα 1,8 τόνοι οξειδίων του θείου και 14 τόνοι οξειδίων του αζώτου. Η επιβάρυνση ωστόσο του περιβάλλοντος σε τοπικό επίπεδο, η όποια κάνει δικαίως τους οικολόγους της Αλάσκα ν' ανησυχούν, δεν είναι τίποτα σχετικά με τις διαταραχές που προκαλεί η λειτουργία του HAARP σε πλανητικό επίπεδο.

Δικαιολογημένα, λοιπόν, εκφράζονται φόβοι, ότι ο επηρεασμός του γήινου μαγνητικού πεδίου από το HAARP θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια προσανατολισμού των ζώων και κυρίως των μμεταναστευτικών πτηνών και ίσως ορισμένων ανθρώπινων δραστηριοτήτων (λειτουργία πυξίδων κ.α.). Μέσα σε όλα αυτά δεν μπορούμε να παραβλέψουνε και τον κίνδυνο που διατρέχουν τα αεροσκάφη που εκτελούν τακτικά δρομολόγια και διέρχονται πλησίον της περιοχής του HAARP. Γι' αυτό το σύστημα του HAARP περιλαμβάνει αυτόματη διάταξη αναστολής της λειτουργίας του πομπού μόλις

εντοπιστεί κάποιο αεροσκάφος στη περιοχή του το AAR, καθώς στην περιοχή την εγκαταστάσεων πετούν καθημερνά 12-20 αεροσκάφη σε τακτικά δρομολόγια.

Επίσης μπορεί να προκληθεί διακοπή καρδιακών βηματοδοτών, ανάφλεξη στα συστήματα φόρτωσης και μεταφοράς καύσιμων, να προκαλέσει την ανάφλεξη πυρομαχικών, πυροδότηση πυροσωλήνων και ηλεκτρονικών πυροκροτητών και πλήθος άλλων φαινόμενων. Δεν είναι παράξενο λοιπόν που το Πεντάγωνο με ανακοίνωσή του απαγορεύει ρητά να βρίσκεται κοντά στον πομπό οποιαδήποτε στρατιωτική εγκατάσταση. [100][101][102]

2 Πρόγραμμα ΕΡΜΗΣ

Περιγραφή συστήματος

Ένα σύστημα συνεχούς μέτρησης και ελέγχου της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων στο περιβάλλον από το σύνολο των πηγών που υπάρχουν στην περιοχή που είναι εγκατεστημένο είναι το πρόγραμμα ΕΡΜΗΣ. Με βάση το σύστημα, αυτό, δίνεται η δυνατότητα μέτρησης και καταγραφής, σε εικοσιτετράωρη βάση, της ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων, συγκεκριμένων θέσεων, από διάφορες πηγές, πολλές από τις οποίες είναι: κεραίες κινητής τηλεφωνίας, κεραίες ραντάρ, κεραίες ραδιοτηλεοπτικών σταθμών. Σύμφωνα με το προγράμματα αυτό κύριος σκοπός του είναι η άμεση ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τα ποσά της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον. Για την εγκυρότητα των μετρήσεων και τη σωστή λειτουργία του προγράμματος, υπάρχει συνεργασία με εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας Vodafone καθώς και με το εργαστήριο κινητών ραδιοεπικοινωνιών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και το εργαστήριο ραδιοεπικοινωνιών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης.

Η επιλογή των περιοχών, στις οποίες γίνεται η εγκατάσταση των σταθμών μέτρησης του προγράμματος, γίνεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Την υψηλή πληθυσμιακή συγκέντρωση
- Τους χώρους που απευθύνονται στο ευρύτερο κοινό

Το σύστημα αποτελείται από δύο κεντρικούς σταθμούς ελέγχου που είναι εγκατεστημένοι στα δύο πανεπιστημιακά εργαστήρια που συμμετέχουν στο πρόγραμμα και τους σταθμούς μέτρησης.

Οι σταθμοί, αυτοί, ασχολούνται με τον έλεγχο των σταθμών μέτρησης και τη δημοσίευση των μετρήσεων τους στο διαδίκτυο. Ενώ, οι σταθμοί μέτρησης, είναι εγκατεστημένοι, κυρίως, σε σχολεία και πραγματοποιούν τις μετρήσεις των επιπέδων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Εγκαταστάσεις των σταθμών μέτρησης του προγράμματος Ερμής, υπάρχουν σε διάφορε περιοχές του Νομού Αττικής, του Νομού Θεσσαλονίκης, του Νομού Δωδεκανήσου και του Νομού Ημαθίας. Η επικοινωνία των σταθμών μέτρησης με το τους κεντρικούς σταθμούς ελέγχου γίνεται μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Οι σταθμοί μέτρησης είναι πιστοποιημένα όργανα μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου. Έχουν τη δυνατότητα καταγραφής πεδίων που εκτείνονται στο σημαντικότερο μέρος του ραδιοφάσματος, στο οποίο εμφανίζεται και η ανθρώπινη δραστηριότητα.

Οι σταθμοί μέτρησης ποσοτικοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, μετρώντας το

μέγεθος της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και καταγράφοντας την ενεργό τιμή του ανά έξι λεπτά. Δηλαδή καταγράφουν 240 μετρήσεις την ημέρα. Στο πέρας κάθε ημέρας, στέλνουν τις μετρήσεις στο κεντρικό σταθμό ελέγχου. Μετά πραγματοποιείται ο έλεγχος και ακολουθεί η δημοσίευση των αποτελεσμάτων στο διαδίκτυο. Η επικοινωνία του κεντρικού σταθμού με τους απομακρυσμένους σταθμούς μέτρησης γίνεται με τη χρήση ενός ειδικού modem, που ονομάζεται GSM modem. Το GSM modem αποκαθιστά την επικοινωνία ενός υπολογιστή με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Με δεδομένο ότι οι σταθμοί μέτρησης είναι εξοπλισμένοι με αντίστοιχα modem, ο διαχειριστής μπορεί ανά πάσα στιγμή να συνδεθεί με τους σταθμούς μέτρησης, για να μμεταφέρει τις μετρήσεις στον κεντρικό υπολογιστή.

Τρόπος μέτρησης

Οι σταθμοί μέτρησης περιλαμβάνουν συσκευές ανίχνευσης σε ευρεία περιοχή συχνοτήτων (100 KHz – 3 GHz). Στους σταθμούς μέτρησης, που είναι υπό την ευθύνη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου, γίνεται επιπλέον ξεχωριστή μέτρηση και στις δύο περιοχές συχνοτήτων λειτουργίας των κεραιών κινητής τηλεφωνίας. Το μέγεθος που καταγράφεται είναι η ενεργός τιμή έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Η τιμή, αυτή, εκφράζεται σε V/m. Το πρόγραμμα Ερμής έχει υιοθετήσει τα επίπεδα αναφοράς μεγάλων διεθνών και εθνικών οργανισμών, για τη μέγιστη έκθεση του πληθυσμού στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Οι σταθμοί μέτρησης, όπως αναφέραμε, καταγράφουν τη μέση τιμή έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, λαμβάνοντας μετρήσεις του μεγέθους αυτού κάθε 3 sec. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η μέση ενεργός τιμή του μεγέθους για το χρονικό διάστημα των έξι λεπτών, το οποίο έχει καθιερωθεί στην Ευρώπη και σε άλλες χώρες, ως το ελάχιστο χρονικό διάστημα παρατήρησης και σύγκρισης με τα επίπεδα αναφοράς. Τελικά, προκύπτει η χρονική μέση τιμή της ενεργού έντασης του ηλεκτρικού πεδίου της οποίας η αναπαράσταση γίνεται σε συνάρτηση με το χρόνο σε γραφήματα. [103][104][105]

3 Πρόγραμμα Συνεχών Μετρήσεων Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας Πεδίον24

Μια πολύ σημαντική πρωτοβουλία αποτελεί και το μετρητικό πρόγραμμα Πεδίον24 στο οποίο συνεργάζονται το Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, το Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και το Εργαστήριο Συστημάτων Υπολογιστών & Επικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και υποστηρίζεται από την COSMOTE.

Το Πεδίον24, στοχεύει στη συνεχή καταγραφή των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Ανά 6 λεπτά, οι μετρητές καταγράφουν και αποθηκεύουν στη μνήμη τους την ένταση ηλεκτρικού πεδίου που υπάρχει στην περιοχή. Κάθε 24 ώρες οι σταθμοί μέτρησης επικοινωνούν μέσω του δικτύου GSM με το κέντρο διαχείρισης των εργαστηρίων και αποστέλλουν τα δεδομένα σε κεντρική μονάδα επεξεργασίας προκειμένου να δημοσιευτούν στο διαδίκτυο, υπό την επίβλεψη των συνεργαζόμενων πανεπιστημίων. Έτσι δίνεται η ευκαιρία σε οποιονδήποτε να ελέγχει, όποτε αυτός το επιθυμεί, τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπονται όχι μόνο από τις κεραίες κινητής, αλλά και της τηλεόρασης και της ραδιοφωνίας κλπ.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δημοσιεύονται καθημερινά στην ιστοσελίδα www.pedion24.gr. Παράλληλα, η βάση δεδομένων είναι διαθέσιμη σε οποιονδήποτε θέλει να αναζητήσει στοιχεία από το παρελθόν. [106]

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες Αθανάσιος Κανάτας 2009

[2] David J. Griffiths, Εισαγωγή στην ηλεκτροδυναμική ΙΙ, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης

[3] Hugh D. Young. Πανεπιστημιακή φυσική Ηλεκτρομαγνητισμός Εκδόσεις Παπαζήση

[4] http://www.scribd.com/doc/15573811/%CE%97%CE%9B%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%9C%CE%91%CE%93%CE%9D%CE%97%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%9F-%CE%A6%CE%91%CE%A3%CE%9C%CE%91

[5] http://www.tsipiras.gr/index.php/ti-kanoume/2012-08-22-07-07-58

[6] Σ. Χαραλάμπους, "Δοσιμετρία και βιολογικές επιπτώσεις των ακτινοβολιών", Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1985.

[7] P.R Young, "Biomedical Engineering – Electromagnetic waves and the human body".

[8] "Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields", Federal Communications Commission Office of Engineering and Technology, August 1999. .

[9] Κ. Θεοδώρου, "Αλληλεπίδραση Ακτινοβολίας και Ύλης",, Εργαστήριο Φυσικής-Ακτινοφυσικής, Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Πατρών.

[10] Γ. Τερζούδη, Γ. Παντελιάς, "Βιοδοσιμετρία Ιονιζουσών Ακτινοβολιών και Ανάγκη Εξατομίκευσης της Επικινδυνότητας της Απορροφημένης δόσης ", Αύγουστος 2000.

[11] http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_iontismos

[12] http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_iontismos_vlavi

[13] http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=923

[14] http://www.aktinotherapeia.com/data_info.php?data_id=57&timicat1=19196&timicat2=88184&timicat3=0&timicat4=0&timicat5=0&timicat6=0&timicat7=0

[15] http://www.translatum.gr/forum/index.php?topic=14761.0

[16] http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_isotopes

[17] http://www.eeae.gr/gr/docs/president/RADIENERGIA%20final.pdf

[18] http://www.geo.auth.gr/106/theory/radioactivity.htm

[19] http://aktinobolia.wordpress.com/2011/04/02/nuclear_radiation/

[20] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B1

[21] http://aktinovolia.net/aktinovolia1.html

[22] http://www.eett.gr/opencms/opencms/admin/downloads/Informative_Documentation/hlktromagnitikh_Entypo_3.pdf

[23] http://physiclessons.blogspot.gr/2012/05/blog-post_9097.html

[24] http://gym-n-souliou.ser.sch.gr/ergasies/radio.htm

[25] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

[26] http://kpe-kastor.kas.sch.gr/biodiversity_site/b/species1.htm

[27] http://multimedia.biol.uoa.gr/chapter%202%20from%20radiobiology.pdf

[28] http://www.aua.gr/~bethanis/radioactivity_alpha_beta_gama_radiation.pdf

[29] http://www.propagator.gr/mysite/index.php?option=com_content&view=article&id=219:dosimetry

[30] http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/248B0AD129F4F64CC2257168003765BC/$file/aktinobolies.pdf

[31] http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/president/_info_size

[32] http://multimedia.biol.uoa.gr/2008/Seminaria_Diplwmatikes%20k.a/Synedrio_Thess/thesaloniki-emf-2008-proceedings-12-05-08-TELIKOgr.pdf

[33] http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/2059/Filippaki_A.pdf?sequence=1

[34] http://www.manw.org/html/images/docs/eisigisi_vakis.pdf

[35] http://www.manw.org/html/images/docs/eisigisi_tsitomeneas.pdf

[36] http://www.helmedica.gr/items-8-3.htm

[37] http://www.home-biology.gr/index.php/epiptoseis-radienergeias

[38]

http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/hlk/2005/KampiliNiki,MaroulisSpyridonas/attached-document/2005KampiliMaroulis.pdf
[39] http://www.karkinos24.gr/index.php/aktinotherapeia

[40] http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=455

[41] http://aktinovolia.net/aktinovolia1.html

[42] http://en.wikipedia.org/wiki/Non-ionizing_radiation

[43] http://www.biosim.ntua.gr/GreekSite/lessons/RF_interactions.pdf

[44] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fusers.ntua.gr%2Fmmakro%2FBiophysics-kef14.doc&ei=ZiKJUYmpNojfOeHJgNgN&usg=AFQjCNGgWcX98fYl5nkBWSoMo66kbjzOzQ&bvm=bv.46226182,d.ZWU

[45] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDsQFjAC&url=http%3A%2F%2Fmedphys.med.uoa.gr%2Fdownloads%2FA.1.4.1.Mh%2520ionizouses.doc%2Fat_download%2Ffile&ei=NiOJUdnlFs6wPKW4gNgB&usg=AFQjCNEehjjcZfC36wDMqYD3J08aT53_lg&bvm=bv.46226182,d.ZWU

[46] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1

[47] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmedphys.med.uoa.gr%2Fdownloads%2FA.1.4.1.Mh%2520ionizouses.doc%2Fat_download%2Ffile&ei=ASSJUePFJcXOOJGdgPAO&usg=AFQjCNEehjjcZfC36wDMqYD3J08aT53_lg&bvm=bv.45960087,d.ZWU

[48] http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm

[49] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11059071

[50] http://akrotiri-news.blogspot.gr/2008/04/blog-post_373.html

[51] http://esmog.gr/limits

[52] http://kyttariki.biol.uoa.gr/MOBILE-PHONES/ERMHS-MARGARITIS-teliko7-07-07-05.htm

[53] http://www.hellasres.gr/Greek/THEMATA/ARTHRA/stavropoulos.htm

[54] http://www.eeae.gr/gr/docs/president/_xamilosixna.pdf

[55] http://blogs.sch.gr/1lykzaky/files/2013/05/HM-%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B4%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf

[56] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CEUQFjAE&url=http%3A%2F%2Fartemis.cslab.ntua.gr%2Fel_thesis%2Fartemis.ntua.ece%2FDT2006-0002%2FDT2006-0002.doc&ei=9EooUtv1B4iUhQeA8YGoDQ&usg=AFQjCNFU6zEvarUVfG3WhGsPWhNpVpnR6g&bvm=bv.51773540,d.ZG4

[57] http://kanali.wordpress.com/2010/01/08/xray_mh_ionizoysa/

[58] http://www.home-biology.gr/index.php/asirmata-ilektromagnitika-pedia-ipsilis-sixnotitas/aktinovolia-asirmata-tilefona-asirmato-internet-wi-fi

[59] http://www.home-biology.gr/index.php/ilektrika-kai-magnitika-pedia-xamilon-sixnotiton

[60] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1:%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE_%CF%84%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%86%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1

[61] http://diocles.civil.duth.gr/links/home/periodiko/issue6/is06ar11.pdf

[62] http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/753/1/roumpea.pdf

[63] http://www.home-biology.gr/index.php/asirmata-ilektromagnitika-pedia-ipsilis-sixnotitas/epiptoseis-keraies-kinitis-tilefonias

[64] http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/Electronic_Communications/Antennas_EMR/health/MobilesRdt/MobsVSBaseSt/

[65] http://www.synigoros.gr/resources/docs/202054.pdf

[66] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CD0QFjAD&url=http%3A%2F%2Fgeorgepavlides.info%2F%3Fp%3D100&ei=V08oUsmUIIOWhQf0xYC4Ag&usg=AFQjCNEh-LBwLGud5i8P1pr7TCLJknPKbQ&bvm=bv.51773540,d.ZG4

[67] http://kyttariki.biol.uoa.gr/wwwroot2/mobile%20phones/mobile%20phones.htm

[68] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CE0QFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.eekt.gr%2FLinkClick.aspx%3Ffileticket%3DJHRgkcB%252B8T8%253D%26tabid%3D36&ei=DFAoUtHGA5GxhAe1oYC4Bw&usg=AFQjCNEYYgYRkkyfNvTSDXsx6nok-oOw7g&bvm=bv.51773540,d.ZG4

[69] http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/Electronic_Communications/Antennas_EMR/health/EMRadiation/EMFHuman_result/

[70] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%

CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1

[71] http://www.biosim.ntua.gr/GreekSite/lessons/RF_interactions.pdf

[72] http://www.biosim.ntua.gr/publications/PSMH_tee05_Christopoulou_Nikita.pdf

[73] http://oikologicarodiaka.wordpress.com/2011/08/24/%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%B9-%CF%80%CF%81%CE%AD/

[74] http://www.semfe.gr/files/users/901/Biophysics-kef14.pdf

[75] http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/8247/1/michailp_radiation.Pdf

[76] http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDgQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.semfe.ntua.gr%2FMATHOGDOO-PHYS.htm&ei=r1IoUtCXOMLBhAfb6oDIDA&usg=AFQjCNGKZInYcusRJ49WTpYqpwlPg_Gkzw&bvm=bv.51773540,d.ZG4

[77] http://angnikolou.mysch.gr/mobilephones/rhoupsilonthetamu972sigmaf-epsiloniotadeltaiotakappa942sigmaf-alphapiomicronrhorho972phietasigmaetasigmaf-sar.html

[78] http://www.eeae.gr/gr/docs/president/_KINHTA-final.pdf

[79] http://www.eett.gr/opencms/export/sites/default/EETT/NewsRelease/Events/AntennasConf_Thes/Sahalos.pdf

[80] http://invenio.lib.auth.gr/record/113427/files/Nanos.pdf?version=1

[81] ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ 3-1 ‘’ΘΕΩΡΙΑ RADAR’’. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ‘’ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΩΝ ΕΚΔΟΣΕΩΝ’’

[82] ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ RADAR MANUAL ΤΟΜΟΣ Α’. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ‘’ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΩΝ ΕΚΔΟΣΕΩΝ’’

[83] ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ RADAR MANUAL ΤΟΜΟΣ Β’. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ‘’ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΩΝ ΕΚΔΟΣΕΩΝ’’

[84] ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ RADAR MANUAL ΤΟΜΟΣ Α’ ΓΙΑ ΑΥΤΟ ΜΟΝΑΔΕΣ. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ‘’ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΩΝ ΕΚΔΟΣΕΩΝ’’

[85] ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ RADAR MANUAL ΤΟΜΟΣ Β’ ΓΙΑ ΑΥΤΟ ΜΟΝΑΔΕΣ. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ‘’ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΩΝ ΕΚΔΟΣΕΩΝ’’

[86] http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Radar.html

[87] http://www.manw.org/html/images/docs/eisigisi_tsitomeneas.pdf

[88] Κ.Θ. Λιολιούσης, “Βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας”, Εκδόσεις Δίαυλος.

[89] Questions and Answers about Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields - Federal Communications Commission Office of Engineering & Technology - August 1999.

[90] www.e-telescope.gr

[91] www.med.auth.gr

[92] www.e-ecology.gr

[93] www.dei.gr

[94] www.synigoros.gr

[95] www.efie.gr

[96] www.medical-physics.gr

[97] www.eett.gr

[98] www.eeae.gr

[99] http://www.diavlosbooks.gr/contents.asp?cid=129

[100] http://en.wikipedia.org/wiki/High_Frequency_Active_Auroral_Research_Program

[101] http://www.theforbiddenknowledge.com/hardtruth/haarp_mind_weather_control.htm

[102] http://www.cracked.com/funny-3304-haarp-conspiracy-theory/

[103] http://www.hermes-program.gr/

[104] http://hermes.physics.auth.gr/gr/emrinfo_basic

[105] http://hermes.physics.auth.gr/gr/desc_general

[106] http://www.pedion24.gr/index.jsp