



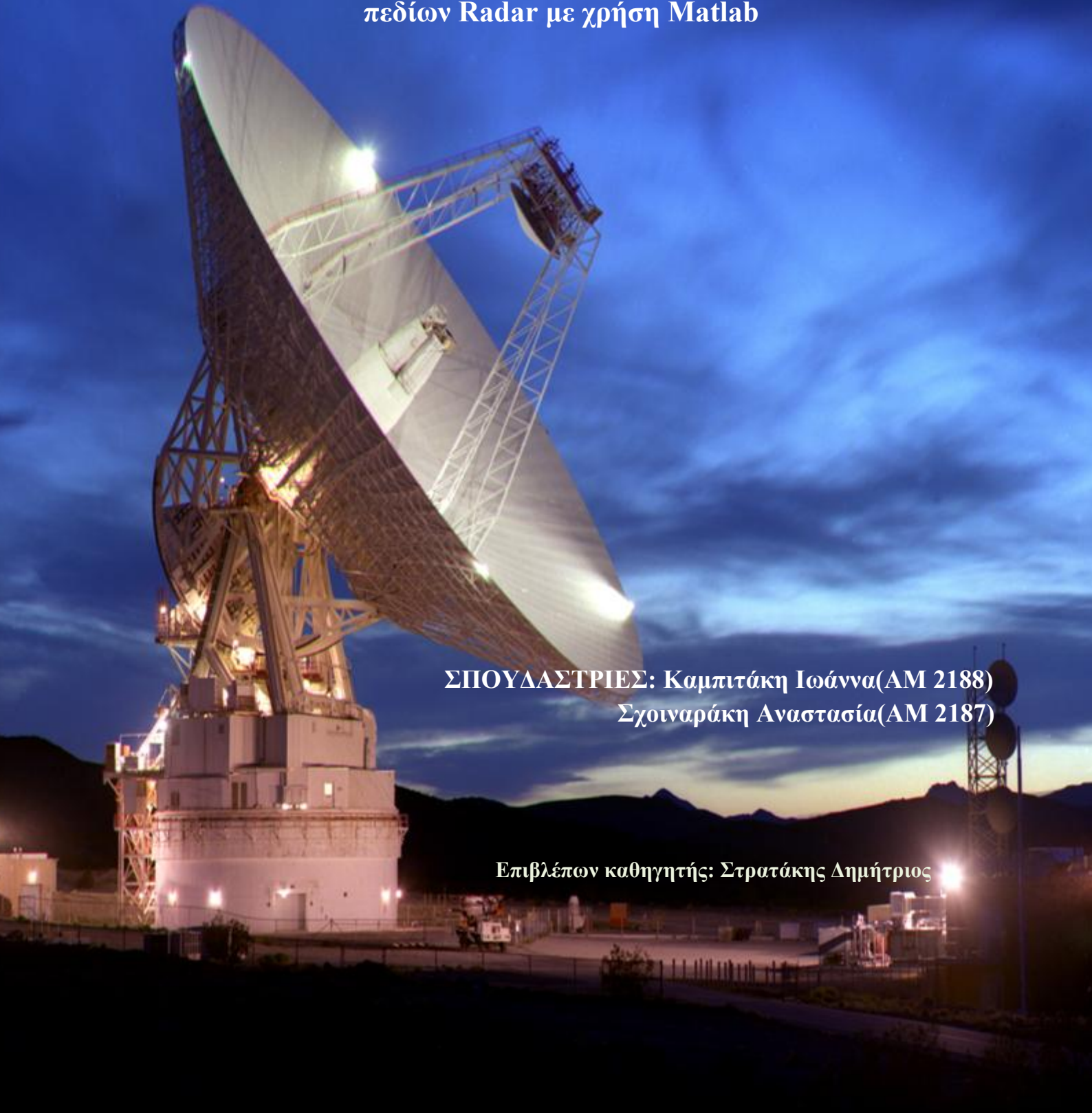
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος: Ανάπτυξη λογισμικού μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων Radar με χρήση Matlab

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: Καμπιτάκη Ιωάννα(ΑΜ 2188)
Σχοιναράκη Αναστασία(ΑΜ 2187)

Επιβλέπων καθηγητής: Στρατάκης Δημήτριος



Ευχαριστούμε θερμά τον υπεύθυνο της Πτυχιακής μας εργασίας κ. Στρατάκη Δημήτρη, για την βοήθεια και την υποστήριξη του στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας, η οποία συνέβαλε στο να φτάσουμε στο σημερινό μας στόχο.

Σας Ευχαριστούμε,

Ιωάννα-Νατάσα

Σύνοψη

Η ραγδαία ανάπτυξη των ασυρμάτων τηλεπικοινωνιών έχει εξαπλωθεί ευρέως σε όλο τον κόσμο τα τελευταία κυρίως χρόνια. Η ανάπτυξη αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εγκατάστασης διαφόρων τύπων πομπών. Οι εγκαταστάσεις αυτές και ειδικότερα οι τεχνολογίες ραντάρ χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι εγκαταστάσεις των συστημάτων πομπών ραντάρ μεταδίδουν σήματα υψηλής ισχύος και συχνά τοποθετούνται κοντά σε κατοικημένες περιοχές μιας και χρησιμοποιούνται ευρέως από την πολιτική αεροπορία για τον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας. Τα παραγόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία έκθεσης έχουν προκαλέσει ανησυχία για τις επιδράσεις που προκαλούν στην ανθρώπινη υγεία. Για αυτό το λόγο έχουν συσταθεί διεθνής οργανισμοί οι οποίοι έχουν θεσπίσει πρότυπα τα οποία ορίζουν τις τιμές ασφαλούς έκθεσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο. Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να αναπτύξει λογισμικό μετρήσεων με χρήση του Matlab ώστε να εξετάσει και να αναλύσει την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης από ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραντάρ εναέριας κυκλοφορίας.

Abstract

Owing to the rapid growth of technology, wireless telecommunications have widely spread around the globe, mainly during the last years. This growth has led to an increase in the installation rate of various radar transmitter types. These installations utilize high power electromagnetic fields (EMFs) and are often situated near residential areas due to the fact that they are widely used by civil aviation. This fact has caused concerns as to what impact it can have on human health. For this reason, several standards have been composed by international specialized committees, with the purpose of defining limits to the safe levels of human exposure to EMF radiation. This report's primary objective was to study whether these limits are adhered to, by analyzing data acquired from the radar transmitter of a regional airport.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Α΄ Μέρος - Θεωρία	9
1.1	Ορισμός Ραντάρ	9
1.2	Ιστορική αναδρομή.....	9
2.	Αρχή λειτουργίας Ραντάρ.....	12
2.1	Ανάλυση δομής λειτουργίας Ραντάρ.....	12
2.2	Πως λειτουργεί ένα Ραντάρ.....	13
2.3	Τα ραντάρ χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαφόρων παραμέτρων	14
3.	Τα είδη των ραντάρ	15
3.1	Ραντάρ Ανιχνεύσεως επιφάνειας.....	15
3.2	Ραντάρ ανιχνεύσεως αέρα.....	15
3.3	Ραντάρ ελέγχου προσγειώσεως αεροσκαφών.....	15
3.4	Υψομετρικά ραντάρ. Ραντάρ ελέγχου προσγειώσεως αεροσκαφών.....	16
3.5	Μετεωρολογικά ραντάρ	16
3.6	Ραντάρ ελέγχου πυρός.....	17
3.7	Ραντάρ μετρήσεως ταχύτητας.....	17
3.8	Ραντάρ ανίχνευσης κίνησης.....	18
3.9	Δορυφορικά Ραντάρ	18
3.10	Πρωτεύον ραντάρ Διερεύνησης ή PSR (Primary Surveillance Radar)	19
3.11	Δευτερεύον ραντάρ Διερεύνησης ή SSR (Secondary Surveillance Radar).....	19
3.12	CW radar:	20
3.12.1	Μη διαμορφωμένα:	20
	Διαμορφωμένα:	20
3.13	FM CW radar.....	21
3.14	Pulse radar	21
3.14.1	MTI (Moving Target Indication) ραντάρ	22
3.14.2	Παλμικά Doppler Radar	22
3.15	Ραντάρ κωνικής σάρωσης	23
3.16	Ραντάρ Track-While-Scan (TWS).....	24
3.17	Μονοπαλμικά ραντάρ σάρωσης.....	24
3.18	Ραντάρ Ηλεκτρονικής Σάρωσης.....	24
4.	Παράγοντες απόδοσης Ραντάρ	26
4.1	Εξισώσεις των ραντάρ	27

4.2	Κεραία Ραντάρ	28
4.2.1	Κέρδος κεραίας.....	29
4.2.2	Διάγραμμα ακτινοβολίας.....	30
4.2.3	Άνοιγμα κεραίας (Aperture).....	30
4.2.4	Πόλωση κεραίας.....	31
4.3	Τύποι κεραιών που χρησιμοποιούν τα ραντάρ.....	31
4.3.1	Ανακλαστήρες-Reflectors	31
4.3.2	Parabolic cylinder	32
4.3.3	Cassegrain/Gregorian	32
4.3.4	Shaped Reflectors.....	32
4.3.5	Κεραίες με διάγραμμα ακτινοβολίας τετραγωνικής τέμνουσας - Stacked Beam Cosecant Squared Patterns	32
4.3.6	Μονοπαλμική κεραία - Monopulse antenna.....	33
4.3.7	Κεραία φακών – Lens.....	33
4.3.8	<i>Phased array antennas</i>	34
4.4	Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	34
5.	Είδη ακτινοβολίας - Πρότυπα	37
5.1	Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες.....	37
5.2	Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες.....	38
5.3	Διεθνή πρότυπα	38
5.4	Ευρωπαϊκά πρότυπα.....	39
5.5	Βασικοί περιορισμοί.....	40
5.6	Επίπεδα αναφοράς.....	42
5.7	Τα όρια ασφαλούς έκθεσης στην Ελλάδα	45
5.8	Έρευνες και μετρήσεις στην Ελλάδα	45
5.9	Συμπεράσματα σύγκρισης.....	49
5.10	Συμπεράσματα αναφοράς.....	51
5.11	Απαιτήσεις Προσωπικού – Συνεργείων Μέτρησης.....	52
5.12	British Protocol.....	52
5.13	Έκθεση και πρότυπα εκπομπής (British Protocol).....	53
5.14	Πρότυπα έκθεσης	53
5.15	Πρότυπα εκπομπών	54
5.16	Πρότυπο για την αποφυγή της ανάφλεξης ή έκρηξης λόγω RF ακτινοβολίας.....	54
6.	Επιπτώσεις Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στην υγεία και το περιβάλλον.....	55
6.1	Έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.....	56
6.2	Μελέτες για την ανθρώπινη υγεία.....	56

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

6.3	Βιολογικές επιδράσεις.....	58
6.4	Το Διεθνές Πρόγραμμα για τα Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία (International EMF Project).....	58
6.5	Συμπεράσματα από την επιστημονική έρευνα.....	58
6.6	Επιδράσεις στη γενική κατάσταση της υγείας.....	59
6.7	Επιδημιολογικές μελέτες.....	59
6.7.1	Επιδράσεις στην έκβαση της εγκυμοσύνης.....	59
6.7.2	Επιπτώσεις στα μάτια.....	59
6.7.3	Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και καρκίνος.....	60
6.7.4	Επιπτώσεις στα αυτιά.....	60
6.7.5	RF Εγκαύματα.....	61
6.7.6	Βηματοδότες.....	61
6.7.7	Επιδράσεις σε άλλους ιστούς.....	61
6.7.8	Υπερευαισθησία στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και κατάθλιψη.....	61
6.8	Μη θερμικές επιδράσεις.....	62
6.9	Θερμικές επιδράσεις.....	62
6.10	Ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο περιβάλλον.....	62
6.10.1	Ραντάρ.....	62
6.10.2	Συστήματα ασφαλείας.....	62
6.10.3	Ηλεκτρικά τραίνα και τραμ.....	63
6.10.4	Τηλεόραση και ραδιόφωνο.....	63
6.10.5	Κινητά τηλέφωνα και σταθμοί βάσης της κινητής τηλεφωνίας.....	63
6.11	Μαγνητικά πεδία στην καθημερινή μας ζωή.....	64
6.12	Τι δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη στις οδηγίες.....	65
6.13	Επικινδυνότητα έκθεσης σε πεδία που υπερβαίνουν τις οδηγίες.....	65
7.	Δικαίωμα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων - Αδειοδότηση Κεραιών.....	67
7.1	Δικαιώματα Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων.....	67
7.2	Κατηγορίες διάκρισης ραδιοσυχνοτήτων.....	67
7.3	Σταθερή υπηρεσία.....	68
7.4	Δορυφορική υπηρεσία.....	69
7.5	Υπηρεσία ευρυεκπομπής.....	69
7.6	Κινητή υπηρεσία.....	70
7.7	Ψηφιακό μέρισμα.....	70
7.8	Διαχείριση φάσματος ραδιοσυχνοτήτων.....	71
7.9	Χρήση φάσματος ραδιοσυχνοτήτων.....	72
7.10	Αποφάσεις Υπουργείου Μεταφορών και Ε.Ε.Τ.Τ.....	73

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

7.11	Χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης συχνοτήτων και αριθμών	73
7.12	Διαδικασία περιορισμού του αριθμού των δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων 76	
7.13	Ειδικά ραδιοδίκτυα.....	77
7.14	Ρυθμίσεις σχετικά με την εγκατάσταση κεραιών	77
7.15	Διαδικασία Έκδοσης Άδειας Τύπου	83
7.16	Διαδικασία Εγκατάστασης Τυποποιημένων Κατασκευών Κεραιών-ΤΚΚ	84
7.17	Ανάκληση άδειας Τυποποιημένων Κατασκευών Κεραιών - ΤΚΚ	85
7.18	Παύση ισχύος Δήλωσης Εγκατάστασης ΤΚΚ	85
7.19	Έλεγχοι – Κυρώσεις.....	86
7.20	Κανονισμός ΕΕΤΤ – Ισχύς.....	86
8.	Β΄ Μέρος –Μετρήσεις Ραντάρ	87
8.1	Σχεδιασμός GUI	87
8.2	Ανάλυση λειτουργίας κάθε στοιχείου του GUI.....	89
8.3	Λειτουργίες Matlab για σύνδεση με τον αναλυτή Φάσματος	90
8.4	Όργανα Μέτρησης.....	91
8.5	Μέτρηση Ηλεκτρομαγνητικών πεδίων Ραντάρ	92
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	96

1. Α΄ Μέρος - Θεωρία

1.1 Ορισμός Ραντάρ

Ραδιοεντοπιστής όπως ονομάζεται στην Ελληνική Γλώσσα ή **RADAR**, που προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων "**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging", σημαίνει "ανίχνευση με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και μέτρηση αποστάσεως". Από την ονομασία συμπεραίνουμε ότι η λειτουργία των ραντάρ βασίζεται στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ραντάρ ανιχνεύουν αντικείμενα και την τοποθεσία στην οποία βρίσκονται, συνεπώς μπορεί να υπολογιστεί και η απόστασή τους. Κανένα άλλο αισθητήριο όργανο δεν επιτυγχάνει ακριβέστερο προσδιορισμό θέσης μακρινών αντικειμένων.

Η **καταμέτρηση της απόστασης** βασίζεται στη μέτρηση του χρόνου ο οποίος προσδιορίζεται από τη στιγμή που ο παλμός ηλεκτρομαγνητικού κύματος εκπέμπεται και ανακλάται από το αντικείμενο που ανιχνεύτηκε, το οποίο ονομάζεται στόχος, έως ότου επιστραφεί η ηχώ του.

Η **κατεύθυνση** επίσης προσδιορίζεται από τους παλμούς ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει η περιστροφική κεραία σε δέσμη η οποία στη συνέχεια λαμβάνει την ηχώ των κυμάτων αυτών που επιστρέφεται στην κεραία.

Αποτελεί ένα βασικό ηλεκτρονικό σύστημα ηλεκτρομαγνητικού εντοπισμού, παρακολούθησης ακίνητων και κινητών στόχων, σε αποστάσεις και συνθήκες φωτισμού απαγορευτικές για τον απευθείας οπτικό εντοπισμό, δηλαδή με το ανθρώπινο μάτι ή και οπτικά όργανα. Η μεγάλη αξία του ραντάρ οφείλεται στις σημαντικές δυνατότητες ανίχνευσης και παρακολούθησης στόχων σε μεγάλες αποστάσεις και με μεγάλη ακρίβεια. Χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς, κοινωνικούς και βιομηχανικούς σκοπούς. [4]

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η μεγάλη αξία του Ραντάρ οφείλεται στις σπουδαίες δυνατότητες ανίχνευσης και παρακολούθησης στόχων σε μεγάλες αποστάσεις και με μεγάλη ακρίβεια. Πολλοί πρωτοπόροι επιστήμονες σε όλον τον κόσμο ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη του Ραντάρ και γι αυτό δεν είναι εύκολο να αποδοθεί σε κάποιον ερευνητή ή ερευνητική ομάδα η πατρότητα του.



Ο γερμανός φυσικός Heinrich Rudolf Hertz ήταν ο πρώτος που υποστήριξε τη λειτουργία των ραντάρ το 1886 όταν μετά από πείραμα του απέδειξε ότι τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα μπορούν να σταλούν σε δέσμη όπως οι ακτίνες φωτός και να ανακλαστούν όταν προσπίπτουν σε αντικείμενο αγωγίμο στον ηλεκτρισμό. Το πείραμα αυτό δημιούργησε την αρχή λειτουργίας του Ραντάρ. Παρόμοιες εργασίες με αυτές του Rudolf Hertz διεξήγαγε και ο Ρώσος επιστήμονας Alexander S. Popov.

Το 1903 ο Γερμανός μηχανικός Christian Hulsemeyer έκανε πειράματα ανιχνεύοντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα που ανακλώνταν πάνω σε πλοία. Έτσι, σχεδίασε ένα σύστημα το οποίο πατενταρίστηκε το 1904 και ο ίδιος το ονόμασε "συσκευή ανίχνευσης εμποδίων και υποστήριξης ναυσιπλοΐας." Παρόλα αυτά όταν το παρουσίασε στο γερμανικό ναυτικό αυτό δεν ενδιαφέρθηκε.

Το 1922 οι ερευνητές A.H.Taylor και L.C.Young του εργαστηρίου ερευνών του πολεμικού ναυτικού των ΗΠΑ ανίχνευσαν ένα ξύλινο πλοίο χρησιμοποιώντας ένα CW ραντάρ με ξεχωριστό πομπό και δέκτη. Αν και έκαναν πρόταση για να προχωρήσουν τη μελέτη τους, η πρόταση αυτή δεν έγινε δεκτή.

Το 1925 έγινε η πρώτη εφαρμογή των ιδιοτήτων της παλμικής εκπομπής για τη μέτρηση της απόστασης, από τους Breit και Tuve, σε επιστημονική ερευνητική βάση για την μέτρηση του ύψους της ιονόσφαιρας. Χρειάστηκε όμως παραπάνω από μία δεκαετία έως ότου επιτευχτεί ανίχνευση

αεροσκάφους από παλμικό ραντάρ. Τα πρώτα πειραματικά ραντάρ λειτούργησαν με συνεχή εκπομπή ραδιοκυμάτων (CW). Βασίστηκαν στην παρεμβολή που παράγεται μεταξύ του απευθείας σήματος που λαμβάνει ο δέκτης, και του σήματος της συχνότητας Doppler, που παράγεται από την ανάκλαση ηλεκτρομαγνητικού κύματος συγκεκριμένης συχνότητας όταν προσπίπτει σε κινούμενο στόχο.

Το 1930 ανιχνεύτηκε τυχαία από τον L.A.Hyland το πρώτο αεροσκάφος με τη μέθοδο της παρεμβολής του δέκτη από τη συχνότητα Doppler. Ο πομπός ήταν τοποθετημένος κοντά στον αεροδιάδρομο και ανίχνευε αεροσκάφη σε απόσταση 2 μιλίων. Το 1932 η ανίχνευση επιτυγχάνονταν πια στα 50 μίλια. Οι A.H.Taylor και L.C.Young πατεντάρισαν την εργασία τους και την ονόμασαν "Σύστημα ανίχνευσης αντικειμένων με ραδιοκύματα". Ο τύπος ραντάρ που χρησιμοποιήθηκε ήταν το CW ραντάρ.

Το 1934 έγινε η πρώτη απόπειρα χρήσης παλμικού ραντάρ με απογοητευτικά αποτελέσματα καθώς δεν υπήρχε καμία επιστροφή ηχούς. Το 1936 ελήφθησαν τα πρώτα ανακλώμενα σήματα αρχικά με εμβέλεια 2,5 μιλίων και στη συνέχεια με εμβέλεια 25 μιλίων.

Οι πρώτες μελέτες που οδήγησαν σε επιτυχείς συσκευές παλμικών ραντάρ, αφορούσαν στρατιωτικές εφαρμογές. Οι πρώτες όμως, συσκευές ραντάρ που χρησιμοποιήθηκαν και δεν αντιμετωπίστηκαν με αυτόν τον τρόπο, ήταν τα διαμορφωμένα κατά συχνότητα ραδιοαλτίμετρα τον τότε αεροσκαφών. Αυτή ήταν μάλλον και η πρώτη μη στρατιωτική συσκευή με αρχές λειτουργίας ενός CWFM ραντάρ σε αεροσκάφη το 1936. Ως στόχος λαμβάνεται η επιφάνεια του εδάφους. Το πρώτο ραντάρ τέθηκε σε λειτουργία το 1935 με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ήταν κατασκευή του Εθνικού Εργαστηρίου Φυσικής της Μεγάλης Βρετανίας υπό την εποπτεία του Robert Watson Watt και σχεδιάστηκε λόγω της ανάγκης που υπήρχε στο Β' παγκόσμιο πόλεμο για τον εντοπισμό γερμανικών αεροσκαφών στην περιοχή. Ήταν ένα άκρως μυστικό αμυντικό πρόγραμμα που του είχε ανατεθεί από την τότε κυβέρνηση της Βρετανίας. Το Υπουργείο ενθάρρυνε τις προσπάθειές του, αρχικά για ένα σύστημα που αποκλήθηκε "Radio Direction Finding" ή "RDF") και στη συνέχεια μετονομάστηκε σε ραντάρ. Χωρίς το σύστημα ραντάρ που διέθετε αποκλειστικά εκείνη την εποχή η Μ. Βρετανία, δε θα ήταν δυνατή η επιτυχής έκβαση της "μάχης της Αγγλίας".



Robert Watson watt

Το έτος 1937 στήθηκε κατά μήκος της Ανατολικής ακτής της Βρετανίας ένα δίκτυο αποτελούμενο από 20 κεραιές στο οποίο δόθηκε η ονομασία Chain Home. Η εκπομπή γινόταν με μήκη κύματος 10 έως 13,5m (22-30MHz), συχνότητα εκπομπής παλμών 25 Hz, ισχύ 200 kW και εμβέλεια 200 km. Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιούνταν για τον εντοπισμό αεροσκαφών και βρισκόταν σε συνεχή λειτουργία όλο το 24ωρο από το έτος 1939. Η γερμανική κατασκοπία προσπάθησε να ανιχνεύσει με ένα αερόστατο Ζέπελιν τη Βρετανική εγκατάσταση προκειμένου να καταγράψει σήματα και τεχνικά χαρακτηριστικά. Η προσπάθεια αυτή απέτυχε λόγω του ότι οι Γερμανοί ανίχνευαν την περιοχή συχνοτήτων 200-600MHz σε αντίθεση με τους Βρετανούς που οι εκπομπές τους ήταν στην περιοχή συχνοτήτων 30MHz.

Το δίκτυο Chain Home είχε ένα μειονέκτημα, δεν μπορούσε να εντοπίσει αεροπλάνα σε χαμηλή πτήση. Γι αυτό το λόγο δημιουργήθηκε ένα δεύτερο δίκτυο Chain Home Low το οποίο είχε εμβέλεια 80Km και συχνότητα εκπομπής 200MHz. Και τα δύο αυτά δίκτυα αποδείχτηκαν πολύ αξιόπιστα και αποτελεσματικά κατά τις γερμανικές αεροπορικές επιθέσεις στη Βρετανία.

Το 1939 η γερμανική εταιρία Telefunken εγκατέστησε μια σειρά ραντάρ με κωδική ονομασία Wuerzburg. Τα ραντάρ αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την υποστήριξη των αντιαεροπορικών πυροβολαρχιών. Το πιάτο αυτών των ραντάρ είχε διάμετρο 3m, η εκπομπή γινόταν στα 565 MHz, η παλμική ισχύς ήταν 8kW και η εμβέλεια γύρω στα 40 km. Σταδιακά βελτιώθηκε αρκετά η τεχνολογία των ραντάρ αυτών με αποτέλεσμα να κατασκευαστούν περίπου 4000 τεμάχια μέχρι το τέλος του πολέμου. Μία ειδικότερη κατασκευή αυτού του ραντάρ ονομαζόταν Wuerzburg-Riese (γίγας).



Δίκτυο Chain Home



Wuezburg Riese Radar

Το 1943 χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά μικρά ραντάρ σε αεροπλάνα τα οποία έδιναν τη δυνατότητα καλύτερης πλοήγησης στο χειριστή λόγω του ότι γνώριζε πια τη διαμόρφωση του εδάφους. Έτσι έγινε εφικτή η ακριβέστερη προσέγγιση των στόχων.

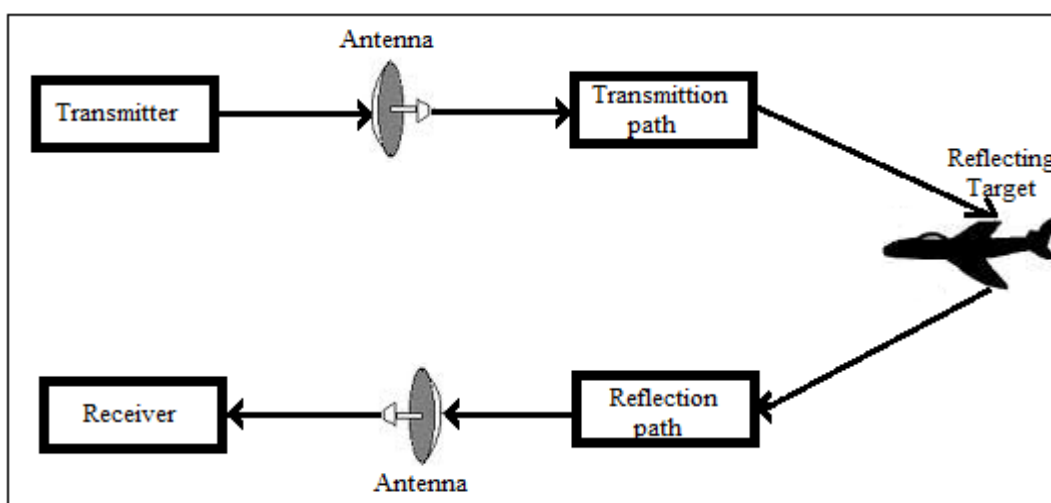
Το 1939 εγκαταστάθηκαν πρότυπες συσκευές ραντάρ σε πολεμικά πλοία αλλά και στρατιωτικά άρματα λόγω πολεμικών αναγκών κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Η τεχνολογία ραντάρ αναπτύχθηκε με γοργούς ρυθμούς τη συγκεκριμένη περίοδο και σταδιακά και για διάφορους άλλους σκοπούς πέραν του πολεμικού όπως για τη μετεωρολογία, το διάστημα, για φυσικές και χημικές αναλύσεις, για την καταγραφή της υγρασίας και τη μέτρηση συστημάτων βιομηχανικών επιπέδων.

Πολύ αργότερα, το 1958, επινοήθηκαν στις ΗΠΑ τα πρώτα τρισδιάστατα (3D) ραντάρ έρευνας αέρος που μέχρι και σήμερα εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως. Ευρύτατα διαδεδομένα έως σήμερα εξακολουθούν να είναι τα MTI και τα Pulse Doppler radar [1],[2].

2. Αρχή λειτουργίας Ραντάρ

Η βασική δομή λειτουργίας ενός συστήματος ραντάρ αποτελείται από:

1. Έναν πομπό
2. Μια κεραία
3. Την εκπεμπόμενη διαδρομή
4. Έναν ανακλώμενο στόχο
5. Την ανακλώμενη διαδρομή
6. Έναν δέκτη
7. Έναν ενδείκτη



Σχ1. Βασική δομή λειτουργίας συστήματος Ραντάρ

2.1 Ανάλυση δομής λειτουργίας Ραντάρ

- Ο πομπός παράγει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Οι παλμοί των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων επαναλαμβάνονται με σταθερό ρυθμό και τα κύματα εστιάζονται σε δέσμη.
- Η κεραία η οποία εκπέμπει σε δέσμη τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγει ο πομπός και δέχεται αυτά που ανακλώνται από το στόχο τα οποία οδηγεί σε δέσμη στο δέκτη.
- Εκπεμπόμενη διαδρομή είναι η διαδρομή των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε δέσμη από την κεραία ως το στόχο.
- Ανακλώμενος στόχος είναι ένα αντικείμενο αγώγιμο ηλεκτρικά το οποίο ανακλά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.
- Ανακλώμενη διαδρομή είναι η διαδρομή των κυμάτων από το στόχο έως την κεραία η οποία στη συνέχεια θα τα αποστείλει σε δέσμη στο δέκτη.
- Ο δέκτης λαμβάνει τα ανακλώμενα σήματα από την κεραία για να τα ενισχύσει ώστε να μπορούν να σταλούν στον ενδείκτη.
- Ο ενδείκτης (display) συνδέεται και στον πομπό και στο δέκτη. Όταν συνδεθεί στον πομπό πληροφορείται για τη χρονική στιγμή της εκπομπής κάθε παλμού ενώ όταν συνδεθεί στο δέκτη πληροφορείται για τη χρονική στιγμή της επιστροφής της ηχούς από το στόχο για τους αντίστοιχους εκπεμπόμενους παλμούς.

Τα ραντάρ χρησιμοποιούν ραδιοκύματα και μικροκύματα τα οποία είναι δύο είδη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ισχύουν οι τύποι:

- $c = \lambda \cdot f$
- $\lambda = c / f$
- $f = c / \lambda$

όπου λ το μήκος κύματος, f η συχνότητα και c μία σταθερά που ορίζεται ως η ταχύτητα του φωτός που είναι ίση με την ταχύτητα των ραδιοσημάτων $3 \cdot 10^8$ m/sec.

Το μήκος κύματος λ κυμαίνεται για τα ραντάρ από 1mm έως 1m και συχνότητα f από 3MHz 300GHz [1],[2].

2.2 Πως λειτουργεί ένα Ραντάρ

Σε ένα σύστημα ραντάρ εκπέμπεται ένα σήμα από έναν πομπό προς το αντικείμενο, ή στόχο όπως ονομάζεται, που θέλουμε να ανιχνεύσουμε. Μόλις το σήμα συναντήσει το στόχο, επιστρέφεται στο δέκτη ένα ανακλώμενο ραδιοσήμα που ονομάζεται ηχώ. Από την ανάλυση της ηχούς μπορούν εν συνεχεία να προσδιοριστούν στη μονάδα ραντάρ η απόσταση του στόχου, η κατεύθυνσή του ή το αζιμούθιο και σε κάποιες περιπτώσεις το ύψος του πάνω απ τη γη. Η γωνία αζιμούθιου είναι μία γωνία μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου που περιέχει τον στόχο και την κατεύθυνση αναφοράς, που μετράται σε ένα οριζόντιο επίπεδο.

Λόγω του ότι είναι γνωστή η ακριβής ταχύτητα της μετάδοσης των ραδιοσημάτων είναι δυνατός ο υπολογισμός της αποστάσεως μεταξύ στόχου και μονάδας ραντάρ. Γνωρίζοντας την ταχύτητα μπορούμε να υπολογίσουμε και το χρόνο που χρειάζεται ένα σήμα από τη στιγμή της εκπομπής του έως ότου ανακλαστεί και επιστραφεί η ηχώ του στο δέκτη.

Ένα σήμα ραντάρ διανύει δύο φορές την απόσταση μεταξύ μονάδας ραντάρ και στόχου. Το σήμα εκπέμπεται, μεσολαβεί συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πριν φτάσει στο στόχο, στη συνέχεια ανακλάται και διανύει ξανά την ίδια απόσταση στον ίδιο χρόνο έως ότου επιστρέψει στο δέκτη. Η απόσταση οπότε του αντικειμένου μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση: $D = T/2t$ όπου:

D η απόσταση μεταξύ μονάδας ραντάρ και στόχου,

T ο συνολικός χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ εκπομπής και λήψης του σήματος,

2t ο συνολικός χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της στιγμής της αρχικής εκπομπής και λήψη της ηχούς.

Για να επιτευχθεί καλύτερη ανάλυση του ανακλώμενου σήματος της ηχούς θα πρέπει το μήκος κύματος του σήματος ραντάρ να είναι μικρό σε σύγκριση με το μέγεθος του παρατηρουμένου αντικειμένου. Έτσι ανακλάται μεγαλύτερο ποσό ενέργειας και έχουμε ισχυρότερη ανάκλαση. Το μήκος κύματος είναι μικρότερο στις υψηλότερες συχνότητες οπότε η ανακλώμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη.

Σε πολύ μικρά μήκη κύματος του σήματος επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ανάλυση του στόχου και μπορεί να προσδιοριστεί πολλές φορές, ανάλογα με το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται, ακόμα και το πραγματικό σχήμα του με μεγάλη ακρίβεια.

2.3 Τα ραντάρ χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαφόρων παραμέτρων

- Το Εύρος υπολογίζεται από την παλμική καθυστέρηση
- Η Ταχύτητα προκύπτει από τη μετατόπιση συχνότητας Doppler
- Η Γωνιακή Κατεύθυνση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την κατάδειξη της κεραίας
- Το Μέγεθος Στόχου προσδιορίζεται από το μέγεθος της ανακλώμενης ενέργειας
- Κινούμενα μέρη: Αναλύοντας τη διαμόρφωση του ανακλώμενου σήματος
- Σχήμα στόχου προσδιορίζεται αναλύοντας το ανακλώμενο σήμα ως συνάρτηση της κατεύθυνσης

3. Τα είδη των ραντάρ

Τα συστήματα ραντάρ, ανάλογα με τη χρησιμότητα τους διακρίνονται σε:

3.1 Ραντάρ Ανιχνεύσεως επιφάνειας.

Τα Ραντάρ Ανιχνεύσεως επιφάνειας ή αλλιώς ραντάρ ναυσιπλοΐας, εγκαθίστανται σε πλοία ή ακτές και ανιχνεύουν την επιφάνεια της θάλασσας αλλά και σε μικρό ύψος τον εναέριο χώρο. Ανιχνεύουν στερεά αγωγίμα ηλεκτρικά αντικείμενα και παρέχουν αξιόπιστες και ακριβείς πληροφορίες για την απόσταση, την πορεία και την ταχύτητα των αντικειμένων που εντοπίζουν. Ο εντοπισμός αυτός είναι ανεξάρτητος των συνθηκών ορατότητας είτε λόγω νύχτας είτε λόγω δυσμενών καιρικών φαινομένων. Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να είναι είτε εχθρικά πλοία, αεροσκάφη που πετούν σε χαμηλό ύψος είτε νησίδες ή άλλα φυσικά και μη εμπόδια στην ευρύτερη περιοχή.



Εγκατάσταση ενός Ραντάρ ναυσιπλοΐας σε πλοίο (<http://www.nauticexpo.com/>, 2014)



Οθόνη Ραντάρ Ναυσιπλοΐας, (<http://www.marex.gr>, 2014)

3.2 Ραντάρ ανιχνεύσεως αέρα.

Εγκαθίστανται στο έδαφος συνήθως σε βουνοκορφές ή κοντά σε αεροδρόμια αλλά και σε πλοία. Σκοπός τους είναι να ανιχνεύουν τον εναέριο χώρο σε μεγάλες αποστάσεις και μεγάλα ύψη. Με το Ραντάρ ανιχνεύσεως αέρα εξασφαλίζεται ο έλεγχος της εναέριας κυκλοφορίας για την εξασφάλιση της δυνατότητας σωστού προσανατολισμού των αεροσκαφών και για τον εντοπισμό εχθρικών αεροσκαφών σε μεγάλες αποστάσεις. Είναι επίσης γνωστά ως ραντάρ έγκαιρης προειδοποίησης μιας και με την ανίχνευση εχθρικών αεροσκαφών σε μεγάλες αποστάσεις παρέχουν αρκετό χρόνο για να οργανωθεί η άμυνα του εκάστοτε στόχου.



Ραντάρ εναέριας κυκλοφορίας αεροδρομίου Ν. Καζαντζάκη Ηρακλείου (<http://en.wikipedia.org/>, 2014)



Ραντάρ εναέριας κυκλοφορίας αεροδρομίου Heathrow Λονδίνου (<http://delagia.blogspot.co.uk/>, 2014)

3.3 Ραντάρ ελέγχου προσγειώσεως αεροσκαφών.

Εγκαθίστανται κοντά σε διαδρόμους αεροδρομίων ή σε αεροπλανοφόρα πλοία. Έχουν μικρή εμβέλεια, αλλά μεγάλη ακρίβεια και παρέχουν πληροφορίες για την απόσταση, το ύψος, την κατεύθυνση του διαδρόμου προσγειώσεως και του ίχνους καθόδου. Οι πληροφορίες αυτές αποστέλλονται από το χειρίστη του ραντάρ με ραδιοτηλέφωνο στα αεροσκάφη και έτσι εξασφαλίζεται ασφαλής προσγείωση, ακόμη και σε περιπτώσεις μηδενικής ορατότητας.



Ραντάρ Πολεμικού Ρωσικού πλοίου(<http://triiris.blogspot.gr>, 2014)



Ραντάρ αεροπλανοφόρου πλοίου(<http://www.cretalive.gr>, 2014)

3.4 Υψομετρικά ραντάρ. Ραντάρ ελέγχου προσγειώσεως αεροσκαφών.

Εγκαθίστανται σε αεροσκάφη και εξασφαλίζουν ακριβή μέτρηση του ύψους πτήσεώς τους.



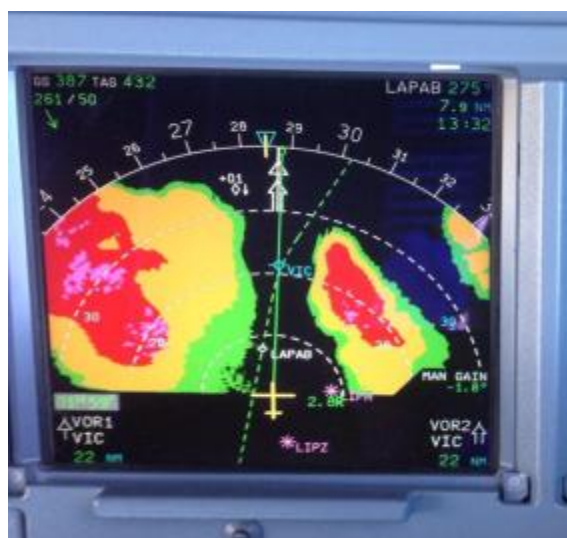
Οθόνη Ραντάρ Αεροσκάφους (<http://www.telegraph.co.uk>, 2014)

3.5 Μετεωρολογικά ραντάρ

Με αυτά εξασφαλίζεται ο έγκαιρος εντοπισμός και η παρακολούθηση των επερχομένων καταιγίδων, κυκλώνων και άλλων καιρικών φαινομένων.



Μετεωρολογικό ραντάρ (<http://web.ccsu.edu>, 2014)



Οθόνη Μετεωρολογικού Ραντάρ Airbus A320, Aegean Airlines, 2014

3.6 Ραντάρ ελέγχου πυρός.

Αποτελούν μέρος των διαφόρων τύπων οπλικών συστημάτων, στα οποία παρέχουν τα απαραίτητα στοιχεία βολής ή και στοιχεία διορθώσεως της κατευθύνσεως κινήσεως ορισμένων τύπων τηλεκατευθυνόμενων βλημάτων.



Ραντάρ Ελέγχου πυρός σε πλοίο του ναυτικού των ΗΠΑ
(<http://gcaptain.com/>, 2014)

3.7 Ραντάρ μετρήσεως ταχύτητας.

Με αυτά εξασφαλίζεται η ακριβής μέτρηση της ταχύτητας οχημάτων στους αυτοκινητόδρομους και διαπιστώνεται η τήρηση ή μη του ορίου ταχύτητας. Εξασφαλίζουν επίσης και τη μέτρηση της ταχύτητας πλοίων σε θαλάσσιες περιοχές που υπάρχει όριο ταχύτητας.



Φορητή συσκευή ραντάρ μετρήσεως ταχύτητας της τροχαίας
(<http://uthmag.com/>, 2014)



Ραντάρ Μετρήσεως ταχύτητας σε κεντρικό δρόμο
(<http://www.radarspeedsign.com/>, 2014)

3.8 Ραντάρ ανίχνευσης κίνησης.

Ανιχνεύουν κινήσεις στους χώρους που είναι εγκατεστημένα και ενεργοποιούν συναγερμούς, φώτα και διάφορους άλλους μηχανισμούς.



Ραντάρ ανίχνευσης κίνησης για ενεργοποίηση συναγερμού
(www.geta.gr, 2014)



Ραντάρ ανίχνευσης κίνησης για ενεργοποίηση προβολέα
(<http://www.clevermarket.gr>, 2014)

3.9 Δορυφορικά Ραντάρ

Χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίζουν το ομαλό ταξίδι και προσγείωση σκαφών σε πλανήτες. Επίσης χρησιμεύουν στην ανίχνευση κ εντοπισμό δορυφόρων αλλά και στην τηλεπισκόπηση του διαστήματος. Έτσι εξερευνώνται οι πλανήτες και γίνεται η χαρτογράφηση τους.



Δορυφορικό ραντάρ (www.astrowatch.net, 2014)

Τα ραντάρ διαχωρίζονται σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα:

3.10 Πρωτεύον ραντάρ Διερεύνησης ή PSR (Primary Surveillance Radar)

Ο όρος ραντάρ χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να περιγράψει το πρωτεύον ραντάρ διερεύνησης το οποίο αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και αποτέλεσε το πρώτο επιχειρησιακό ραντάρ. Ένα Πρωτεύον ραντάρ μεταδίδει σήματα υψηλής συχνότητας προς τους στόχους του οι οποίοι είναι αεροσκάφη. Οι παλμοί που μεταδίδονται από μία περιστροφική κεραία αντανακλώνται από το στόχο και στη συνέχεια λαμβάνονται πίσω σε αυτήν. Η ανακλώμενη ενέργεια ή ηχώ επεξεργάζεται περαιτέρω για να εξαχθούν πληροφορίες κυρίως για την απόσταση του αεροσκάφους. Μπορεί επίσης να υπολογιστεί και το αζιμούθιο από την κατεύθυνση της κεραίας τη στιγμή της ανίχνευσης.

Πλεονέκτημα του πρωτεύοντος ραντάρ είναι ότι δεν απαιτείται το αεροσκάφος να έχει κάποιο ειδικό όργανο για να λειτουργήσει, αρκεί μία επιφάνεια που μπορεί να ανακλάσει μέρος του προσπίπτοντος ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

Εκτός από το πλεονέκτημα αυτό, το πρωτεύον ραντάρ παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα. Το σημαντικότερο μειονέκτημα του είναι ότι δε μπορεί να δώσει πληροφορίες για την ταυτότητα του αεροσκάφους οπότε δεν είναι γνωστό αν είναι εχθρικό ή όχι. Επίσης, παρουσιάζει δυσκολία στη διάκριση της ωφέλιμης για εμάς ανάκλασης του αεροσκάφους λόγω του ότι επιστρέφει ανακλάσεις και από την ανίχνευση βροχής, εδάφους ακόμα και πτηνών. Τέλος, το πρωτεύον ραντάρ παρουσιάζει αδυναμία στη διάκριση αεροσκαφών που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και το ύψος των στόχων δεν καθορίζεται με ακρίβεια.

3.11 Δευτερεύον ραντάρ Διερεύνησης ή SSR (Secondary Surveillance Radar)

Το δευτερεύον ραντάρ διερεύνησης αναπτύχθηκε επίσης κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για να αντιμετωπίσει τα μειονεκτήματα του πρωτεύοντος ραντάρ. Αρχικά χρησιμοποιούσε το σύστημα IFF (Identification Friend or Foe), για την πολεμική αεροπορία, το οποίο αναγνώριζε αν τα αεροσκάφη που ανιχνεύονταν ήταν φιλικά ή εχθρικά. Το SSR είναι ο απόγονος του IFF και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα στην πολιτική αεροπορία.

Ένα Δευτερεύον ραντάρ λειτουργεί με ενεργά σήματα απόκρισης. Αυτό το είδος του ραντάρ χρησιμοποιεί έναν ειδικό αναμεταδότη στον ιπτάμενο στόχο δηλαδή τα αεροσκάφη. Όπως και το πρωτεύον, έτσι και το δευτερεύον ραντάρ εκπέμπει παλμούς ραδιοσυχνοτήτων από μία περιστρεφόμενη κεραία αλλά σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα ισχύος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ισχύς που απαιτείται στο δευτερεύον ραντάρ αρκεί να καλύψει τις απώλειες της εκπεμπόμενης μονάχα διαδρομής εφόσον για την επιστροφή του σήματος υπάρχει ο αναμεταδότης στα αεροσκάφη. Η απόκριση του αεροσκάφους εκπέμπεται σε διαφορετική συχνότητα. Έτσι αποτρέπονται οι παρεμβολές λόγω των ανακλάσεων βροχής, εδάφους και πτηνών.

Το βασικό πλεονέκτημα του Δευτερεύοντος ραντάρ είναι ότι παρέχει και άλλες χρήσιμες πληροφορίες για τα αεροσκάφη όπως ταυτότητα και ύψος. Αυτό προκύπτει από τα δεδομένα που μεταφέρονται από και προς τα αεροσκάφη τα οποία είναι κωδικοποιημένα. Η κωδικοποίηση της μετάδοσης γίνεται από το σταθμό εδάφους SSR, ο οποίος εκπέμπει παλμούς που καθορίζουν την ερώτηση ανάλογα με τη μεταξύ τους απόσταση. Γι αυτούς όλους τους λόγους το δευτερεύον ραντάρ κυριάρχησε ως το βασικό σύστημα ανίχνευσης στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας (ATC - Air Traffic Control). Άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα του είναι η δυνατότητα μεγάλης κάλυψης λόγω του ότι το σήμα που δέχεται η κεραία SSR μεταδίδεται από το αεροσκάφος οπότε είναι πολύ ισχυρότερο σε σχέση

με την ανάκλαση που θα προέκυπτε από το ίδιο αρχικό σήμα στο πρωτεύον ραντάρ. Έτσι, μειώνεται και η εξασθένιση του σήματος. Επίσης το SSR έχει πολύ μικρότερο κόστος από το PSR. Παρόλα αυτά το SSR λειτουργεί σε συνδυασμό με το PSR.

Το δευτερεύον ραντάρ παρουσιάζει ένα βασικό μειονέκτημα το οποίο είναι ο αναμεταδότης ή πομποδέκτης που πρέπει να είναι εγκατεστημένος και πάντα ενεργοποιημένος στα αεροσκάφη για να είναι εφικτή η επικοινωνία. Άλλα μειονεκτήματα είναι η αδυναμία ανταπόκρισης μετά από την αύξηση του ρυθμού ερώτησης (interrogation rate) του SSR, η λήψη λανθασμένων απαντήσεων μη συγχρονισμένων με τη μετάδοση του πομπού εδάφους (FRUIT - False Replies Unsynchronized with Interrogator Transmission) που προέρχονται από απαντήσεις γειτονικών αεροσκαφών και τέλος η αλλοίωση των πληροφοριών διαφορετικών αεροσκαφών λόγω επικάλυψης των απαντήσεων, φαινόμενο που αναφέρεται ως garbling.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων ραντάρ, τα παλμικά - pulse radar και τα συνεχούς κύματος – CW(Continuous wave) radar.

3.12 CW radar:

Σ' αυτόν τον τύπο συστήματος ραντάρ εκπέμπεται ένα συνεχές μικροκυματικό ημιτονικό κύμα σταθερού πλάτους. Η ηχώ είναι επίσης ένα όμοιο κύμα με ίδια συχνότητα αλλά μικρότερο πλάτος από αυτό του εκπεμπόμενου σήματος.

Τα CW ραντάρ διακρίνονται σε διαμορφωμένα και μη διαμορφωμένα:

3.12.1 Μη διαμορφωμένα:

Όταν ανιχνεύεται κάποιο κινούμενο αντικείμενο το ανακλώμενο σήμα υφίσταται μια μεταβολή στη συχνότητα. Για να υπολογιστεί η ταχύτητα ενός κινούμενου στόχου χρησιμοποιείται η μετατόπιση της συχνότητας μεταξύ του εκπεμπόμενου και ανακλώμενου σήματος. Η ολίσθηση αυτή της συχνότητας που προκύπτει όταν υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ σταθμού εκπομπής και στόχου ονομάζεται **φαινόμενο Doppler**.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του CW ραντάρ είναι ότι δίνει τη δυνατότητα να μετράται η ταχύτητα μακρινών αντικειμένων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και από τις αστυνομικές αρχές για τη μέτρηση της ταχύτητας των οχημάτων. Το μεταδιδόμενο σήμα αυτών των εξοπλισμών είναι σταθερό σε πλάτος και συχνότητα. Η μετάδοση αδιαμόρφωτης ισχύος μπορεί να μετρήσει την ταχύτητα μόνο με τη χρήση του φαινομένου Doppler. Το μη διαμορφωμένο CW ραντάρ δε μπορεί να μετρήσει εύρος και δεν μπορεί να διαφέρει μεταξύ των δύο ανακλώμενων αντικειμένων.

Διαμορφωμένα:

Με τη μέτρηση της διαφοράς των συχνοτήτων μεταξύ εκπεμπόμενου και ανακλώμενου σήματος μπορεί να προσδιοριστεί η ταχύτητα μεταξύ της μονάδας ραντάρ και του στόχου από τη σχέση $V=1.1*f*\lambda$ όπου:

f η διαφορά συχνοτήτων

λ το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου σήματος και

V η σχετική ταχύτητα μεταξύ σταθμού εκπομπής και στόχου

Η συχνότητα του Doppler υπολογίζεται από τη σχέση: $f_D = 2 * v * f / c$

Στο CW ραντάρ λόγω του φαινομένου Doppler παράγεται διαμόρφωση συχνότητας του φορέα. Για να υπάρχει μετατόπιση στη συχνότητα το κινούμενο παρατηρούμενο αντικείμενο θα πρέπει να κινείται από ή προς τη μονάδα ραντάρ και όχι παράλληλα σε αυτή για να υπάρχει σχετική κίνηση.

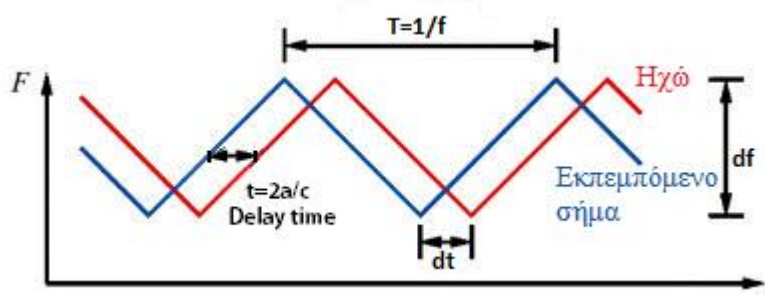
Το αδιαμόρφωτο CW ραντάρ έχει το μειονέκτημα ότι δεν μπορεί να μετρήσει εύρος, επειδή οι μετρήσεις του χρόνου εκτέλεσης δεν είναι δυνατές. Αυτό επιτυγχάνεται με διαμορφωμένα ραντάρ CW χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μετατόπισης συχνότητας. Σε αυτή τη μέθοδο, ένα σήμα που αλλάζει συνεχώς στη συχνότητα γύρω από μια σταθερή θέση αναφοράς χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει στατικά αντικείμενα. Συχνότητα σαρώνεται επανειλημμένως μεταξύ f_1 και f_2 . Κατά την εξέταση των λαμβανόμενων αντανakλώμενων συχνοτήτων (και με τη γνώση της μεταδιδόμενης συχνότητας), μπορεί να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός εύρους R. Το μειονέκτημα του είναι ότι δε μπορεί να προσδιορίζει αποστάσεις.

$$R = c * \Delta t / 2, \text{ όπου } \Delta t \text{ η διαφορά χρόνου}$$

3.13 FM CW radar

Frequency modulated continuous wave: Είναι μια παραλλαγή του CW ραντάρ που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές. Σε αυτό το σύστημα το σήμα παρουσιάζει συνεχή μορφή το οποίο όμως διαμορφώνεται κατά συχνότητα από ένα τριγωνικό κύμα. Λόγω του ότι η συχνότητα του εκπεμπόμενου σήματος μεταβάλλεται στο χρόνο μπορεί να συγκριθεί με τη συχνότητα της ηχούς.

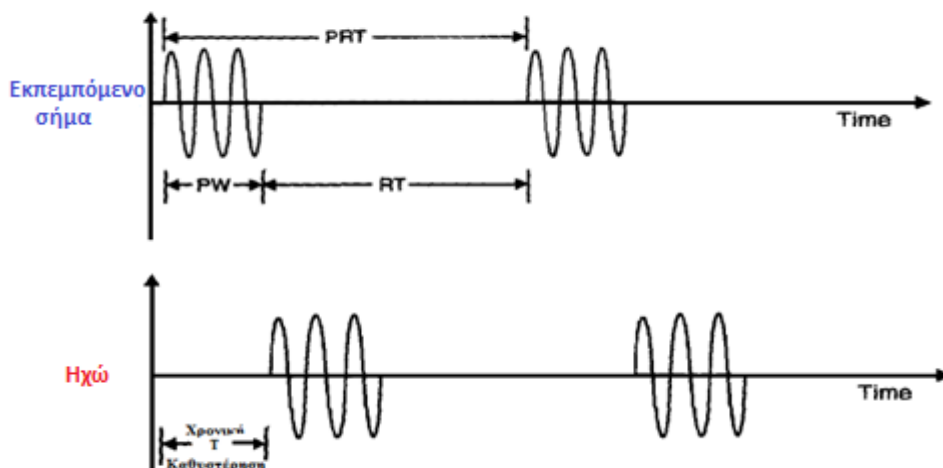
Ο χρόνος υπολογίζεται από τη διαφορά συχνότητας και συνεπώς μπορεί επίσης να προσδιοριστεί η απόσταση μεταξύ πομπού και στόχου. Η διαφορά συχνοτήτων μεταξύ εκπεμπόμενου σήματος και ηχούς είναι ανάλογη προς την απόσταση. Η καθυστέρηση του χρόνου μετατρέπεται σε συχνότητα η οποία υπολογίζεται από τη σχέση: $f = df / dt * t$. Χρησιμοποιούνται συνήθως στα υψομετρικά ραντάρ.



Σχ1.1 Σήματα FM CW ραντάρ

3.14 Pulse radar

Είναι η βασική μορφή ραντάρ που χρησιμοποιείται. Σήματα εκπέμπονται σε παλμούς μικρής διάρκειας. Ένας μικρός ηλεκτρικός παλμός συναντά το στόχο μετά από χρόνο $t_1 = a/c$ και επιστρέφεται πίσω στη μονάδα ραντάρ μετά από χρόνο $t_2 = 2a/c$. Η διάρκεια του παλμού συμβολίζεται με PW. Ο χρόνος μεταξύ των εκπεμπόμενων παλμών ονομάζεται PRT (Pulse Repetition Time). Από τον PRT μπορεί να υπολογιστεί και η PRF (Pulse Repetition Frequency) από τη σχέση: $PRF = 1/PRT$.



Σχ1.2 Σήματα παλμικού ραντάρ

Πολύ σημαντικό ρόλο στη απόδοση των εφαρμογών ραντάρ έχουν η διάρκεια του εκπεμπόμενου παλμού και του PRT. Για πολύ κοντινές αποστάσεις τα ραντάρ χρησιμοποιούν στενούς παλμούς και μικρούς PRTs λόγω του ότι η ηχώ επιστρέφει γρήγορα και πρέπει ο παλμός να έχει να έχει τελειώσει πριν την λήψη της. Έτσι, δεν υπάρχει ο κίνδυνος να χαθεί ή να υπερκαλυφτεί η ηχώ από το εκπεμπόμενο σήμα.

Αντίστοιχα, τα ραντάρ μακρινών αποστάσεων πρέπει να χρησιμοποιούν μεγαλύτερο PRT διότι η ηχώ σ' αυτήν την περίπτωση απαιτεί μεγαλύτερη χρονική διάρκεια έως ότου επιστραφεί. Αν ο PRT είναι συγκριτικά με την απόσταση του στόχου πολύ μικρότερος, υπάρχει πιθανότητα η ηχώ να επιστρέψει μετά το δεύτερο εκπεμπόμενο παλμό και όχι στο διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκύψουν μη ακριβείς μετρήσεις απόστασης μιας και η απόσταση του στόχου υπολογίζεται με τη μέτρηση της χρονικής καθυστέρησης T ανάμεσα στον εκπεμπόμενο παλμό και την επιστρεφόμενη ηχώ.

Τα παλμικά ραντάρ περιλαμβάνουν τα Παλμικά Doppler Radar και τα MTI Radar.

3.14.1 MTI (Moving Target Indication) ραντάρ

Είναι τα ραντάρ που χρησιμοποιούνται για ανίχνευση κινούμενων στόχων, εξαφανίζοντας ανεπιθύμητες επιστροφές από ακίνητους στόχους. Τα MTI ραντάρ χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των μετρήσεων λόγω του ότι συνδυάζουν παλμική και Doppler τεχνική. Χρησιμοποιούν αρκετά χαμηλές τιμές PRF ώστε να μην υπάρχουν ασάφειες εύρους. Υπολογίζουν διαδοχικά σήματα ηχούς για τον προσδιορισμό ολίσθησης φάσης. Έτσι μπορούν να δείξουν αν ένας στόχος κινείται, καθώς επίσης και να διακρίνουν πολλαπλούς κινούμενους στόχους.

3.14.2 Παλμικά Doppler Radar

Σε αντίθεση με ΜΤΙ ραντάρ, τα ραντάρ Doppler χρησιμοποιούν υψηλές PRF για να αποφεύγονται οι ασάφειες Doppler, αλλά μπορεί να υπάρξουν πολλές ασάφειες εύρους.

Τα ραντάρ Doppler καθιστούν δυνατή τη διάκριση κινούμενου στόχου παρουσία ηχούς από στατικά αντικείμενα. Αυτά τα ραντάρ συγκρίνουν τις ληφθείσες ηχούς με αυτές που λήφθηκαν στην προηγούμενη σάρωση. Η ηχώ από στατικά αντικείμενα θα έχει την ίδια φάση και ως εκ τούτου θα πρέπει να απορριφτεί, ενώ οι κινούμενοι στόχοι θα πρέπει να παρουσιάζουν κάποια αλλαγή φάσης.

Εάν η μετατόπιση Doppler ηχούς συμπίπτει με οποιαδήποτε από τις συνιστώσες συχνότητας στο πεδίο των συχνοτήτων του λαμβανόμενου σήματος, το ραντάρ δεν θα είναι σε θέση να μετρήσει την ταχύτητα του στόχου. Τέτοιες ταχύτητες ονομάζονται τυφλές ταχύτητες και υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\text{Blind Speed} = n \cdot c \cdot \text{PRF} / 2 \cdot f_0, \text{ όπου } f_0 \text{ η συχνότητα λειτουργίας του ραντάρ.}$$

Ταξινόμηση ραντάρ ως προς τα πρότυπα σάρωσης που χρησιμοποιούν

3.15 Ραντάρ κωνικής σάρωσης

Ο κύριος λοβός της δέσμης του ραντάρ περιστρέφεται σε έναν κύκλο γύρω από τη γραμμή σκόπευσης. Όταν ο στόχος είναι στη γραμμή σκόπευσης, επιστρέφεται μέγιστη ισχύς και το εύρος διακύμανσης είναι μηδέν. Όταν ο στόχος είναι μακριά από την γραμμή σκόπευσης, το επιστρέφον σήμα θα είναι ημιτονοειδούς σχήματος του οποίου το πλάτος είναι ανάλογο προς την απόσταση του στόχου που είναι μακριά από τη σκόπευση. Χρησιμοποιώντας τη θέση της μέγιστης ισχύος που ελήφθη και την παρακολούθηση θέση της ακτίνας σάρωσης μπορεί να προσδιοριστεί η θέση του στόχου. Όσο πιο ακριβής είναι η ανιχνεύσεως στόχου, τόσο μικρότερο είναι το εύρος του ημιτονοειδούς κύματος. Μηδενικό εύρος κύματος συνεπάγεται ραντάρ που στοχεύει ακριβώς το στόχο.

Το μειονέκτημα αυτών των ραντάρ είναι ότι δεν είναι σε θέση να δουν το στόχο έξω από τα στενά όρια σάρωσης τους, ως εκ τούτου, απαιτούνται άλλα ραντάρ για να επιτυγχάνεται εξ αρχής εστίαση στο στόχο. Επίσης, ο στόχος μπορεί να διαφύγει εύκολα από αυτά τα ραντάρ. Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα που συναντάται στην κωνική σάρωση είναι ότι η ανακλώμενη ισχύς αυξομειώνεται ανεξάρτητα από τη θέση στόχου στη δέσμη λόγω διάφορων άλλων παραγόντων. Δεδομένου ότι η θέση του στόχου προσδιορίζεται μόνο με βάση την λαμβανόμενη ισχύ, η μεταβολή της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος που οφείλεται σε άλλους παράγοντες δίνει παραπλανητικά αποτελέσματα.

3.16 Ραντάρ Track-While-Scan (TWS)

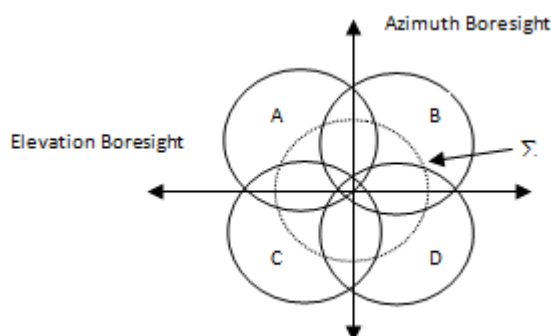
Σε αυτά τα ραντάρ έχει ξεπεραστεί το μειονέκτημα της κωνικής σάρωσης. Στα TWS ραντάρ η δέσμη τους σαρώνει μεγαλύτερες περιοχές και άρα είναι σε θέση να δουν το στόχο, ακόμη και αν η παρακολούθηση έχει χαλάσει. Στα TWS ραντάρ επίσης η επιστρέφουσα ισχύς μετράται ως συνάρτηση της θέσης της δέσμης και κατά συνέπεια επιτυγχάνεται η παρακολούθηση. Ωστόσο, οι μεγάλες περιοχές σάρωσης κάνουν τα TWS ραντάρ ιδιαίτερα ευάλωτα σε κάθε είδους παρεμβολές.

3.17 Μονοπαλμικά ραντάρ σάρωσης

Η σάρωση μπορεί να γίνει με διάφορες διαδοχικές παλμικές κεραίες ή τμήματα μιας μεγάλης κεραίας. Τα μονοπαλμικά ραντάρ σάρωσης χρησιμοποιούν ένα μονό ανακλαστήρα και τέσσερις χοάνες τροφοδοσίας. Αυτά οι χοάνες φωτίζουν διάφορα τμήματα του ανακλαστήρα σχηματίζοντας έτσι δύο επικαλυπτόμενες δέσμες κεραίας για δύο ορθογώνιους άξονες. Ο ένας είναι η ανύψωση σκόπευσης και ο άλλος η αζιμουθιακή σκόπευση.

Η γωνία αζιμουθίου είναι μία γωνία μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου που περιέχει τον στόχο και την κατεύθυνση αναφοράς, που μετράται σε ένα οριζόντιο επίπεδο.

Η γωνία ανύψωσης είναι μία γωνία μεταξύ του οριζοντίου επιπέδου και της γραμμής της όρασης, που μετράται στο κατακόρυφο επίπεδο.



Η διάταξη του αθροίσματος των τεσσάρων χοανών χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του εύρους $\Sigma=A+B+C+D$. Οι τεχνικές αυτές παρέχουν υψηλότερα ποσοστά σάρωσης, αλλά απαιτούν και επιπλέον hardware. Αυτή η τεχνική συνήθως χρησιμοποιείται στα πλοία.

3.18 Ραντάρ Ηλεκτρονικής Σάρωσης

Τα μηχανικά συστήματα σάρωσης πιθανόν δε χρησιμοποιούνται πια ευρέως λόγω διαφόρων παραγόντων όπως η αδράνεια της κεραίας, η ακαμψία, κλπ. Δεδομένου ότι πρέπει να τοποθετηθεί μηχανικά, είναι εγγενώς αργή και απαιτεί μεγάλη ποσότητα ισχύος. Ενώ κατευθύνουν κινούμενους στόχους με υψηλή ταχύτητα, δεν είναι σε θέση να τοποθετήσουν τη δέσμη ραντάρ με το βέλτιστο δυνατό τρόπο.

Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα αναπτύχθηκαν τα ηλεκτρονικά κατευθυνόμενα phased array ραντάρ. Δεν έχουν κανένα πρόβλημα όσον αφορά την αδράνεια ούτε καθυστερήσεις ή

προβλήματα που σχετίζονται με μηχανικό έλεγχο κίνησης. Αρχή που διέπει την ηλεκτρονική καθοδήγηση μιας ακτίνας είναι η εποικοδομητική και συγχρόνως καταστροφική παρεμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Οι Phased array κεραίες χρησιμοποιούν τον αριθμό των στοιχείων ακτινοβολίας σε μια σειρά. Η φάση του σήματος διέγερσης σε αυτά τα στοιχεία συμβάλει στο να αποφασιστεί με ποιο τρόπο θα κατευθυνθεί μια δέσμη. Συνεπώς από ηλεκτρονική αλλαγή της φάσης του σήματος διέγερσης, η δέσμη μπορεί να κατευθυνθεί με ακρίβεια σε μία επιθυμητή κατεύθυνση.

4. Παράγοντες απόδοσης Ραντάρ

Η απόδοση ενός συστήματος ραντάρ διέπεται από τούς παράγοντες [22]:

- ✓ Ευαισθησία δέκτη & Λόγος σήματος προς θόρυβο:

Ο λόγος σήματος προς θόρυβο καθορίζει την ικανότητα να αναγνωρίζονται στόχοι παρουσία τυχαίου θορύβου (ο οποίος είναι πάντα παρόν). Ο θόρυβος καθορίζει το κατώτερο όριο της ευαισθησίας του δέκτη. Όσο μικρότερος είναι ο θόρυβος, ο δέκτης σήματος μπορεί να επεξεργαστεί καλύτερα την περιοχή μετρήσεων του ραντάρ. Η καλή αναλογία σήματος προς θόρυβο μειώνει τις ανακριβείς μετρήσεις, τις απώλειες στόχων και ενισχύει την πιθανότητα ανίχνευσης.

- ✓ Εύρος Ζώνης Δέκτη:

Εύρος ζώνης του δέκτη είναι βασικά οι συχνότητες που μπορεί να επεξεργαστεί ο δέκτης. Μειώνοντας το εύρος ζώνης αυξάνεται η αναλογία S / N , αλλά διαστρεβλώνεται ο μεταδιδόμενος παλμός και μειώνεται η πιθανότητα ανίχνευσης.

- ✓ Ρυθμός σάρωσης

Ρυθμός σάρωσης είναι η ταχύτητα περιστροφής της κεραίας (ή της δέσμης). Καθορίζει το χρόνο παραμονής στο στόχο. Ραντάρ υψηλής PRF σαρώνουν πιο γρήγορα ενώ ραντάρ χαμηλής PRF σαρώνουν σχετικά πιο αργά.

- ✓ Ισχύς

Ο λόγος ακτινοβολούμενης ισχύος με τον PRT είναι η μέση ισχύς. Όσο μεγαλύτερη είναι η εκπεμπόμενη ισχύς τόσο μεγαλύτερο είναι και το φάσμα. Όσο μικρότερη όμως είναι η μέση ισχύς τόσο υπάρχει περιορισμός για χρήση μικρότερων εξαρτημάτων στο ραντάρ.

- ✓ Συχνότητα λειτουργίας

Η επιλογή της συχνότητας καθορίζεται από τα ατμοσφαιρικά παράθυρα μετάδοσης και από τη λειτουργία του ραντάρ. Η συχνότητας καθορίζει το βέλτιστο μέγεθος της κεραίας, τα σήματα εισόδου του δέκτη, τα επίπεδα ισχύος, κλπ.

- ✓ Η συχνότητα παλμού επανάληψης

Ως συχνότητα παλμού επανάληψης θεωρείται ο αριθμός των παλμών ραντάρ που μεταδίδεται κάθε δευτερόλεπτο. Ο ρυθμός μεταδόσεως παλμών αυτόματα επιμηκύνεται για μεγαλύτερες αποστάσεις.

- ✓ Η διατομή ραντάρ του στόχου

Είναι ένα μέτρο του πόσο ανιχνεύσιμο ένα αντικείμενο με ένα ραντάρ. Μια μεγαλύτερη RCS υποδεικνύει ότι ένα αντικείμενο ανιχνεύεται πιο εύκολα.

- ✓ Το κέρδος της κεραίας

Είναι ο βαθμός στον οποίο η κεραία ενισχύει το εισερχόμενο σήμα προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Όσο μεγαλύτερη είναι η κεραία τόσο υψηλότερο είναι το κέρδος της άρα τόσο καλύτερες και η μετρήσεις που προκύπτουν.

- ✓ Το άνοιγμα της κεραίας

Όσο μεγαλύτερο είναι το άνοιγμα μιας κεραίας τόσο υψηλότερο είναι το κέρδος της.

4.1 Εξισώσεις των ραντάρ

Η ανακλώμενη ισχύς P_r στο ραντάρ εξαρτάται από την πυκνότητα ισχύος, το κέρδος της κεραίας G , και από τη μεταβλητή διατομής οπισθοσκέδασης ραντάρ σ . Διατομή οπισθοσκέδασης χαρακτηρίζεται η ισοδύναμη επιφάνεια που θα χρειαζόταν από ένα ισότροπο σκεδαστή για να επιστρέψει στον δέκτη την ισχύ που πράγματι λαμβάνεται.

$$P_r = \frac{P_t}{4\pi R_1^2} G \sigma$$

Όπου P_t η εκπεμπόμενη ισχύς
 R_1 η απόσταση της κεραίας από το στόχο

Απλουστευμένα ένας στόχος μπορεί να θεωρηθεί σαν ακτινοβολέας λόγω της ανακλώμενης ισχύος. Στην περίπτωση αυτή η ανακλώμενη ισχύς P_r είναι η ισχύς που εκπέμπεται. Δεδομένου πως η ηχώ αντιμετωπίζει τις ίδιες συνθήκες με την εκπεμπόμενη ισχύ, η πυκνότητα ισχύος S_e που αποδίδεται στο δέκτη δίδεται από τη σχέση:

$$S_e = \frac{P_r}{4\pi R_2^2}$$

Όπου R_2 η απόσταση του στόχου από την κεραία

Στην κεραία του ραντάρ η λαμβανόμενη P_r ισχύς εξαρτάται από την πυκνότητα ισχύος στο σημείο λήψης S_e και το άνοιγμα κεραίας A_w .

$$P_r = S_e A_w$$

Το αποδοτικό άνοιγμα της κεραίας προκύπτει από το γεγονός ότι οι κεραίες πάσχουν από απώλειες, ως εκ τούτου, η λαμβανόμενη ισχύς στην κεραία δεν είναι ίση με την ισχύ εισόδου. Κατά κανόνα, η απόδοση της κεραίας είναι περίπου από 0.6 έως 0.7.

Στη γεωμετρική περιοχή της κεραίας A , το αποδοτικό άνοιγμα της κεραίας είναι

$$A_w = A K_a$$

Όπου K_a η αποδοτικότητα
Η λαμβανόμενη ισχύς P_r οπότε υπολογίζεται:

$$P_r = S_e A_w$$

$$P_r = S_e A K_a$$

$$P_r = \frac{P_r}{4\pi R_2^2} A K_a, \text{ χρησιμοποιώντας τη σχέση } P_r = \frac{P_t}{4\pi R_1^2} G \sigma \text{ έχουμε:}$$

$$P_r = \frac{\frac{P_t}{4\pi R_1^2} G \sigma}{4\pi R_2^2} A K_a = \frac{P_t G \sigma}{(4\pi)^2 R_2^2 R_1^2} A K_a \quad \text{όμως } R_1 = R_2 \text{ οπότε}$$

$$P_r = \frac{P_t G \sigma}{(4\pi)^2 R^4} A K_a \quad (1)$$

Το κέρδος συνδέεται με το μήκος κύματος λ με τη σχέση $G=$

$$\text{Αν λύσουμε ως προς } A \text{ προκύπτει: } A = \frac{G \lambda^2}{4\pi K_a}$$

και αντικαθιστώντας στην εξίσωση της (1) καταλήγουμε ότι:

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$

Επιλύοντας ως προς την απόσταση R προκύπτει ο τύπος:

$$R = \sqrt[4]{\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{P_r (4\pi)^3}}$$

Έστω $P_{r \min}$ η μικρότερη λαμβανόμενη ισχύς που μπορεί να ανιχνευθεί από το ραντάρ. Μικρότερη ισχύς από $P_{r \min}$ δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί, δεδομένου ότι χάνεται στο θόρυβο του δέκτη. Η ελάχιστη ισχύς που μπορεί να ανιχνευτεί στη μέγιστη απόσταση R_{\max} , δίδεται από την εξίσωση [23]:

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{P_{r \min} (4\pi)^3}}$$

4.2 Κεραία Ραντάρ

Η κεραία είναι από τα σημαντικότερα μέρη ενός ραντάρ μιας και από αυτήν εξαρτώνται οι βασικότερες λειτουργίες. Μεταφέρει την εκπεμπόμενη ισχύ του σήματος με κατάλληλη κατανομή, δέχεται το ανακλώμενο σήμα και ρυθμίζει τις κατάλληλες συχνότητες για τον επαναπροσδιορισμό των στόχων. Η σημαντικότερη λειτουργία τους όμως είναι ο κατάλληλος σχηματισμός λοβών εκπομπής και λήψης.

Παλαιότερα, τα ραδιοσήματα που εκπέμπονταν από μία μονή κεραία θα εξαπλωνόταν προς όλες τις κατευθύνσεις και ομοίως τα σήματα που λαμβάνονταν από μονή κεραία θα λαμβάνονταν από όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό δημιουργούσε πρόβλημα στα ραντάρ στο να προσδιορίσουν που βρίσκεται ο στόχος.

Γι αυτό το λόγο με τον καιρό τα σύγχρονα συστήματα άρχισαν να χρησιμοποιούν πανκατευθυντικές κεραίες με κατευθυντικούς δέκτες που ήταν στραμμένες προς διάφορες κατευθύνσεις. Αυτή η λύση όμως παρουσιάζει έναν σοβαρό περιορισμό ότι αφού η εκπομπή γίνεται προς όλες τις κατευθύνσεις, το ποσό ενέργειας στην κατεύθυνση που εξετάζεται είναι μόνο ένα μικρό μέρος της ποσότητας που μεταδόθηκε.

Λύση στο θέμα αυτό δίνουν οι κατευθυντικές κεραίες εκπομπής. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τύπων κεραιών ραντάρ και οι σημαντικότερες θα περιγραφούν παρακάτω.

Για συχνότητες στην περιοχή των μικροκυμάτων (δηλ. από περίπου 1 GHz και άνω), η πιο συχνά απαντώμενη κεραία τόσο για τις επικοινωνίες όσο και για τις εφαρμογές ραντάρ εξακολουθεί να είναι ο παραβολοειδής ανακλαστήρας με την τροφοδοσία κυματοδηγού κέρατου. Συνήθως τέτοιες κεραίες έχουν εύρη δέσμης από μερικούς βαθμούς, τα κέρδη κυμαίνονται από 25 έως 45 dB και μέγιστους

πλευρικούς λοβούς που κυμαίνονται από 20 έως 35 dB κάτω από την κύρια κορυφή. Η πιο επικίνδυνη περιοχή γύρω από την κεραία είναι προφανώς αυτή που καταλαμβάνει η κύρια δέσμη, αλλά και άλλες πιθανώς επικίνδυνες περιοχές πρέπει να εξετασθούν.

Ο ανακλαστήρας δεν θα παρακολουθήσει όλη την ισχύ που εκπέμπεται από την τροφοδοσία και η διάχυση πυκνότητας ισχύος μπορεί να εκτιμηθεί λαμβάνοντας υπόψη την τροφοδοσία σε περίπτωση απουσίας του ανακλαστήρα. Τυπικά το εύρος δέσμης τροφοδοσίας θα είναι τέτοιο ώστε η εκπομπή στο άκρο του πιάτου να είναι μεταξύ 8 έως 15 dB κάτω. Οι ανακλαστήρες που χρησιμοποιούνται σε ορισμένες κεραίες ραντάρ δεν είναι στερεό μέταλλο, αλλά είναι κατασκευής «αυγοθήκης» ή αποτελούνται από πλέγματα, μεταλλικά σύρματα ή λωρίδες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ισχύς που διέρχεται διαμέσου του ανακλαστήρα από την πρωτεύουσα τροφοδοσία είναι εξασθενημένη μόνο κατά μερικά 15 έως 20 dB.

Έτσι, στην περίπτωση ορισμένων, υψηλής ισχύος, ραντάρ εδάφους υπάρχει δυνητικά επικίνδυνη περιοχή ακριβώς πίσω από τον ανακλαστήρα όπου οι χειριστές θα μπορούσαν να στέκονται. Ειδικότερα, μεγάλη σημασία πρέπει να λαμβάνεται όταν ένα τηλεσκόπιο βρίσκεται στην άκρη του πιάτου, καθώς αυτό θα μπορούσε να ενεργεί ως κυματοδηγός κατευθύνοντας την σκεδασμένη ακτινοβολία στο μάτι του χειριστή.

Ενώ οι περισσότερες κεραίες που χρησιμοποιούνται για μικροκυματικές ζεύξεις και δορυφορική επικοινωνία, οι σταθμοί εδάφους χρησιμοποιούν κυκλικά ανοίγματα, πολλές κεραίες ραντάρ χρησιμοποιούν ελλειπτικά ή ορθογώνια ανοίγματα δίνοντας δέσμες ελλειπτικής διατομής. Παραλλαγές της κανονικής παραβολικής κεραίας και τροφοδοσίας, περιλαμβάνουν την off-set παραβολοειδή, την Cassegrain και το Γρηγοριανό πολλαπλών συστημάτων ανακλαστήρων.

Οι κεραίες σάρωσης χρησιμοποιούνται σε πολλές εγκαταστάσεις ραντάρ όπως εδάφους, των ναυτικών και των αεροπορικών συστημάτων. Αν μια τέτοια κεραία σαρώνει συνεχώς και έχει σχεδιαστεί για να αποτρέπει την ακτινοβολία εκτός από όταν σαρώνει, η αξονική πυκνότητας ροής ισχύος μακρινού πεδίου της που υπολογίζεται για μια στάσιμη δέσμη μπορεί να μειώνεται κατά την αναλογία του εύρους δέσμης 3 dB στη γωνία τομέα σάρωσης. Ωστόσο, για το εγγύς-πεδίο, πρέπει να υπενθυμιστεί ότι το εύρος δέσμης διευρύνει και θα τροποποιήσει το συντελεστή διόρθωσης σάρωσης. Στην περίπτωση των ηλεκτρονικά σαρωμένων κεραίων και, ειδικότερα, στις phase array, δεν υπάρχουν ορατά μέσα για το πότε η κεραία σκανάρει ή όχι και θα μπορούσε να είναι επικίνδυνο να εφαρμόζουν τον συντελεστή μείωσης σάρωσης. Επιπλέον, στην περίπτωση των phase array ραντάρ, η δέσμη μπορεί να μετακινηθεί γρήγορα σε οποιοδήποτε μέρος του τομέα σάρωσης και είτε μένοντας εκεί είτε σαρώνοντας ένα μικρό τομέα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η πυκνότητα ροής ισχύος επί του άξονα πρέπει να γίνει δεκτή σε ολόκληρο τον τομέα της σάρωσης προκειμένου να καθοριστεί μια επικίνδυνη περιοχή [5],[6].

4.2.1 Κέρδος κεραίας

Μία κεραία χαρακτηρίζεται από την απολαβή ή αλλιώς το κέρδος της είτε λειτουργεί σαν πομπός είτε σαν δέκτης. Στην ουσία το κέρδος περιγράφει το βαθμό στον οποίο μία κεραία συγκεντρώνει την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε μία στενή δέσμη. Οι υψηλά κατευθυντικές κεραίες που κατευθύνουν την ενέργεια σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις έχουν μεγαλύτερο κέρδος. Μία ιδανική κεραία που θα μπορούσε να κατανέμει την ενέργεια ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις λέγεται

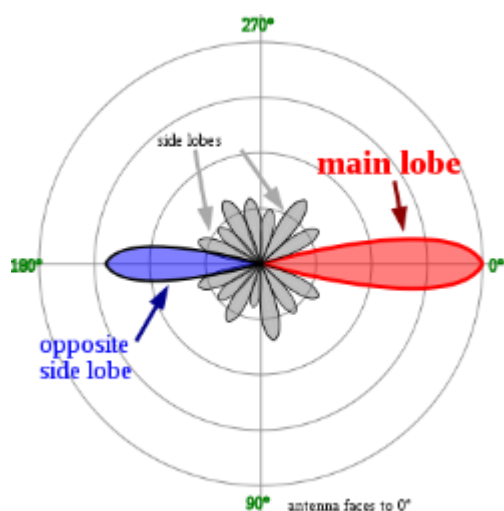
ισοτροπική. Το κέρδος ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που λαμβάνει μία κεραία προς την ενέργεια από μία ιδανική ισοτροπική κεραία.

Οι κεραίες εκπέμπουν τα κύματα του σήματος σε ένα κενό διάστημα κάτω από το διάφραγμα του φακού τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή διαφράγματος του φακού δηλαδή το άνοιγμά του και όσο μικρότερη από το μήκος κύματος λ τόσο μεγαλύτερο είναι το κέρδος της κεραίας. Η απόδοση της κεραίας η περιλαμβάνει όλες τις μειώσεις από το μέγιστο κέρδος. Το κέρδος υπολογίζεται από τον τύπο[24]:

$$G = \frac{\eta * 4\pi * A}{\lambda^2}$$

4.2.2 Διάγραμμα ακτινοβολίας

Με το διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί να απεικονιστεί το πεδίο που σχηματίζεται από την ενέργεια που ακτινοβολεί μια κεραία. Το σχήμα του διαγράμματος αυτού εξαρτάται από το είδος της κεραίας. Για την απεικόνιση του διαγράμματος χρησιμοποιούνται πολικές και καρτεσιανές συντεταγμένες.



Σχ 4.1 Διάγραμμα ακτινοβολίας σε πολικές συντεταγμένες

Η κύρια δέσμη ή κύριος λοβός (main beam or main lobe) είναι η περιοχή γύρω από τη μέγιστη ακτινοβολία. Οι πλευρικοί λοβοί (side lobes) είναι μικρότερες δέσμες και αναπαριστούν την ακτινοβολία που στρέφεται αναπόφευκτα και προς ανεπιθύμητες κατευθύνσεις. Οπίσθιος πλευρικός λοβός (opposite side lobe) ονομάζεται ο λοβός που βρίσκεται αντιδιαμετρικά από τον κύριο.

4.2.3 Άνοιγμα κεραίας (Aperture)

Είναι η περιοχή η οποία προσφέρεται για την εκπομπή και τη λήψη σήματος. Είναι μία σημαντική παράμετρος και σχετίζεται με την απόδοση της κεραίας. Αυτό φαίνεται από τον τύπο του κέρδους μιας και το άνοιγμα είναι ανάλογο με αυτό.

4.2.4 Πόλωση κεραίας

Στο πεδίο ακτινοβολίας μιας κεραίας περιλαμβάνεται το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Η κατεύθυνση της πόλωσης του κύματος καθορίζεται από το ηλεκτρικό πεδίο το οποίο είναι πάντα κάθετο προς το μαγνητικό. Υπάρχουν δύο είδη πόλωσης η γραμμική και η κυκλική [25],[26].

4.2.4.1 Γραμμική πόλωση

Η γραμμική πόλωση αφορά κάθετα και οριζόντια πολωμένα κύματα που λαμβάνονται από μία κεραία η οποία πρέπει και αυτή να είναι τοποθετημένη οριζόντια η κάθετα. Στη γραμμική πόλωση χρησιμοποιούνται δύο επίπεδα.

Το οριζόντιο όπου οι ηλεκτρικές γραμμές του πεδίου διαδίδονται σε οριζόντιες διευθύνσεις και το κάθετο όπου διαδίδονται σε κάθετες διευθύνσεις. Όταν η κεραία εκπομπής έχει ίδια πόλωση με την κεραία λήψης το κέρδος ενέργειας είναι μέγιστο.

4.2.4.2 Κυκλική πόλωση

Στην κυκλική πόλωση οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου περιστρέφονται κατά 360° είτε δεξιόστροφα είτε αριστερόστροφα. Όταν ένα κυκλικά πολωμένο κύμα ανακλάται από μία σταγόνα βροχής επιστρέφει στην κεραία με αντίθετη πόλωση. Η κεραία όμως απορρίπτει κύματα αντίθετης πόλωσης οπότε μικραίνει η πιθανότητα ανίχνευσης βροχής και αυξάνεται το κέρδος. Και σε αυτήν την περίπτωση οι κεραίες εκπομπής και λήψης θα πρέπει να έχουν ίδια πόλωση για μέγιστη απορρόφηση ενέργειας από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

4.3 Τύποι κεραίων που χρησιμοποιούν τα ραντάρ

4.3.1 Ανακλαστήρες-Reflectors

Οι κεραίες τύπου ανακλαστήρα χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο σε επίγεια μέρη όσο και σε πλωτά ή αεροσκάφη για ανίχνευση αντικειμένων στην επιφάνεια της θάλασσας και στον αέρα. Είναι κεραίες εύκολες στην κατασκευή τους και σχετικά χαμηλού κόστους. Μπορεί να είναι είτε συμπαγείς, που συνήθως φτιάχνονται από χάλυβα ή αλουμίνιο, είτε διατρητές συρμάτινες. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας τους συγκριτικά με το μήκος κύματος, τόσο στενότερο είναι και το εύρος του παραγόμενου λοβού. Διακρίνονται σε διάφορους τύπους με βασικότερο την παραβολική κεραία ή παραβολικό ανακλαστήρα.

Η παραβολική κεραία ή πιάτο (*parabolic reflector/dish*) όπως αποκαλείται, είναι από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους τύπους κεραίας ανακλαστήρων των ραντάρ. Μία τέτοια κεραία αποτελείται από ένα παραβολικό ανακλαστήρα και μία τροφοδοσία που βρίσκεται τοποθετημένη στο κέντρο του ανακλαστήρα. Ο κυκλικός παραβολικός ανακλαστήρας κατασκευάζεται από μέταλλο και είναι ένα πλαίσιο κατασκευασμένο από μεταλλικό πλέγμα στην εσωτερική πλευρά. Αποτελεί τον καθρέπτη της ενέργειας του ραντάρ. Ο ανακλαστήρας εστιάζει την ενέργεια του στόχου σε μία στενή δέσμη. Το κύριο πλεονέκτημα της κεραίας αυτής είναι η υψηλή κατευθυντικότητα της και το μεγάλο κέρδος της.

Ένα παραβολικό πιάτο χρησιμοποιεί ανάλογα με την περίπτωση διάφορων σχημάτων χοάνες τροφοδοσίας. Οι χοάνες αυτές τροφοδοτούν με ενέργεια το πιάτο.





4.3.2 Parabolic cylinder

Ένας παραβολικός κυλινδρικός ανακλαστήρας που τροφοδοτείται από μία γραμμική πηγή μπορεί να επιτύχει κατευθυνόμενη δέσμη με μέτριο κόστος. Επιτρέπει τοποθέτηση σε χαμηλό υψόμετρο χωρίς να υποβαθμίζεται από την ανάκλαση του εδάφους. Το μειονέκτημά τους είναι ότι συχνά παρουσιάζουν μεγάλη παρεμπόδιση αν είναι συμμετρικοί αλλά με το σωστό σχεδιασμό τους μπορούν να επιφέρουν άριστη απόδοση.

Parabolic Cylinder (www.eiscat.se, 2014)

4.3.3 Cassegrain/Gregorian

Η κεραία Cassegrain, που προέρχεται από σχεδιασμό τηλεσκοπίων, είναι η πιο κοινή κεραία που χρησιμοποιεί πολλαπλούς ανακλαστήρες. Η τροφοδοσία φωτίζει το υπερβολοειδή υποανακλαστήρα, ο οποίος με τη σειρά του φωτίζει τον παραβολοειδή κύριο ανακλαστήρα. Η τροφοδοσία εστιάζεται στο επίκεντρο του υπερβολοειδούς και έπειτα στο επίκεντρο του παραβολοειδούς. Μια παρόμοια κεραία είναι η Γρηγοριανή (Gregorian), η οποία χρησιμοποιεί έναν ελλειψοειδή υποανακλαστήρα στη θέση του υπερβολοειδούς.

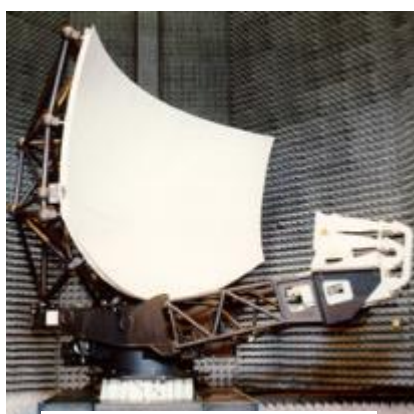
Cassegrain Antenna



(<http://www.bombayharbor.com>)

,2014)

4.3.4 Shaped Reflectors



Shaped Reflectors antenna
(<http://www.hellotrader.com>,

Οι κεραίες ανοιγμένης δέσμης ακτινοβολίας (fan beam) έχουν ένα καθορισμένο σχήμα που απαιτείται για διάφορους λόγους. Είναι κατευθυντικές κεραίες και κάθε τμήμα τους στοχεύει σε διαφορετική κατεύθυνση. Η κύρια δέσμη που παράγεται έχει στενό εύρος δέσμης στη μία διάσταση και ένα πλατύ στην άλλη. Αυτό το μοτίβο θα επιτευχθεί με ένα περικομμένο ανακλαστήρα παραβολοειδούς ή ένα κυκλικό παραβολοειδή ανακλαστήρα. Δεδομένου ότι ο ανακλαστήρας είναι στενός στο κατακόρυφο επίπεδο και πλατύς στο οριζόντιο, παράγει μια ακτίνα που είναι πλατιά στο κατακόρυφο επίπεδο και στενή στην οριζόντια. Όσο μεγαλύτερη δηλαδή είναι η διάσταση της κεραίας, τόσο στενότερη η δέσμη. Χρησιμοποιούνται για να παρέχουν κάλυψη σε σταθερά υψόμετρα ώστε να ανιχνεύουν το ύψος των στόχων.

4.3.5 Κεραίες με διάγραμμα ακτινοβολίας τετραγωνικής τέμνουσας - Stacked Beam Coscant Squared Patterns

Οι κεραίες με διάγραμμα ακτινοβολίας τετραγωνικής τέμνουσας παρέχουν ομοιόμορφη κατανομή ακτινοβολίας σε δέσμη μιας και κάθε χοάνη τροφοδοσίας εκπέμπει κατευθυνόμενα. Προσφέρουν πολύ καλύτερη σάρωση του χώρου καθώς κατανέμουν ομοιόμορφα την ισχύ του σήματος στο δέκτη. Διάγραμμα τετραγωνικής τέμνουσας μπορούμε να πετύχουμε με δύο επιλογές. Είτε με την αλλαγή σχήματος του παραβολικού κατόπτρου είτε με τη δημιουργία στοίβας δεσμών ακτινοβολιών χρησιμοποιώντας περισσότερες χοάνες τροφοδοσίας. Χρησιμοποιούνται ειδικά για ραντάρ παρακολούθησης εναέριας κυκλοφορίας.



Stacked Beam Antenna

(<http://www.radartutorial.eu/>, 2014)



Monopulse antenna in Spain
(www.antedo.com/, 2014)

Monopul

4.3.6 Μονοπαλμική κεραία - Monopulse antenna

Η μονοπαλμική κεραία δεν είναι βασικό μοντέλο κεραίας. Μονοπαλμική σημαίνει ότι με ένα και μόνο παλμό μπορεί να συλλέξει πληροφορίες επιτυγχάνοντας όσο το δυνατόν μέγιστη απόδοση. Χρησιμοποιείται για την καταστολή των πλευρικών λοβών. Ο στόχος είναι ορατός από το ραντάρ από τη στιγμή που εισέρχεται στον κύριο λοβό της δέσμης της κεραίας ή από τη στιγμή που φωτίζεται από την εκπεμπόμενη ακτίνα της κεραίας του ραντάρ. Χρησιμοποιείται από τα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα ραντάρ για τον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας.

4.3.7 Κεραία φακών – Lens

Οι φακοί αυτών των κεραιών διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες στον α) διηλεκτρικό φακό, β) φακό μεταλλικής πλάκας, και γ) φακό με ανομοιόμορφο δείκτη διάθλασης [3].

α) Η ομοιογενής κεραία διηλεκτρικού-φακού είναι παρόμοια με το συμβατικό οπτικό φακό. Ένα σημείο στο επίκεντρο του φακού παράγει ένα επίπεδο κύμα στην απέναντι πλευρά του φακού. Η εστίαση είναι αποτέλεσμα της διαφοράς στην ταχύτητα διάδοσης μέσα στο διηλεκτρικό, σε σύγκριση με την ταχύτητα διαδόσεως στον αέρα. Οι κεραίες αυτές έχουν χαμηλή απώλεια και μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν στην επιθυμητή μορφή. Δεδομένου ότι η ταχύτητα διάδοσης είναι μεγαλύτερη στο διηλεκτρικό μέσο από ότι στον αέρα, ένας συγκλίνων φακός είναι παχύτερος στο κέντρο από ότι στα άκρα, όπως ακριβώς και στην περίπτωση της οπτικής.

β) Ένα τεχνητό διηλεκτρικό μπορεί να κατασκευάζεται με κυματοδηγούς παράλληλων πλακών. Η ταχύτητα φάσης σε παράλληλη πλάκα κυματοδηγού είναι μεγαλύτερη από εκείνη στον ελεύθερο χώρο ως εκ τούτου, ο δείκτης διάθλασης είναι μικρότερος από τη μονάδα. Αυτό είναι αντίθετο με τη συνήθη διάθλαση στο οπτικό μέσο. Επομένως, ένας συγκλίνων φακός μεταλλικής πλάκας είναι λεπτότερος στο κέντρο από ότι στα άκρα, σε αντίθεση με ένα συγκλίνων φακό στο διηλεκτρικό το οποίο είναι λεπτότερο στα άκρα.

γ) Ένας από τους πιο σημαντικούς φακούς ανομοιόμορφου δείκτη διάθλασης στον τομέα των ραντάρ είναι ο Luneburg. Ο φακός Luneburg είναι σφαιρικά συμμετρικός και έχει την ιδιότητα ότι ένα επίπεδο κύμα στη σφαίρα εστιάζεται σε ένα σημείο στην επιφάνεια στη διαμετρικά αντίθετη πλευρά. Λόγω της σφαιρικής συμμετρίας του φακού, η εστίαση δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση του

προσπίπτοντος κύματος. Η δέσμη μπορεί να σαρωθεί με την τοποθέτηση μιας απλής τροφοδοσίας οπουδήποτε στην επιφάνεια του φακού ή εντοπίζοντας πολλές τροφοδοσίες κατά μήκος της επιφάνειας της σφαίρας και την εναλλάσσοντας τον πομπό ή το δέκτη ραντάρ από τη μία χοάνη στην άλλη. Ο Luneburg μπορεί επίσης να παράγει έναν αριθμό σταθερών δέσμεων.

4.3.8 *Phased array antennas*

Είναι μία συστοιχία κεραιών των οποίων οι φάσεις των αντίστοιχων σημάτων ποικίλουν ανάλογα, ώστε το διάγραμμα ακτινοβολίας να ενισχυθεί προς μία επιθυμητή κατεύθυνση. Η χωρική σχέση των μεμονωμένων κεραιών συμβάλει στην κατευθυντικότητα των phased array κεραιών. Χρησιμοποιούνται από τα ραντάρ παρακολούθησης διαστήματος, από τα αεροπορικά ραντάρ.



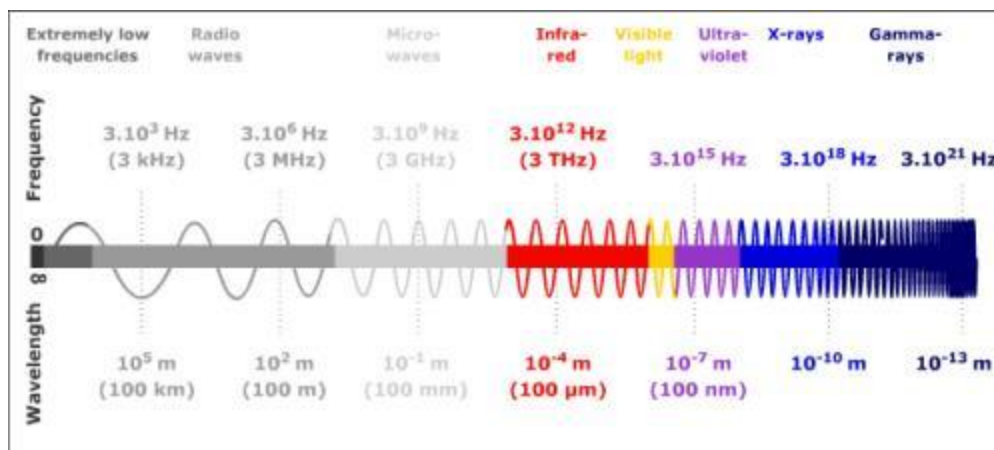
Phased array ραντάρ τοποθετημένο σε γερμανική φρεγάτα (en.wikipedia.org, 2014)



Phased array ραντάρ(en.wikipedia.org, 2014)

4.4 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι το εύρος όλων των πιθανών συχνοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται θεωρητικά από σχεδόν μηδενικές συχνότητες έως πολύ μεγάλες συχνότητες που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν άπειρες. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα χωρίζεται σε επιμέρους ζώνες οι οποίες είναι τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, η υπέρυθη ακτινοβολία, η ορατή ακτινοβολία, η υπεριώδης ακτινοβολία, οι ακτίνες X (X-rays) και οι ακτίνες γ (Gamma Rays).



Σχ 2. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συχνοτήτων

Τα ραδιοκύματα είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλών συχνοτήτων. Περιλαμβάνονται στην περιοχή συχνοτήτων από 0 έως 300MHz με μήκος κύματος από 0,1 έως 100cm. Τα ραδιοκύματα χρησιμοποιούνται στις επικοινωνίες και στις τεχνολογίες ραντάρ διότι παράγονται από κεραίες.

Τα μικροκύματα θεωρούνται η συνέχεια των ραδιοκυμάτων μιας και παράγονται και αυτά από κεραίες. Ανήκουν στην περιοχή συχνοτήτων από 300MHz έως 300GHz και έχουν χρησιμοποιηθεί από τις τηλεπικοινωνίες σε πλήθος εφαρμογών όπως και στις τεχνολογίες Radar που είχαν καθοριστικό ρόλο για τη λειτουργία τους.

Τα μικροκύματα διακρίνονται σε τρεις επιμέρους ζώνες:

- i) στα δεκατομετρικά μικροκύματα UHF
- ii) στα εκατοστομετρικά μικροκύματα και SHF
- iii) στα χιλιομετρικά μικροκύματα EHF.

Ζώνες Συχνοτήτων που χρησιμοποιούν τα ραντάρ σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 521

- **HF (High Frequency) band (3-30 MHz):** Τα ραντάρ χρησιμοποιούν την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ιονόσφαιρα ώστε να εντοπίζουν αντικείμενα πέρα από τον ορίζοντα. Τοποθετούνται συνήθως σε παραθαλάσσιες περιοχές. Σε αυτές τις συχνότητες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος από 10 - 100m.

- **VHF (Very High Frequency) band (30-300 MHz) και UHF (Ultra High Frequency) band (300-1000 MHz):** Στις πολύ υψηλές και υπερύψηλες συχνότητες χρησιμοποιούνται μεγάλου εύρους προειδοποιητικά ραντάρ (Early Warning Radars-EWR). Σε αυτές τις συχνότητες χρειάζεται μεγάλο άνοιγμα κεραίας λόγω του μεγάλου μήκους κύματος και της ευαισθησίας που απαιτείται για μετρήσεις μεγάλης ακτίνας δράσης. Το μήκος κύματος στις VHF συχνότητες κυμαίνεται από 1 - 10m ενώ στις UHF από 0,3-1m.

- **L (Long) band (1-2 GHz):** Τα ραντάρ αυτών των συχνοτήτων είναι κυρίως εδάφους ή ναυτικά που χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικές επιχειρήσεις μεγάλης ακτίνας ή για παρατήρηση του ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας. Το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται κυμαίνεται από 15 - 30cm.

- **S (Short) band (2-4 GHz):** Στην S band λειτουργούν τα περισσότερα ναυτικά ραντάρ και ραντάρ εδάφους. Χρησιμοποιείται και από τα ραντάρ εναέριας κυκλοφορίας καθώς και από τα μετεωρολογικά ραντάρ. Το μήκος κύματος εδώ κυμαίνεται από 7,5 - 15cm.

- **C band (4-8 GHz):** Είναι συνδυασμός μεταξύ S και X ζώνης (η ονομασία C προκύπτει από το Compromise). Οι συχνότητες αυτές χρησιμοποιούνται από τα μετεωρολογικά ραντάρ για πρόβλεψη καιρικών φαινομένων και από τους δορυφορικούς αναμεταδότες. Χαρακτηριστικό αυτής της ζώνης συχνοτήτων είναι το μεγάλο εύρος παρακολούθησης. Το μήκος κύματος κυμαίνεται από 3,75 - 7,5cm.
- **X band (8-12 GHz):** Χρησιμοποιείται από πολύτροπα αερομεταφερόμενα στρατιωτικά ραντάρ. Υπάρχει φυσικός περιορισμός για το μέγεθος της κεραίας. Χρησιμοποιήθηκε επίσης για καθοδήγηση πυραύλων αλλά και από τα ναυτικά, μετεωρολογικά ραντάρ και για την επιτήρηση και χαρτογράφηση μέτριας ανάλυσης του εδάφους. Ονομάστηκε X γιατί κατά τη διάρκεια του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου η συχνότητα ήταν μυστική. Το μήκος κύματος κυμαίνεται από 2,5 - 3,75cm.
- **K_u band (12-18 GHz):** Παρέχει υψηλή ανάλυση και χρησιμοποιείται για δορυφορικούς αναμεταδότες. Χρησιμοποιούν μικρού μεγέθους κεραίες. Στη ζώνη αυτή το μήκος κύματος κυμαίνεται από 1,67 - 2,5cm.
- **K band (18-24 GHz):** Τα ραντάρ που χρησιμοποιούν αυτές τις συχνότητες είναι περιορισμένα σε μικρής ακτίνας εφαρμογές λόγω της απορρόφησης από υδρατμούς. Οι εφαρμογές αυτές αφορούν τον έλεγχο της κυκλοφορίας για την ανίχνευση ταχύτητας οχημάτων, την ανίχνευση σύννεφων από τους μετεωρολόγους. Το μήκος κύματος κυμαίνεται από 1,11 - 1,67cm.
- **K_a band (24-40 GHz):** Οι συχνότητες αυτές περιορίζονται σε μικρή εμβέλεια και χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση, για παρακολούθηση αεροδρομίων και για να ξεκινούν τη λήψη φωτογραφιών των οχημάτων που παραβιάζουν το κόκκινο φανάρι από τις κάμερες παρακολούθησης. Εδώ χρησιμοποιούνται μήκη κύματος από 0,75 - 1,11cm
- **V band (40-75 GHz):** Στη ζώνη αυτή παρουσιάζεται μεγάλη απορρόφηση από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Αυτός είναι και ο λόγος που δε χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό εκτός από την έρευνα ραντάρ χιλιοστομετρικών κυμάτων. Το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται είναι 4 - 7,5mm.
- **W band (75-110 GHz):** Χρησιμοποιείται από μετεωρολόγους για παρατήρηση και απεικόνιση υψηλής ανάλυσης. Το μήκος κύματος αυτής της ζώνης κυμαίνεται από 2,7-4mm.
- **UWB band (1.6-10.5 GHz):** Τις συχνότητες αυτές χρησιμοποιούν τα "through the wall radar" δηλαδή τα ραντάρ που ανιχνεύουν κίνηση σε εσωτερικούς και εξωτερικούς στόχους για λόγους ασφαλείας. Χρησιμοποιούνται επίσης από διάφορα συστήματα απεικόνισης. Το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται είναι 18,75 - 2,8cm.

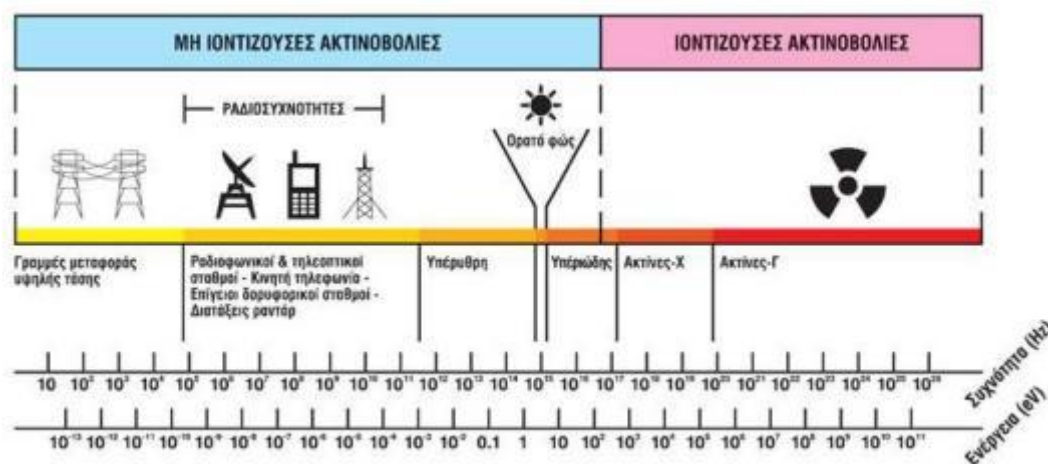
5. Είδη ακτινοβολίας - Πρότυπα

Γενικά:

Η ακτινοβολία είναι μορφή ενέργειας η οποία εκπέμπεται από κάποια πηγή και διαδίδεται στο χώρο με οριακά μεγάλη ταχύτητα.

Ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του δέχεται συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας τόσο από το φυσικό του περιβάλλον όσο και από τεχνητές πηγές. Η ακτινοβολία αυτή επιδρά πάνω του κατά τρόπο πολύπλοκο, άλλοτε ευεργετικά και άλλοτε βλαβερά, ανάλογα με το είδος της, την έντασή της και την ενέργεια που μεταφέρει.

Οι ακτινοβολίες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την ικανότητα που έχουν να προκαλούν ιοντισμό ή με άλλα λόγια να εισχωρούν στην ύλη. Αυτές είναι οι ιοντίζουσες και οι μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα οι RF ακτινοβολίες που χρησιμοποιούν τα ραντάρ είναι μη ιοντίζουσες[30][31][32].



Σχ 5.1. Ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες ως προς την ενέργεια και τη συχνότητα (<http://ecae.gr/>, 2014)

5.1 Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες

Μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι αυτές που μεταφέρουν σχετικά μικρό ποσό ενέργειας. Αυτή η ενέργεια δεν είναι ικανή να προκαλέσει ιοντισμό, να σπάσει δηλαδή χημικούς δεσμούς στα μόρια των κυττάρων. Σε μεγάλη ποσότητα ισχύος όμως είναι ικανή όμως να προκαλέσει ηλεκτρικές, χημικές και θερμικές επιδράσεις στα κύτταρα, που μπορούν να αποβούν άλλοτε επιβλαβείς και άλλοτε ευεργετικές για τη λειτουργία τους. Η συχνότητά τους είναι υψηλότερη από του ορατού φωτός και μικρότερου μήκους κύματος. Στις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες εντάσσονται οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες των στατικών ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων.

Οι βιολογικές επιδράσεις των μη ιοντίζουσών ακτινοβολιών εξαρτώνται από την ένταση και τη συχνότητα τους. Τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα επάγοντας πεδία και ρεύματα στο εσωτερικό του, ενώ τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα θερμαίνοντας τα κύτταρα και τους ιστούς.

5.2 Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες

Ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτινοβολίες που μεταφέρουν ενέργεια ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να προκαλέσει ιονισμό των ατόμων της, να διασπάσει βίαια χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές βλάβες σε ζώντες οργανισμούς. Ο ιονισμός του ατόμου είναι φυσικό φαινόμενο που ακολουθεί την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας με την ύλη. Είναι η βίαιη εκδίωξη ηλεκτρονίου από το άτομο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ζεύγους αντίθετα φορτισμένων ιόντων.

Οι γνωστότερες ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι η κοσμική ακτινοβολία, η οποία είναι η ακτινοβολία υψηλής ενέργειας που μας έρχεται από το εξωτερικό διάστημα με προέλευση από τον ήλιο, οι ακτίνες X 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 ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι διεισδυτικές. Η διεισδυτικότητά τους στην ύλη εξαρτάται από το είδος τους και την ενέργεια που μεταφέρουν.

Η έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα βλαβερά αποτελέσματα για την υγεία. Για πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, η έκθεση μπορεί να ακολουθηθεί από άμεση καταστροφή κυττάρων, οργάνων και συστημάτων και να οδηγήσει ενίοτε ακόμα και στο θάνατο του ανθρώπου.

Για σχετικά χαμηλές δόσεις, μικρότερες από αυτές που οδηγούν σε άμεσα αποτελέσματα, υπάρχει στατιστικά η πιθανότητα μελλοντικής εμφάνισης καρκίνου, της οποίας το μέτρο είναι ανάλογο της δόσης. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι βλάβες εκείνες που προκαλούνται στο γενετικό του υλικό του κυττάρου, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης. Οι ακτινοβολίες συγκαταλέγονται στους 4000 και πλέον καταγεγραμμένους καρκινογόνους παράγοντες. Στην κλίμακα επικινδυνότητας, οι ακτινοβολίες κατατάσσονται στους σχετικά ήπιους καρκινογόνους παράγοντες.

5.3 Διεθνή πρότυπα

Για τη διασφάλιση της υγείας του κοινού από τις τυχόν επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων έχουν τεθεί διεθνή πρότυπα που ορίζουν τα όρια έκθεσης στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Η πλειονότητα των εθνικών προτύπων και ορίων βασίζονται στις οδηγίες που ορίζονται από τη Διεθνή Επιτροπή Προστασίας από τις μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες «ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection)».

Πρόκειται για έναν μη κυβερνητικό επιστημονικό οργανισμό, επίσημα αναγνωρισμένο από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από τις μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες μελετά και αξιολογεί τα επιστημονικά αποτελέσματα ερευνών από όλο τον κόσμο και εκδίδει οδηγίες με τις οποίες με τις οποίες συνιστά συγκεκριμένα όρια για την έκθεση των ανθρώπων στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα επανεξετάζει τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών και επαναξιολογεί τις οδηγίες που έχει εκδώσει.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι τα όρια που προτείνουν οι οδηγίες της ICNIRP είναι βασισμένα στη διεξοδική μελέτη του συνόλου της σχετικής επιστημονικής βιβλιογραφίας. Προσφέρει προστασία σε όλους τους εξακριβωμένους κίνδυνους από έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αφού έχει λάβει υπόψη όλες τις σχετικές επιδράσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι οδηγίες της ICNIRP είναι κατά 50 φορές αυστηρότερες από την οριακή τιμή κάτω από την οποία έχουν καταγραφεί αρνητικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.

5.4 Ευρωπαϊκά πρότυπα

Την 12^η Ιουλίου 1999 πραγματοποιήθηκε Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής ένωσης στις Βρυξέλες σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz-300 GHz) (L199, 1999/519/EC) για την επίτευξη υψηλού επιπέδου προστασίας της υγείας [12].

Παράγοντες που μελετήθηκαν από το συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz-300 GHz).

Η συνθήκη προέβλεψε την προστασία της υγείας τόσο των εργαζομένων όσο και των καταναλωτών. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στο ψήφισμα του την 5^η Μαΐου 1994 σχετικά με την καταπολέμηση των βλαβερών συνεπειών που προκαλούνται από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες, κάλεσε την Επιτροπή να προτείνει νομοθετικά μέτρα για τον περιορισμό της έκθεσης των εργαζομένων και του κοινού στη μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Οι σχετικές διατάξεις των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα έπρεπε να βασίζονται σε ένα κοινώς συμφωνημένο πλαίσιο, ώστε να συντελούν στην εξασφάλιση της προστασίας όλης της Κοινότητας. Ο περιορισμός της έκθεσης του ευρύτερου κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία θα γινόταν λαμβάνοντας υπόψη τις συσκευές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που παρέχουν οφέλη για την υγεία, συντελώντας στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, όπως στους τομείς των τηλεπικοινωνιών, της ενέργειας και της δημόσιας ασφάλειας.

Ως βάση για τους συνιστώμενους περιορισμούς της έκθεσης πάρθηκαν υπόψη μόνο αποδεδειγμένες επιπτώσεις. Καθώς οι εκάστοτε γνώσεις επεκτείνονται και οι εξελίξεις της τεχνολογίας συνεχώς εξελίσσονται θα πρέπει να γίνεται επανεξέταση και επαναξιολόγηση αυτών ως προς τους συνιστώμενους περιορισμούς.

Το επίπεδο προστασίας κάθε κράτους για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να είναι κ αυστηρότερο της παρούσας σύστασης. Για τα μέτρα που προτείνει κάθε κράτος και για την εφαρμογή της παρούσας σύμβασης θα πρέπει να υποβάλλονται εθνικές και κοινοτικές εκθέσεις. Για την ορθή πρακτική αυτών των μέτρων τα κράτη οφείλουν να παρέχουν πληροφόρηση στην κοινότητα τόσο για το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη χρήση εξοπλισμών όσο και στην κατανόηση των κινδύνων που προκύπτουν ώστε να υπάρχει τήρηση των συνιστώμενων περιορισμών.

Βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς

Για την εφαρμογή περιορισμών που βασίζονται στην εκτίμηση πιθανών επιπτώσεων στην υγεία από ηλεκτρομαγνητικά πεδία, πρέπει να γίνεται διαφοροποίηση μεταξύ βασικών περιορισμών και επιπέδων αναφοράς. Οι βασικοί αυτοί περιορισμοί και τα επίπεδα αναφοράς για τον περιορισμό της έκθεσης, οριστικοποιήθηκαν ύστερα από διεξοδική μελέτη, εξέταση και ανασκόπηση όλης της δημοσιευμένης επιστημονικής βιβλιογραφίας. Ως βάση για τους προτεινόμενους περιορισμούς έκθεσης χρησιμοποιήθηκαν μόνον οι αποδεδειγμένες επιδράσεις.

Ως βασικοί περιορισμοί ορίζονται οι περιορισμοί έκθεσης σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία που βασίζονται άμεσα σε αποδεδειγμένες επιπτώσεις στην

υγεία και σε βιολογικές μελέτες. Ανάλογα με τη συχνότητα του πεδίου, τα φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν αυτούς τους περιορισμούς είναι η πυκνότητα μαγνητικής ροής (B), η πυκνότητα ρεύματος (J), ο ρυθμός ειδικής απορρόφησης ενέργειας (SAR) και η πυκνότητα ισχύος (S).

Επίπεδα αναφοράς: τα επίπεδα αυτά χρησιμοποιούνται για την πρακτική εκτίμηση της έκθεσης ώστε να διαπιστωθεί αν έχει υπάρξει υπέρβαση των βασικών περιορισμών. Ορισμένα επίπεδα αναφοράς προέρχονται από σχετικούς βασικούς περιορισμούς, με τη χρήση μετρήσεων ή και διαδικασιών υπολογισμού, ενώ άλλα περιλαμβάνουν την αντίληψη και τις δυσμενείς έμμεσες επιπτώσεις της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Τα φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται εδώ είναι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου (H), η ένταση μαγνητικού πεδίου (E), η πυκνότητα μαγνητικής ροής (B), η πυκνότητα ισχύος (S) και το ρεύμα των άκρων (IL). Τα μεγέθη που ορίζουν την αντίληψη και άλλες έμμεσες επιδράσεις είναι το ρεύμα επαφής (IC) και για παλμικά πεδία, η ειδική απορρόφηση ενέργειας (SA). Σε κάθε κατάσταση έκθεσης, οι μετρούμενες ή υπολογιζόμενες τιμές πολλών από αυτά τα μεγέθη μπορούν να συγκριθούν με το αντίστοιχο επίπεδο αναφοράς. Η συμμόρφωση με το επίπεδο αναφοράς εξασφαλίζει και τη συμμόρφωση με τον αντίστοιχο βασικό περιορισμό. Εάν η μετρούμενη τιμή υπερβαίνει το επίπεδο αναφοράς, δε σημαίνει οπωσδήποτε και υπέρβαση του βασικού περιορισμού. Κάτω πάντως από αυτές τις συνθήκες, θα πρέπει να εξεταστεί και να εξακριβωθεί η συμμόρφωση ή μη με το βασικό περιορισμό.

Η πυκνότητα μαγνητικής ροής και η πυκνότητα ισχύος είναι μεγέθη τα οποία μπορούν να μετρηθούν εύκολα σε ένα εκτιθέμενο άτομο. Χρησιμοποιούνται τόσο για τους βασικούς περιορισμούς όσο και για τα επίπεδα αναφοράς σε ορισμένες συχνότητες.

5.5 Βασικοί περιορισμοί

Για τον βασικό περιορισμό των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χρησιμοποιούνται τα παρακάτω φυσικά μεγέθη ανάλογα με τη συχνότητα.

- Για συχνότητες από 0 έως 1 Hz προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα της μαγνητικής ροής στατικών μαγνητικών πεδίων (0 Hz) και για την πυκνότητα ρεύματος χρονικά μεταβαλλόμενων πεδίων έως 1 Hz, για την πρόληψη επιπτώσεων στο καρδιαγγειακό και στο κεντρικό νευρικό σύστημα.
- Για συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ρεύματος που αφορούν στην πρόληψη επιπτώσεων σε λειτουργίες του νευρικού συστήματος.
- για συχνότητες από 100 kHz έως 10 GHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για τον ειδικό ρυθμό απορρόφησης SAR, για την πρόληψη θερμοπληξίας ολόκληρου του σώματος και υπερβολικής τοπικής θέρμανσης των ιστών. Για συχνότητες από 100 kHz έως 10 MHz, προβλέπονται επίσης περιορισμοί και για την πυκνότητα ρεύματος.
- για συχνότητες από 10 GHz έως 300 GHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ισχύος, για την πρόληψη της θέρμανσης των ιστών στην επιφάνεια του σώματος ή κοντά σε αυτήν.

Οι βασικοί περιορισμοί που περιέχονται στον παρακάτω πίνακα έχουν οριστεί έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες και αμφιβολίες που υπάρχουν και αφορούν στην ατομική ευαισθησία, στις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και στις διαφορές ανάλογα με την ηλικία και την κατάσταση της υγείας του κόσμου.

Βασικοί περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz - 300 GHz)

Ζώνη Συχνοτήτων	Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής(mT)	Πυκνότητα ρεύματος (mA/m ²) (rms)	Μέσος ρυθμός Ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα (W/kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός) (W/kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (άκρα) (W/kg)	Πυκνότητα Ισχύος S(W/m ²)
0 Hz	40	-	-	-	-	-
> 0 - 1 Hz	-	8	-	-	-	-
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	-
1000 Hz - 100 kHz	-	f/500	-	-	-	-
100 kHz - 10 MHz	-	f/500	0.08	2	4	-
10 MHz - 10 GHz	-	-	0.08	2	4	-
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

Σημειώσεις:

1. f είναι η συχνότητα σε Hz.

2. Ο βασικός περιορισμός της πυκνότητας ρεύματος στοχεύει στην προστασία από τις επιπτώσεις της άμεσης έκθεσης στους ιστούς του κεντρικού νευρικού συστήματος του κεφαλιού και του κορμού του σώματος και εμπεριέχει έναν παράγοντα ασφάλειας. Οι βασικοί περιορισμοί για τα πεδία ELF βασίζονται στις διαπιστωμένες δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι έντονες αυτές επιπτώσεις είναι σχεδόν ακαριαίες, και δεν υπάρχουν επιστημονικές ενδείξεις που να συνηγορούν υπέρ αλλαγής των βασικών περιορισμών για τη βραχυχρόνια έκθεση. Επειδή όμως οι βασικοί περιορισμοί αναφέρονται σε δυσμενείς επιπτώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ο συγκεκριμένος βασικός περιορισμός μπορεί να επιτρέπει και μεγαλύτερες πυκνότητες ρεύματος σε άλλους ιστούς του σώματος υπό τις ίδιες συνθήκες έκθεσης.

3. Λόγω της ηλεκτρικής ανομοιογένειας του σώματος, οι πυκνότητες ρεύματος πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος επί διατομής εμβαδού 1 cm² κάθετης προς τη διεύθυνση του ρεύματος.

4. Για συχνότητες έως 100 kHz, οι τιμές αιχμής της πυκνότητας του ρεύματος κορυφής μπορούν να υπολογιστούν με πολλαπλασιασμό της τιμής rms επί $\sqrt{2}$ ($\cong 1.414$). Για παλμούς διάρκειας t_p , η αντίστοιχη συχνότητα η εφαρμοστέα στους βασικούς περιορισμούς υπολογίζεται με τον τύπο $f = 1/(2t_p)$.

5. Για συχνότητες έως 100 kHz και για παλμικά μαγνητικά πεδία, η μέγιστη πυκνότητα ρεύματος που προκύπτει από τους παλμούς μπορεί να υπολογιστεί από το χρόνο ανόδου/καθόδου και τη μέγιστη ταχύτητα αλλαγής της πυκνότητας της μαγνητικής ροής. Η πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος

Ζώνη συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου-E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου-H (A/m)	Πυκνότητα μαγνητικής ροής πεδίου-B (μT)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κόματος S_{eq} (W/m ²)
--------------------	--	--	---	---

μπορεί στη συνέχεια να συγκριθεί με τον αντίστοιχο βασικό περιορισμό.

6. Θα πρέπει να εξάγεται ο μέσος όρος όλων των τιμών SAR ανά χρονικές περιόδους των 6 λεπτών .

7. Η τοπική SAR υπολογίζεται ως μέσος όρος των τιμών που εντοπίζονται σε 10g παρακειμένων ιστών επί μάζας. Η μεγαλύτερη SAR που προκύπτει πρέπει να αποτελεί την τιμή που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έκθεσης. Τα 10g ιστού υποδηλώνουν συνεχόμενη μάζα ιστού με σχεδόν ομοιογενείς ηλεκτρικές ιδιότητες. Η έννοια της συνεχόμενης μάζας ιστού είναι χρήσιμη για τους δοσιμετρικούς υπολογισμούς αλλά παρουσιάζει κάποιες δυσκολίες όσον αφορά τις άμεσες φυσικές μετρήσεις. Είναι επιτρεπτό να χρησιμοποιούνται απλά γεωμετρικά σχήματα, π.χ. κυβικά μέρη ιστών, αρκεί οι υπολογιζόμενες δοσιμετρικές ποσότητες να έχουν συντηρητικές τιμές σε σχέση με τις κατευθυντήριες γραμμές για τα επίπεδα έκθεσης.

8. Για παλμούς διάρκειας t_p η αντίστοιχη συχνότητα που πρέπει να εφαρμοστεί στους βασικούς περιορισμούς πρέπει να υπολογίζεται ως $f = 1/(2t_p)$. Εκτός αυτού, για παλμικές εκθέσεις, στη ζώνη συχνοτήτων 0,3 έως 10 GHz και για τοπικές εκθέσεις του κεφαλιού, προκειμένου να περιοριστούν και να αποφευχθούν επιδράσεις στην ακοή που προκαλούνται από τη θερμοελαστική διαστολή, συνιστάται η εφαρμογή ενός συμπληρωματικού βασικού περιορισμού: ότι η ειδική απορρόφηση (SA) δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 2mJ kg^{-1} (μέσος όρος 10g ιστού).

5.6 Επίπεδα αναφοράς

Επίπεδα αναφοράς ως προς την έκθεση προβλέπονται για λόγους σύγκρισης με τις τιμές των μετρούμενων μεγεθών. Η τήρηση όλων των προτεινόμενων επιπέδων αναφοράς θα εξασφαλίσει και την τήρηση των βασικών περιορισμών.

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία

(0 Hz — 300 GHz, σταθερές τιμές rms)

0 - 1 Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1 - 8 Hz	10000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8 - 25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-
0.025 – 0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0.8 - 3 kHz	250/f	5	6.25	-
3 - 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1 - 10 MHz	$87/f^{1/2}$	0.73/f	0.92/f	-
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 - 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	f/200
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

Εάν οι μετρούμενες τιμές είναι υψηλότερες από τα επίπεδα αναφοράς, δεν σημαίνει αυτομάτως ότι έχουμε και υπέρβαση των βασικών περιορισμών. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να εξεταστεί και να εκτιμηθεί κατά πόσον τα επίπεδα έκθεσης είναι χαμηλότερα από τους βασικούς περιορισμούς.

Τα επίπεδα αναφοράς για τον περιορισμό της έκθεσης προέρχονται από τους βασικούς περιορισμούς, υπό συνθήκες μέγιστης σύζευξης του πεδίου με το εκτιθέμενο σε αυτό άτομο, παρέχοντας έτσι το μέγιστο βαθμό προστασίας. Τα επίπεδα αναφοράς αποτελούν γενικά μέσες τιμές για όλο το σώμα του εκτιθέμενου ατόμου, με τη σημαντική όμως προϋπόθεση ότι δεν θα γίνεται υπέρβαση των βασικών περιορισμών τοπικής έκθεσης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν η έκθεση επικεντρώνεται σε ένα μόνο σημείο, όπως για παράδειγμα τα κινητά τηλέφωνα στο ανθρώπινο κεφάλι, η χρήση των επιπέδων αναφοράς δεν ενδείκνυται. Στις περιπτώσεις αυτές, η συμμόρφωση με τους βασικούς περιορισμούς τοπικής έκθεσης πρέπει να αξιολογείται άμεσα. Στους παρακάτω πίνακες παρέχεται μια σύνοψη των επιπέδων αναφοράς.

Σημειώσεις:

1. f όπως ορίζεται στη στήλη της ζώνης συχνοτήτων.
2. Για συχνότητες από 100 kHz έως 10 GHz, τα S_{eq} , E^2 , H^2 και B^2 πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας 6 λεπτών.
3. Για συχνότητες που υπερβαίνουν τα 10 GHz, τα S_{eq} , E^2 , H^2 και B^2 πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας $68/f^{1.05}$ λεπτών (f σε GHz).
4. Δεν ορίζεται τιμή πεδίου E για συχνότητες <1 Hz, που είναι στην πραγματικότητα στατικά ηλεκτρικά πεδία. Για τους περισσότερους ανθρώπους, η ενοχλητική αίσθηση επιφανειακών ηλεκτρικών φορτίσεων δεν γίνεται αντιληπτή σε πεδία με ένταση μικρότερη από 25 kV/m.

Σημείωση 1:

Δεν ορίζονται μεγαλύτερα επίπεδα αναφοράς για τη βραχυχρόνια έκθεση σε πεδία ELF (βλ πίνακα 1, σημείωση 2). Σε πολλές περιπτώσεις, και αν ακόμη οι μετρούμενες τιμές υπερβαίνουν τα επίπεδα αναφοράς, δεν έπεται κατ' ανάγκη και υπέρβαση του βασικού περιορισμού. Εφόσον αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των έμμεσων επιδράσεων της έκθεσης (π.χ. μικροσόκ), η υπέρβαση των γενικών επιπέδων αναφοράς για το κοινό είναι παραδεκτή, αρκεί να μην

παραβιάζεται και ο βασικός περιορισμός της πυκνότητας ρεύματος. Σε πολλές περιπτώσεις που απαντούν στην πράξη, η έκθεση σε εξωτερικά πεδία ELF στα επίπεδα αναφοράς επάγει πυκνότητες ρεύματος στο κεντρικό νευρικό σύστημα χαμηλότερες από τους βασικούς περιορισμούς. Αναγνωρίζεται επίσης ότι περισσότερες κοινές συσκευές εκπέμπουν εντοπισμένα πεδία που υπερβαίνουν τα επίπεδα αναφοράς. Συνήθως όμως αυτό συμβαίνει υπό συνθήκες έκθεσης τέτοιες ώστε, λόγω ασθενούς σύζευξης μεταξύ πεδίου και σώματος, να μη υφίσταται υπέρβαση των βασικών περιορισμών.

Για τις τιμές αιχμής ισχύουν τα ακόλουθα επίπεδα αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E (V/m), την ένταση του μαγνητικού πεδίου H (A/m) και την πυκνότητα μαγνητικής ροής B (μT):

— για συχνότητες έως 100 kHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί $\sqrt{2}$ ($\cong 1.414$). Για παλμούς διάρκειας t_p η αντίστοιχη εφαρμοστέα συχνότητα υπολογίζεται ως $f = 1/(2t_p)$,

— για συχνότητες από 100 kHz έως 10 MHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί 10^α ,

όπου $\alpha = [0,665 \cdot \log(f/10^5) + 0,176]$, με τη συχνότητα f εκφρασμένη σε Hz,

— για συχνότητες από 10 MHz έως 300 GHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί 32.

Σημείωση 2:

Γενικά, προκειμένου για παλμικά ή/και παροδικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων, υπάρχουν βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς εξαρτώμενα από τη συχνότητα, βάσει των οποίων μπορούν να αποτιμηθούν οι κίνδυνοι και να καταρτιστούν κατευθυντήριες γραμμές για την έκθεση σε παλμικές ή/και παροδικές πηγές. Η συντηρητική προσέγγιση παριστά το παλμικό ή παροδικό σήμα ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ως φάσμα Φουριέ των συνιστωσών του σε κάθε ζώνη συχνοτήτων, οι οποίες ακολούθως συγκρίνονται με τα επίπεδα αναφοράς για τις οικείες συχνότητες. Οι αθροιστικοί τύποι για την ταυτόχρονη έκθεση σε πεδία πολλαπλών συχνοτήτων μπορούν να εφαρμοστούν και για την εξακρίβωση της συμμόρφωσης με τους βασικούς περιορισμούς.

Μολονότι υπάρχουν λίγες μόνον πληροφορίες όσον αφορά τη σχέση ανάμεσα στις βιολογικές επιπτώσεις και τις τιμές αιχμής παλμικών πεδίων, για τις συχνότητες που υπερβαίνουν τα 10 MHz, προτείνεται ο μέσος όρος της S_{eq} εφ' όλου του εύρους του παλμού, να μην υπερβαίνει το 1000πλάσιο των επιπέδων αναφοράς, ή οι εντάσεις των πεδίων να μην υπερβαίνουν το 32πλάσιο των επιπέδων αναφοράς για την ένταση του πεδίου. Για συχνότητες από 0.3 GHz έως πολλά GHz, καθώς και για τοπική έκθεση της κεφαλής, με στόχο τον περιορισμό ή την αποφυγή επιπτώσεων στην ακοή λόγω της θερμοελαστικής διαστολής, πρέπει να περιοριστεί η ειδική απορρόφηση ενέργειας λόγω των παλμών. Σε αυτή τη ζώνη συχνοτήτων, η οριακή τιμή SA 4-16 mJ kg⁻¹ για την πρόκληση αυτής της επίπτωσης αντιστοιχεί, για παλμούς 30- μ s, σε τιμές αιχμής SAR 130-520 W kg⁻¹ στον εγκέφαλο. Από 100 kHz έως 10 MHz, οι πολλαπλασιαστικοί συντελεστές που δίνουν τις τιμές κορυφής για την ένταση πεδίων υπολογίζονται με παρεμβολή μεταξύ 1.5 για 100 kHz και 32 σε 10 MHz.

Ρεύμα επαφής και ρεύμα άκρων Για συχνότητες έως 110 MHz και προκειμένου να αποφευχθούν οι κίνδυνοι που οφείλονται σε ρεύματα επαφής, συνιστώνται πρόσθετα επίπεδα αναφοράς. Τα επίπεδα αναφοράς για το ρεύμα επαφής περιέχονται στον πίνακα που ακολουθεί. Τα επίπεδα αναφοράς για το ρεύμα επαφής καθορίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη ότι οι οριακές τιμές για το ρεύμα επαφής, οι οποίες

δημιουργούν βιολογικές αντιδράσεις σε γυναίκες και παιδιά, ανέρχονται αντίστοιχα περίπου στα δύο τρίτα και στο ήμισυ των τιμών για τους άνδρες.

Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγήμα σώματα (f σε kHz)

Ζώνη συχνοτήτων	Μέγιστο ρεύμα επαφής (mA)
0 Hz — 2.5 kHz	0.5
2.5 KHz — 100 kHz	0.2 f
100 KHz — 110 MHz	20

Για τη ζώνη συχνοτήτων 10 MHz έως 110 MHz, συνιστάται επίπεδο αναφοράς 45 mA ρεύματος διαμέσου οποιουδήποτε μέλους του σώματος, και αυτό για να περιορίζεται ο εντοπισμένος SAR ανά οποιαδήποτε βλεπτη χρονική περίοδο.

5.7 Τα όρια ασφαλούς έκθεσης στην Ελλάδα

Η ελληνική κυβέρνηση με 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) που εξέδωσε το 2000, μείωσε τα όρια κατά 20% σε σχέση με τη Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Με το Νόμο 3431/06 «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006), θεσμοθετήθηκαν ακόμη αυστηρότερα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού. Τα όρια που ισχύουν σήμερα στη χώρα μας είναι κατά 30% αυστηρότερα από εκείνα που ορίζουν οι διεθνείς οδηγίες και έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση και είναι από τα αυστηρότερα της Ευρώπης. Επιπλέον, καθορίζεται ελάχιστη απόσταση από σχολεία, βρεφονηπιακούς σταθμούς, γηροκομεία, νοσοκομεία, εντός της οποίας μειώνει κατά ακόμα 10% τα όρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα όρια περιορίζονται στο 60% εκείνων που έχει συστήσει η ΕΕ και η ICNIRP.

Ωστόσο η χρήση της απόστασης ως παράγοντα για τον καθορισμό των ορίων ασφαλούς έκθεσης δε στηρίζεται σε επιστημονικά δεδομένα. Διεθνώς τα όρια καθορίζονται από την πυκνότητα ροής ισχύος του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και σε καμία περίπτωση από την απόσταση. Τα επίπεδα ασφαλείας και όχι η απόσταση μιας κεραιάς από μια κατοικημένη περιοχή είναι ο κατάλληλος δείκτης για τη μέτρηση των επιπτώσεων στην υγεία των πολιτών.

Αντίστοιχη είναι και η τοποθέτηση της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας - ΕΕΑΕ για το θέμα. Επειδή ο τρόπος που ακτινοβολούν οι διάφορες κεραιοδιατάξεις είναι διαφορετικός, δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί μια απόσταση ασφαλείας που να είναι κοινή για όλα τα είδη κεραιοδιατάξεων. Με τη θέσπιση ορίων έκθεσης για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αυτή καθ' εαυτή η απόσταση ασφαλείας προκύπτει ως παράγωγο μέγεθος και είναι μεγάλη για κεραιές που ακτινοβολούν ισχυρά και μικρή για κεραιές που ακτινοβολούν ασθενώς, λαμβάνοντας υπόψη και την κατεύθυνση που ακτινοβολούν οι κεραιές. Έτσι, η απόσταση ασφαλείας που προκύπτει μπορεί να είναι μικρότερη από μέτρο για τις πολύ ασθενείς κεραιές έως και εκατοντάδες μέτρα για τις ισχυρές κεραιές εκπομπής.

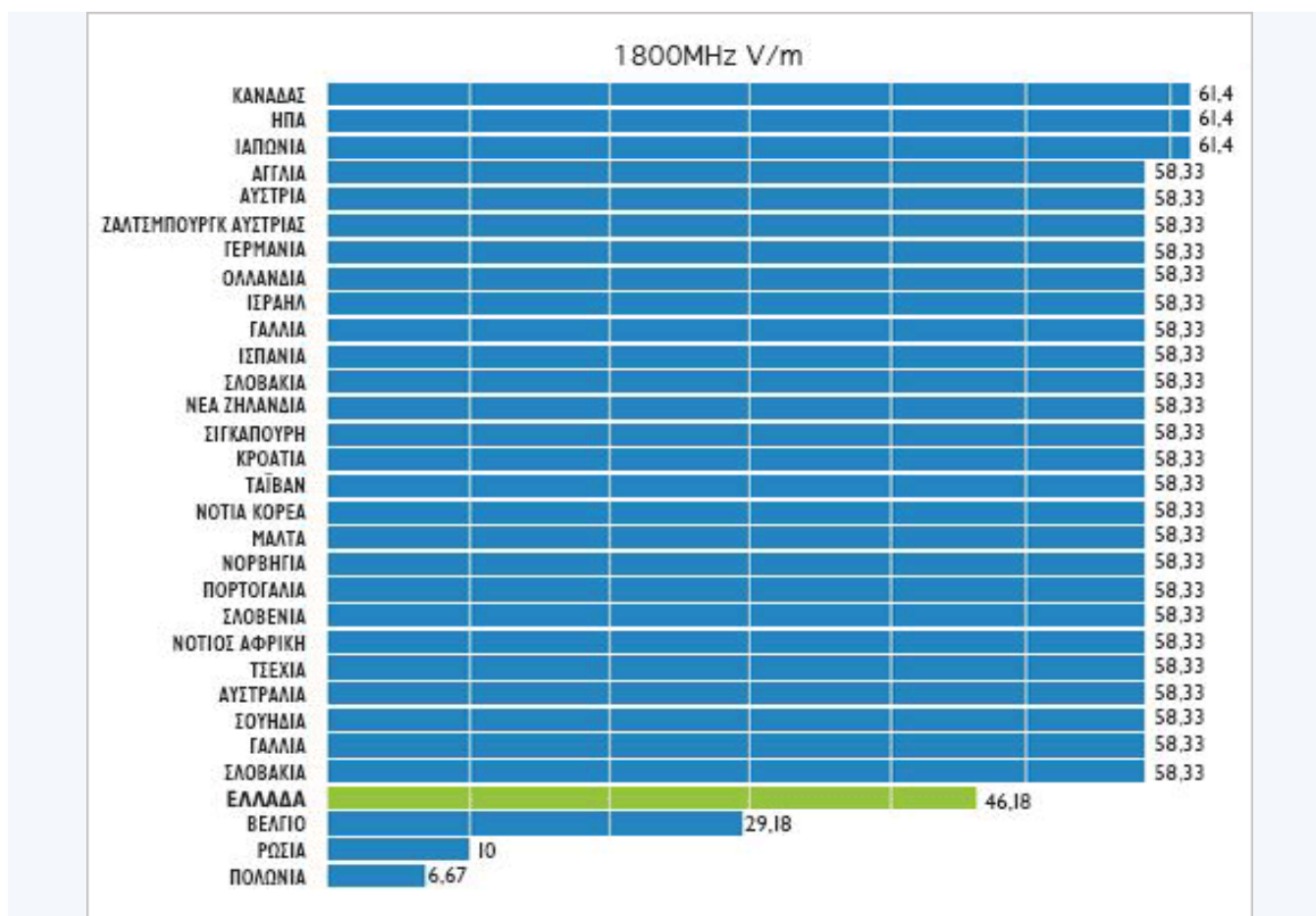
Επιπλέον, πολλές φορές η έκθεση των ανθρώπων οφείλεται σε συνδυασμό κεραιοδιατάξεων που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις. Στις περιπτώσεις αυτές ένα όριο απόστασης δεν θα μπορούσε να προστατέψει από την συμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας πολλών διαφορετικών κεραιοδιατάξεων στην έκθεση των ανθρώπων.

5.8 Έρευνες και μετρήσεις στην Ελλάδα

Μετρήσεις και έρευνες γίνονται συστηματικά στην Ελλάδα από την έναρξη λειτουργίας της κινητής τηλεφωνίας. Υπεύθυνος φορέας για την προστασία του γενικού πληθυσμού από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας υποβάλλουν στην ΕΕΑΕ μελέτη ραδιοεκπομπών για κάθε κεραία που πρόκειται να εγκαταστήσουν η οποία πρέπει να αποδεικνύει ότι με την εγκατάσταση της συγκεκριμένης κεραίας τηρούνται τα όρια εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως αυτά καθορίζονται από την εθνική νομοθεσία. Σύμφωνα με το Νόμο, η ΕΕΑΕ έχει αναλάβει να ελέγχει την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, διενεργώντας ελέγχους αυτεπαγγέλτως και χωρίς προειδοποίηση.

Όπως έχει αποδειχτεί από την ΕΕΑΕ, από τους μέχρι σήμερα επιτόπιους ελέγχους που έχει πραγματοποιήσει πανελλαδικά, στη συντριπτική πλειοψηφία των σημείων κοντά στους ελεγχθέντες σταθμούς βάσης, οι μετρηθείσες τιμές των επιπέδων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων βρέθηκαν από μερικές δεκάδες έως και αρκετές χιλιάδες φορές κάτω από τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού. Στη χώρα μας λειτουργούν τρία προγράμματα για τη συνεχή μέτρηση των επιπέδων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον. Στο πλαίσιο των προγραμμάτων αυτών έχουν πραγματοποιηθεί εκατομμύρια μετρήσεις, τα αποτελέσματα των οποίων δείχνουν ότι το σύνολο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από διάφορες πηγές βρίσκεται πολύ κάτω από τα θεσμοθετημένα όρια.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι με την ψήφιση του νέου Νόμου 4053, υπό την αρμοδιότητα της ΕΕΑΕ, θεσπίζεται το Εθνικό Παρατηρητήριο Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων με στόχο το διαρκή έλεγχο της τήρησης των θεσμοθετημένων ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, όπως αυτά καθορίζονται στην ισχύουσα νομοθεσία. Η επίτευξη του συνεχούς αυτού ελέγχου πραγματοποιείται μέσω ενός διασυνδεδεμένου συστήματος σταθμών επεξεργασίας σταθερών, κινητών και φορητών σταθμών μέτρησης των τιμών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας για τη διαρκή ενημέρωση του κοινού.



Σχ.4 Εθνικά όρια κάθε χώρας για την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία για συχνότητα 1800 MHz (<http://www.eekt.gr/>, 2014)

Γενικά, τα όρια ασφαλούς έκθεσης μπορούν να χωριστούν σε όρια για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις και σε όρια για τις θερμικές επιδράσεις. Η επιλογή των ορίων με τα οποία θα γίνει σύγκριση εξαρτάται από την συχνότητα ή τις συχνότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπονται από τον ελεγχόμενο σταθμό κεραιών.

Σε περίπτωση που υπάρχουν εκπομπές σε μία ή περισσότερες συχνότητες, μικρότερες ή ίσες με 10MHz, οι μετρήσεις των εκπομπών αυτών συγκρίνονται με τα όρια για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις. Τα όρια αυτά για τα μετρήσιμα μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής, για συντελεστές μείωσης 70% και 60% παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες:

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις με συντελεστή 70%.

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT)
1 - 3 kHz	175/f	3.5	4.375
3 kHz - 10MHz	60.9	3.5	4.375

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις με συντελεστή 60%.

Ζώνη Συχνότητων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT)
1 - 3 kHz	150/f	3.5	3.75
3 kHz - 10MHz	52.2	3.5	3.75

Σημείωση: f είναι η συχνότητα σε kHz

Από τις τιμές των παραπάνω πινάκων, εφαρμόζονται αυτές με συντελεστή 70% γενικά, και αυτές με συντελεστή 60% στην περίπτωση που οι κεραίες εκπομπής βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε ενεργές τιμές (τετραγωνική ρίζα μέσης τιμής τετραγώνου) της συνισταμένης τιμής των διανυσμάτων θεωρώντας ότι και οι τρεις συνιστώσες στο χώρο είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις του χρόνου και μάλιστα της ίδιας συχνότητας. Στην περίπτωση μη ημιτονοειδών σημάτων η στιγμιαία μέγιστη τιμή θα συγκρίνεται με τις τιμές που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα πολλαπλασιάζοντας τις τιμές του με την τετραγωνική ρίζα του 2 (περίπου ίση με 1,414).

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε στιγμιαίες τιμές, και δεν επιτρέπεται ούτε στιγμιαία η υπέρβασή τους. Για παράδειγμα στο περιβάλλον σταθμών μεσαίων κυμάτων με διαμόρφωση πλάτους (AM), για την σύγκριση με το επίπεδο αναφοράς για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η διαμόρφωση του σήματος μπορεί να δώσει μια τιμή κορυφής μεγαλύτερη αυτής ενός καθαρού ημίτονου. Σε κάθε περίπτωση που το εύρος του πεδίου είναι διαμορφωμένο στο χρόνο, θα πρέπει να εκτιμάται η στιγμιαία μέγιστη τιμή του σε κάθε σημείο μέτρησης.

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε μεσοσταθμισμένες τιμές, στο σώμα ενός εκτεθειμένου ατόμου. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στα διάφορα σημεία μέτρησης και για κάθε συχνότητα, σε μια θέση, εξάγεται ο μέσος όρος των τιμών της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής. Οι μέσοι όροι αυτοί χρησιμοποιούνται για την σύγκριση με τα όρια.

Για κάθε σχετική συχνότητα υπολογίζεται ο λόγος της έκθεσης ίσος με την μέση τιμή της έντασης του πεδίου στη θέση μέτρησης προς το αντίστοιχο όριο από τον παραπάνω πίνακα. Οι επιδράσεις του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου εξετάζονται ξεχωριστά και έτσι υπολογίζεται ένας λόγος έκθεσης από τις μετρήσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και ένας λόγος έκθεσης από τις μετρήσεις της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής.

Σε περίπτωση πολλών σχετικών συχνοτήτων υπολογίζεται ο συνολικός λόγος έκθεσης ίσος με το άθροισμα των λόγων έκθεσης που υπολογίστηκε για κάθε συχνότητα. Υπολογίζεται ένας συνολικός λόγος έκθεσης για το ηλεκτρικό και ένας για το μαγνητικό πεδίο. Σε περιπτώσεις που είναι γνωστή η

σχετική φάση των διαφόρων φασματικών συνιστωσών αυτή μπορεί να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του συνολικού λόγου έκθεσης μέσω ενός συντελεστή στάθμισης.

Σε περίπτωση εκπομπής σε μία μόνο συχνότητα ο συνολικός λόγος έκθεσης θεωρείται ίσος με τον λόγο έκθεσης στη συχνότητα αυτή. Θερμικές επιδράσεις. Σε περίπτωση που υπάρχουν εκπομπές σε μία ή περισσότερες συχνότητες, μεγαλύτερες από 100kHz, οι μετρήσεις των εκπομπών αυτών συγκρίνονται με τα όρια για τις θερμικές επιδράσεις. Δηλαδή, αν υπάρχουν εκπομπές στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz έως 10MHz συγκρίνονται τόσο με τα όρια για τις ηλεκτροδιεγερτικές όσο και τις θερμικές επιδράσεις.

Τα όρια για τις θερμικές επιδράσεις και για τα μετρήσιμα μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής καθώς και το μέγεθος αναφοράς της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος, για συντελεστές μείωσης 70% και 60% παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες:

Επίπεδα αναφοράς για θερμικές επιδράσεις με συντελεστή 70%

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT)	Ισοδύναμη Πυκνότητα ισχύος, S_{eq} (W/m ²)
100kHz – 10 MHz	$72.8 / \sqrt{f}$	0.61 / f	0.77 / f	-
10 – 400 MHz	23.4	0.061	0.077	1.4
400 – 2000 MHz	$1.15 \sqrt{f}$	$0.0031 \sqrt{f}$	$0.0038 \sqrt{f}$	f / 286
2 – 300 GHz	51	0.134	0.167	7

Επίπεδα αναφοράς για θερμικές επιδράσεις με συντελεστή 60%

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική αγωγή πεδίου, B (μT)	Ισοδύναμη ότητα ισχύος, S_{eq} (W/
100kHz – 10 MHz	$67.3 / \sqrt{f}$	0.565 / f	0.71 / f	-
10 – 400 MHz	21.7	0.0565	0.071	1.2
400 – 2000 MHz	1.065	$0.00287 \sqrt{f}$	$0.00356 \sqrt{f}$	f / 333
2 – 300 GHz	47.2	0.124	0.155	6

Σημείωση: f είναι η συχνότητα σε kHz

5.9 Συμπεράσματα σύγκρισης

Ανάλογα με την τιμή που υπολογίζεται για κάθε συνολικό λόγο έκθεσης και την αβεβαιότητα αυτού κατασκευάζεται το διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συνολικό λόγο έκθεσης καθορίζοντας

το κάτω και το άνω άκρο αυτού. Ανάλογα με τις τιμές των άκρων του διαστήματος εμπιστοσύνης 95% για τον συνολικό λόγο έκθεσης, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1) Αν το άνω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μικρότερο από την μονάδα, τότε τηρούνται τα όρια ασφαλούς έκθεσης της ελληνικής νομοθεσίας στη θέση που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

2) Αν το άνω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μεγαλύτερο ή ίσο με την μονάδα και το κάτω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μικρότερο από την μονάδα τότε ότι είναι πιθανό να υπερβαίνονται τα όρια ασφαλούς έκθεσης της ελληνικής νομοθεσίας στη θέση που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

3) Αν το κάτω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μεγαλύτερο ή ίσο με την μονάδα, σημαίνει ότι δεν τηρούνται τα όρια ασφαλούς έκθεσης της ελληνικής νομοθεσίας στη θέση που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Τα συμπεράσματα των περιπτώσεων 2 και 3 δεν μπορούν να συναχθούν αν έχουν γίνει δυσμενείς θεωρήσεις που οδηγούν σε υπερεκτίμηση των αποτελεσμάτων στη εξεταζόμενη θέση μέτρησης. Στις περιπτώσεις αυτές η διαδικασία ελέγχου επαναλαμβάνεται άμεσα στη θέση μέτρησης χωρίς δυσμενείς θεωρήσεις και μετά εξάγονται τα παραπάνω συμπεράσματα. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε συνολικό λόγο έκθεσης που υπολογίζεται.

Βάση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά την διεξαγωγή και ολοκλήρωση του ελέγχου, το συνεργείο που πραγματοποίησε τις μετρήσεις θα συντάσσει αναφορά αποτελεσμάτων του ελέγχου στην οποία θα περιλαμβάνονται υποχρεωτικά τα εξής σύμφωνα με την παράγραφο 6.1.4 του κεφαλαίου 6 του προτύπου ΕΛΟΤ 1422-3, (11).

Στο γενικό τμήμα της αναφοράς των αποτελεσμάτων θα αναφέρονται:

1) Τα στοιχεία του σταθμού κεραιών που ελέγχθηκε όπως ο τύπος και άλλα χαρακτηριστικά σταθμού κεραιών (κεραία ραντάρ, κινητής τηλεφωνίας, τηλεόρασης).

2) Ο κάτοχος σταθμού κεραιών.

3) Η διεύθυνση σταθμού κεραιών.

4) Μια σύντομη τεχνική περιγραφή του σταθμού κεραιών με έμφαση στις διατάξεις κεραιών που είναι εμφανείς και στις συχνότητες που εκπέμπονται.

5) Φωτογραφίες του σταθμού κεραιών.

6) Γεωγραφικό στίγμα της θέσης του σταθμού.

7) Τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού που εφαρμόζονται.

8) Στοιχεία του ατόμου που ήταν υπεύθυνο για την διεξαγωγή των μετρήσεων.

9) Ημερομηνία ή ημερομηνίες και ώρες διεξαγωγής του ελέγχου.

10) Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις με σύντομη περιγραφή των δυνατοτήτων του, τα πιστοποιητικά διακρίβωσής του κλπ.

11) Η διαδικασία ή οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν κατά την διενέργεια των μετρήσεων.

Στο ειδικό τμήμα της αναφοράς θα παρουσιάζονται αναλυτικά οι χώροι και οι θέσεις μέτρησης και τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Συγκεκριμένα για κάθε θέση μέτρησης θα δίνονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1) Πλήρης περιγραφή του χώρου που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (διεύθυνση, όροφος, κλπ) και της θέσης του σε σχέση με τον υπό μέτρηση σταθμό κεραιών. Τα στοιχεία αυτά θα πρέπει δίνονται με τόση ακρίβεια, ώστε να είναι δυνατόν να επαναληφθούν ανά πάσα στιγμή οι μετρήσεις στις ίδιες θέσεις, ακόμα και από άλλο συνεργείο.

2) Αποτελέσματα μέτρησης για κάθε φυσικό μέγεθος που μετρήθηκε με αναφορά:

- στο συγκεκριμένο όργανο που χρησιμοποιήθηκε.
- στην συγκεκριμένη διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε.
- στις ειδικές ρυθμίσεις του οργάνου κατά την διάρκεια των μετρήσεων.
- τις ενδείξεις των οργάνων μετά την εφαρμογή συντελεστών διόρθωσης όπου χρειάζεται.
- την αβεβαιότητα της μέτρησης.
- την αναγωγή των ενδείξεων σε μεγέθη συγκρίσιμα με τα όρια.
- τον υπολογιζόμενο λόγο έκθεσης και την αβεβαιότητα αυτού για κάθε συχνότητα ή περιοχή συχνοτήτων που μετρήθηκε.

3) Τα ίδια στοιχεία με παραπάνω για κάθε άλλο όργανο ή κάθε άλλη διαδικασία ή κάθε άλλη ρύθμιση που χρησιμοποιήθηκε.

4) Τον υπολογισμό των συνολικών λόγων έκθεσης και την αβεβαιότητα αυτών. Ανά περίπτωση υπολογίζονται ένας κοινός συνολικός λόγος έκθεσης για το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ή δύο διαφορετικοί. Επίσης στην περίπτωση παλμικών πεδίων υπολογίζεται επιπλέον ο συνολικός λόγος έκθεσης κατά την διάρκεια του παλμού.

5) Τυχόν δυσμενείς θεωρήσεις που έλαβαν χώρα κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων ή κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

6) Το συμπέρασμα της σύγκρισης με τα όρια για τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στη συγκεκριμένη θέση.

5.10 Συμπεράσματα αναφοράς

Σε περιπτώσεις πιθανών υπερβάσεων θα προκύπτει προσωρινό συμπέρασμα ότι δεν είναι βέβαιο ότι τηρούνται τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού στο περιβάλλον του σταθμού κεραιών που ελέγχθηκε και οι μετρήσεις θα πρέπει να επαναληφθούν από συνεργείο της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας ή από άλλο εξουσιοδοτημένο συνεργείο.

Στην περίπτωση αυτή θα καταβάλλεται προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η αβεβαιότητα στην εκτίμηση της έκθεσης με τους εξής τρόπους:

- χρησιμοποιώντας όσον το δυνατόν καλύτερα όργανα και τεχνικές μέτρησης
- επαναλαμβάνοντας τις μετρήσεις περισσότερες φορές και με διαφορετικά όργανα
- συγκεντρώνοντας περισσότερες πληροφορίες για τα τεχνικά στοιχεία του σταθμού κεραιών

Αν μετά την επανάληψη των μετρήσεων και από το άλλο συνεργείο προκύψουν υπερβάσεις ή πιθανές υπερβάσεις των ορίων έκθεσης, θα συνάγεται το τελικό συμπέρασμα ότι δεν τηρούνται τα όρια έκθεσης, στο περιβάλλον του σταθμού κεραιών που ελέγχθηκε.

Στην περίπτωση που διεξήχθησαν μετρήσεις κατόπιν αιτήματος ιδιώτη σε θέσεις που υποδείχθηκαν από αυτόν, τότε θα πρέπει να συνταχθούν δύο αναφορές. Μία για τις θέσεις ενδιαφέροντος του αιτούντα και μία για τις «δυσμενείς» θέσεις, δηλαδή τις θέσεις με τις μεγαλύτερες μετρούμενες τιμές, στο περιβάλλον του εκάστοτε σταθμού κεραιών με την προϋπόθεση ότι έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις και στις θέσεις αυτές.

Η αναφορά με τις «δυσμενείς» θέσεις στο περιβάλλον του εκάστοτε σταθμού κεραιών θα συντάσσεται πάντα σε περίπτωση αυτεπάγγελτου ελέγχου και θα περιλαμβάνει όλες τις «δυσμενείς» θέσεις στο περιβάλλον του σταθμού που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, ανεξάρτητα από το αν σε μερικές από τις θέσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και κατόπιν αιτήματος ιδιώτη ή οποιουδήποτε ενδιαφερόμενου. Η αναφορά αυτή δημοσιεύεται στο διαδίκτυο και είναι διαθέσιμη σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο.

5.11 Απαιτήσεις Προσωπικού – Συνεργείων Μέτρησης

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται είτε απευθείας από συνεργεία της ΕΕΑΕ ή από συνεργεία εργαστηρίων που είναι εξειδικευμένα για τέτοιου είδους μετρήσεις και εξουσιοδοτημένα από την ΕΕΑΕ. Για την εξουσιοδότηση των συνεργείων που πραγματοποιούν μετρήσεις, η ΕΕΑΕ εκδίδει εγκυκλίους και προσκλήσεις υποβολής αιτήσεων, στις οποίες θα περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις και προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούν τα εργαστήρια που επιθυμούν να εξουσιοδοτηθούν.

Το προσωπικό που αναλαμβάνει την ευθύνη για την πραγματοποίηση των μετρήσεων πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο και να έχει αποδεδειγμένη εμπειρία στην πραγματοποίηση τέτοιου είδους μετρήσεων.

Αναπόσπαστο μέρος της εκπαίδευσης του προσωπικού πρέπει να είναι και τα μέτρα προφύλαξης που πρέπει να λαμβάνει κατά τη διενέργεια των μετρήσεων σύμφωνα με το Παράρτημα Ν του προτύπου ΕΛΟΤ 1422-3, [11] της παραγράφου 4.

Τα εξουσιοδοτημένα συνεργεία οφείλουν να συμμετέχουν σε διεργαστηριακές συγκριτικές μετρήσεις που θα οργανώνει η ΕΕΑΕ προκειμένου να διασφαλιστεί η ικανότητα τους να μετρούν σύμφωνα με τον παρόν κανονισμό καθώς και τις διαδικασίες που προβλέπονται στα διεθνή και εθνικά πρότυπα. Στις μετρήσεις αυτές μπορούν να συμμετάσχουν και μη εξουσιοδοτημένα εργαστήρια που όμως πληρούν κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές που θα καθορίζονται στην ανακοίνωση - πρόσκληση για συμμετοχή σε διεργαστηριακές μετρήσεις που θα εκδίδει η ΕΕΑΕ. Οι μετρήσεις αυτές θα οργανώνονται από την ΕΕΑΕ τουλάχιστον μία φορά κάθε δύο έτη.

Η ΕΕΑΕ υποχρεούται να παρακολουθεί τις διαδικασίες μέτρησης που ακολουθούν τα εξουσιοδοτημένα εργαστήρια και να υποβάλει συστάσεις για αυτές. Θα πρέπει επίσης να οργανώνει σεμινάρια κατάρτισης για την απόκτηση βασικών γνώσεων και εμπειρίας σε θέματα μετρήσεων και γενικότερα σε θέματα προστασίας από την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κατόπιν αιτήματος οποιουδήποτε ενδιαφερόμενου φορέα.

5.12 British Protocol

Το Πρότυπο αυτό παρέχει οδηγίες για τα πρόσωπα που ασχολούνται με όλες τις πτυχές της προμήθειας και της χρήσης των πηγών ενέργειας ραδιοσυχνότητας. Έχει συνταχθεί σε συνεργασία με

μία ομάδα Διαμεσολάβησης και θα αποτελείται από μέλη των MOD και εμπορικές ενώσεις, υπό την αιγίδα της συντονιστικής επιτροπής Άμυνας Εξοπλισμού δοκιμής (Def TESC).

Το British Protocol έχει συμφωνηθεί από τις σχετικές με τις αρχές της χρήσης και θα πρέπει να ενσωματωθούν όποτε αυτό είναι δυνατόν σε όλα τα μελλοντικά σχέδια, συμβάσεις, παραγγελίες κλπ και εφόσον είναι εφικτό με την τροπολογία για εκείνους που ήδη υπάρχουν. Εάν προκύψει οποιαδήποτε δυσκολία που εμποδίζει την εφαρμογή του Προτύπου Άμυνας, η Διεύθυνση Τυποποίησης πρέπει να ενημερώνεται έτσι ώστε να μπορεί να επιδιορθωθεί η κατάσταση .

Έχει παραχθεί από κοινού από το MOD και τη Βιομηχανία στο πλαίσιο της αιγίδας της ομάδας εργασίας MOD ILG Radiation της Def TESC. Το αντικείμενο είναι να παρέχει συμβουλές και καθοδήγηση από βιολογικής άποψης για την ασφαλή λειτουργία και τη χρήση της ενέργειας RF. Το φάσμα συχνοτήτων που μας ενδιαφέρει είναι από 10 kHz έως 300 GHz και περιλαμβάνει όλες τις πηγές ακτινοβολούμενης ισχύος.

Αυτό το Πρότυπο Άμυνας παρέχει επίσης καθοδήγηση σχετικά με τις πρακτικές πτυχές της ασφάλειας της χρήσης της RF Energy. Ο προσανατολισμός που έχει συμπεριληφθεί στο πλαίσιο του Στάνταρντ αφορά όσους ασχολούνται άμεσα στο σχεδιασμό, την κατασκευή, εγκατάσταση, λειτουργία και τον έλεγχο των εξοπλισμών και για τους διαχειριστές, οι οποίοι αν και δεν είναι άμεσα εμπλεκόμενοι, απαιτούν γνώση των διαδικασιών και των κλάδων που συνίστανται [11].

5.13 Έκθεση και πρότυπα εκπομπής (British Protocol)

Η σημερινή βάση των ανθρώπινων ορίων έκθεσης είναι ο ρυθμός απορρόφησης ισχύος σε ανθρώπινο ιστό. Ο Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης όπως ονομάζεται γνωστότερος ως SAR. Εκφράζεται σε μονάδες ισχύος / μάζας (Wkg^{-1}). Το ποσό της ενέργειας που απορροφάται κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου εκφράζεται σε Jkg^{-1} .

Για πρακτικούς λόγους, ο SAR δεν είναι τόσο εύχρηστος, δεδομένου ότι μπορεί μόνο να συσταθεί με τη χρήση ενός οργανικού ανθρώπινου μοντέλου (fantom). Κατά συνέπεια πρέπει να χρησιμοποιηθούν, οι μονάδες και τα όρια που προκύπτουν. Αυτά λαμβάνουν τη μορφή αριθμητικών ορίων για την «E» και «H» (V/m και A/m) συνιστώσες του πεδίου για το κατώτερο τμήμα συχνοτήτων του φάσματος και της ροής ισχύος πυκνότητας (W/m^2) για το υπόλοιπο του φάσματος. Για απλές κυματομορφές, οι τρεις αυτές ποσότητες σχετίζονται έτσι ώστε $Vm^{-1} \times Am^{-1} = Wm^{-2}$ και $Vm^{-1}/Am^{-1} = 377\ ohms$, όπου η ελεύθερη Αντίσταση διαστήματος = $377\ ohms$.

Πρότυπα που αφορούν την ανθρώπινη έκθεση πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την διακύμανση στην απορρόφηση της ενέργειας RF στο ανθρώπινο σώμα με τη συχνότητα, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της απορρόφησης στη συχνότητα συντονισμού του ανθρώπου. Αυτό θα ποικίλει ανάλογα με το ύψος των ατόμων και όταν περιλαμβάνονται μικρά παιδιά θα καλύπτει μια ευρύτερη ζώνη συχνοτήτων. Επιτρέπονται παράγωγα όρια, που ως εκ τούτου θα, περιέχουν παράγοντες εξαρτώμενους από τη συχνότητα.

5.14 Πρότυπα έκθεσης

Πρότυπα έκθεσης καθορίζουν τις οριακές τιμές των ροών ισχύος πυκνότητας ή οι συνιστώσες του πεδίου «E» και «H», στις οποίες οι άνθρωποι θα πρέπει να υποβληθούν - είτε συνεχώς είτε για μια καθορισμένη χρονική περίοδο. Η επαλήθευση γίνεται με μέτρηση των σχετικών ποσοτήτων. Σε

ορισμένες περιπτώσεις, για σύντομες εκθέσεις π.χ. λιγότερο από 6 λεπτά, όρια ροής ισχύος πυκνότητας μπορεί να συνδυαστούν με το χρόνο για να δώσουν ένα όριο ενεργειακής πυκνότητας, έτσι ώστε υψηλότερες πυκνότητες ροής ισχύος μπορεί να γίνουν αποδεκτές για μια μικρότερου χρόνου έκθεση.

5.15 Πρότυπα εκπομπών

Όταν το ακτινοβολούμενο πεδίο προκύπτει από τη διαρροή και όχι από σκόπιμη ακτινοβολία - για παράδειγμα, από το θάλαμο του πομπού, οι φούρνοι μικροκυμάτων και παρόμοιες συσκευές RF, τότε μπορούν να καθορίζονται πρότυπα εκπομπών. Αυτό παίρνει την μορφή οριακής τιμής της πυκνότητας ροής ισχύος ή άλλες παραμέτρους πεδίου σε μια καθορισμένη απόσταση από τις προσβάσιμες επιφάνειες του εξοπλισμού. Τα IEC 215 και BS 3192, τα οποία είναι πανομοιότυπα, καλύπτουν ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς πομπούς εκπομπών και προσδιορίζουν ένα πρότυπο εκπομπής για την επιφάνεια και BS 5175 ορίζει το πρότυπο των εκπομπών του φούρνου μικροκυμάτων.

5.16 Πρότυπο για την αποφυγή της ανάφλεξης ή έκρηξης λόγω RF ακτινοβολίας.

Η RF ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει την ανάφλεξη των εύφλεκτων ατμοσφαιρών ή την έναρξη ηλεκτρο-εκρηκτικών μηχανισμών. Πρότυπα με στόχο την αποφυγή αυτών των περιστατικών που ασχολούνται με τη διασφάλιση ότι η διαθέσιμη ενέργεια είναι μικρότερη από εκείνη που απαιτείται για να προκαλέσει ανάφλεξη ή έναρξη της διαδικασίας.

6. Επιπτώσεις Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στην υγεία και το περιβάλλον

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και των τηλεπικοινωνιών, τα τελευταία κυρίως χρόνια, έχει αποφέρει εκτός από θετικά αποτελέσματα για την ποιότητα ζωής των ανθρώπων και κάποιες αρνητικές συνέπειες τόσο για την υγεία όσο και για το περιβάλλον. Η ανάπτυξη των ασύρματων τηλεπικοινωνιών είχε ως συνέπεια την τοποθέτηση κεραιών μέσα και γύρω από τις αστικές περιοχές. Οι κεραιές αυτές μεταδίδουν σήματα τηλεοπτικά, ραδιοφωνικά, κινητής και ασύρματης επικοινωνίας και δορυφορικά.

Η ανάπτυξη αυτή οδήγησε στη συνεγκατάσταση, δηλαδή συλλογή και ομαδοποίηση, κεραιών και πομπών σε κοινούς χώρους και ιστούς. Η ανάγκη τοποθέτησης όλο και περισσότερων κεραιών για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς και η αντίδραση του κόσμου για εγκατάσταση ανεξάρτητων σταθμών βάσεων οδήγησε στη συνεγκατάσταση.

Η αύξηση όμως πομπών και κεραιών σε ένα σημείο προκαλεί αύξηση της πυκνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που δέχεται ο ανθρώπινος οργανισμός. Για αυτό το λόγο η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) έχει θέσει πρότυπα ασφαλείας για την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Είναι η ανώτατη αναγνωρισμένη επιτροπή διεθνώς η οποία συνεχώς εξετάζει και αξιολογεί όλα τα επιστημονικά δεδομένα και μελέτες που σχετίζονται με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει υιοθετήσει και συστήνει τα όρια ασφαλείας της ICNIRP ως επαρκή για την προστασία της υγείας όλων των κοινωνικών ομάδων. Τα όρια της ICNIRP συνιστά και η Ευρωπαϊκή Ένωση στα μέλη της, όπως επίσης και ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων της Αμερικής (US Food and Drug Administration-FDA).

Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατόπιν σχετικής εισήγησης της επιστημονικής επιτροπής καθοδήγησης επί διεπιστημονικών θεμάτων, υιοθέτησε τα όρια για την προστασία του κοινού της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες και εξέδωσε τη Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz □ 300GHz)», L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999.

Στην Ελλάδα αρμόδια επιτροπή είναι η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) είναι η εθνική ρυθμιστική αρχή, στους τομείς της ασφαλείας των ακτινοβολιών και της πυρηνικής ασφαλείας. Ως ρυθμιστική αρχή λειτουργεί με το καθεστώς αποκεντρωμένης αυτόνομης δημόσιας υπηρεσίας, εποπτευόμενη από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας και υπαγόμενη στο Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων. Αποστολή της είναι η προστασία του πληθυσμού, των εργαζομένων και του περιβάλλοντος από τις ιοντίζουσες και τις τεχνητά παραγόμενες μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Οι δύο Νόμοι που αφορούν στην προστασία του κοινού από τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι η Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) υπ' αριθ. 53571/3839, «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά», (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) και ο Νόμος 3431/2006 «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις»(ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006, άρθρο 31).

Εκτός από την ΕΕΑΕ, Ελληνικά Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, όπως το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, στο πλαίσιο του ερευνητικού τους έργου, έχουν σχεδιάσει και υλοποιούν προγράμματα μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον, όπως το πρόγραμμα ΕΡΜΗΣ, πρόγραμμα Redion24, πρόγραμμα ΦΑΣΜΑ [7],[8].

6.1 Έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Κατά τον 20ο αιώνα, παρατηρήθηκε σταθερή αύξηση της περιβαλλοντικής έκθεσης σε τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, καθώς η αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, οι εξελισσόμενες τεχνολογίες και οι αλλαγές στην κοινωνική συμπεριφορά αποτέλεσαν παράγοντες που ώθησαν στη δημιουργία όλο και περισσότερων τεχνητών πηγών. Τόσο στο σπίτι όσο και στο χώρο της εργασίας, όλοι είμαστε εκτεθειμένοι σε ένα σύνθετο μίγμα από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία μικρής έντασης, που προέρχονται από την παραγωγή και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, τις οικιακές συσκευές, το βιομηχανικό εξοπλισμό, τις τηλεπικοινωνίες και την μετάδοση πληροφοριών.

Πολύ μικρές ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος υπάρχουν και στο ίδιο το ανθρώπινο σώμα, λόγω των χημικών αντιδράσεων που αποτελούν μέρος των φυσιολογικών λειτουργιών του, ακόμα και χωρίς να υπάρχουν εξωτερικά ηλεκτρικά πεδία. Για παράδειγμα, η μετάδοση των ερεθισμάτων από το νευρικό σύστημα στον εγκέφαλο γίνεται με ηλεκτρικούς παλμούς. Οι περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις, από την πέψη μέχρι τις λειτουργίες του εγκεφάλου, εκτελούνται με τη μετάθεση φορτισμένων σωματιδίων. Ακόμα και η καρδιά είναι ηλεκτρικά ενεργή. Αυτήν ακριβώς τη δραστηριότητα παρακολουθούν οι καρδιολόγοι με το ηλεκτροκαρδιογράφημα.

Τα ηλεκτρικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων επηρεάζουν το ανθρώπινο σώμα όπως ακριβώς και οποιοδήποτε υλικό που αποτελείται από φορτισμένα σωματίδια. Όταν εφαρμοστεί ένα ηλεκτρικό πεδίο σε ένα αγώγιμο υλικό, επηρεάζει τη διανομή των ηλεκτρικών φορτίων στην επιφάνειά του. Προκαλεί κίνηση ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου του σώματος προς τη γη. Τα μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων προκαλούν κίνηση ρεύματος μέσα στο ανθρώπινο σώμα μέσω της επαγωγής. Η ένταση αυτού του ρεύματος εξαρτάται από την ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Αν είναι αρκετά μεγάλη, αυτό το ρεύμα μπορεί δυνητικά να προκαλέσει διέγερση των νεύρων και των μυών ή να επηρεάσει άλλες βιολογικές διεργασίες.

Τόσο τα ηλεκτρικά όσο και τα μαγνητικά πεδία δημιουργούν μέσω επαγωγής, τάσεις και ρεύμα μέσα στο σώμα. Ωστόσο, ακόμα και κάτω από μια γραμμή μεταφοράς ρεύματος υψηλής τάσης, οι τιμές του ρεύματος είναι πολύ χαμηλές σε σύγκριση με τα όρια πρόκλησης ηλεκτροπληξίας και άλλων επιδράσεων λόγω του ηλεκτρισμού. Η άνοδος της θερμοκρασίας αποτελεί την κύρια βιολογική επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων. Αυτό το γεγονός αξιοποιείται στους φούρνους μικροκυμάτων και επιτρέπει να ζεσταίνουμε γρήγορα το φαγητό.

Τα επίπεδα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων στα οποία εκτίθεται συνήθως ο άνθρωπος είναι πολύ χαμηλότερα από εκείνα που δύνανται να προκαλέσουν σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας. Η επίδραση των ραδιοκυμάτων αναφορικά με την άνοδο της θερμοκρασίας αποτελεί τη βάση των οδηγιών που ισχύουν σήμερα. Οι επιστήμονες ερευνούν, επίσης, την πιθανότητα ύπαρξης επιδράσεων αναφορικά με την αύξηση της θερμοκρασίας ακόμα και κάτω από το όριο, ως αποτέλεσμα της μακρόχρονης έκθεσης. Έως σήμερα, δεν έχει επιβεβαιωθεί καμία δυσμενής επίδραση στην υγεία από τη μακρόχρονη έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνοτήτων ή συχνοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλών επιπέδων, αλλά η επιστημονική έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα συνεχίζεται.

6.2 Μελέτες για την ανθρώπινη υγεία

Οι μελέτες της ανθρώπινης υγείας εμφανίζουν πολύ καλές επιδόσεις στον εντοπισμό επιδράσεων μεγάλης κλίμακας, όπως για παράδειγμα τη σύνδεση του καπνίσματος και του καρκίνου. Δυστυχώς, δεν είναι σε θέση να διακρίνουν το ίδιο εύκολα το εάν υπάρχει κάποια μικρή επίδραση ή αν δεν υπάρχει

καμία επίδραση. Αν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε τυπικά επίπεδα περιβάλλοντος ήταν ισχυροί καρκινογενείς παράγοντες, το γεγονός αυτό θα ήταν εύκολο να έχει αποδειχθεί έως τώρα. Αντίθετα, αν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία μικρής έντασης αποτελούν ανίσχυρους καρκινογενείς παράγοντες, ή ακόμα και ισχυρό παράγοντα καρκινογένεσης σε μια μικρή ομάδα ανθρώπων σε σχέση με το συνολικό πληθυσμό, αυτό θα ήταν πολύ πιο δύσκολο να αποδειχθεί.

Στην πραγματικότητα, ακόμα και αν μια μεγάλης κλίμακας μελέτη δεν δείξει κάποια συσχέτιση, δεν μπορούμε ποτέ να είμαστε απόλυτα σίγουροι ότι δεν υπάρχει σχέση. Η απουσία κάποιας επίδρασης θα μπορούσε να σημαίνει ότι πράγματι δεν υπάρχει καμία επίδραση. Όμως, με τον ίδιο τρόπο θα μπορούσε να σημαίνει ότι η επίδραση είναι απλώς μη ανιχνεύσιμη με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο μέτρησης. Επομένως, τα αρνητικά αποτελέσματα είναι γενικά, λιγότερο πειστικά από τα αδιάσειστα θετικά αποτελέσματα. Η πιο δύσκολη από όλες τις περιπτώσεις, που αναπτύχθηκε με τις επιδημιολογικές μελέτες αναφορικά με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, είναι μια σειρά μελετών με αμφισβητήσιμα θετικά αποτελέσματα, που ωστόσο δεν συμφωνούν μεταξύ τους. Στην περίπτωση αυτή, ακόμα και οι ίδιοι οι επιστήμονες είναι πιθανό να μην συμφωνούν σχετικά με τη σημασία των δεδομένων.

Οι περισσότεροι επιστήμονες και κλινικοί ιατροί συμφωνούν ότι τυχόν επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία, εάν υπάρχουν κάποιες, είναι πιο πιθανό να είναι πολύ μικρές σε σχέση με άλλα ρίσκα για την υγεία τα οποία αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι στην καθημερινή τους ζωή.

Ισχύοντα πρότυπα

Σκοπός των προτύπων είναι η προστασία της υγείας μας. Κατ' αναλογία, υπάρχουν πρότυπα για τα πεδία, με σκοπό τον περιορισμό της υπέρβασης του ορίου έκθεσης στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που υπάρχουν στο περιβάλλον μας.

Μια σημαντική διευκρίνιση που πρέπει να γίνει είναι ότι κάποιο όριο που επιβάλλεται με μια οδηγία δεν αποτελεί επακριβή διάκριση μεταξύ ασφάλειας και κινδύνου. Δεν υπάρχει κάποιο επίπεδο για το οποίο να μπορούμε να πούμε ότι οι τιμές έκθεσης πάνω από αυτό γίνονται επικίνδυνες για την υγεία. Αντιθέτως, το δυνητικό ρίσκο για την ανθρώπινη υγεία αυξάνει σταδιακά όσο αυξάνεται το επίπεδο έκθεσης. Οι οδηγίες δηλώνουν ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία κάτω από ένα επίπεδο είναι ασφαλής, σύμφωνα με τις επιστημονικές μας γνώσεις. Ωστόσο, δεν μπορεί να ειπωθεί αυτόματα ότι η έκθεση πάνω από το συγκεκριμένο επίπεδο είναι επιβλαβής. Παρ' όλα αυτά, για να είναι εφικτό να προσδιοριστούν όρια για την έκθεση, οι επιστημονικές μελέτες πρέπει να εντοπίσουν το οριακό εκείνο επίπεδο στο οποίο εμφανίζονται οι πρώτες επιδράσεις στην υγεία.

Επειδή δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν άνθρωποι για τα πειράματα, οι οδηγίες βασίζονται σε μελέτες που γίνονται σε ζώα. Μικρές μεταβολές της συμπεριφοράς των ζώων σε χαμηλά επίπεδα συνήθως ακολουθούνται από πιο δραστικές αλλαγές στην υγεία τους σε υψηλότερα επίπεδα. Η μη φυσιολογική συμπεριφορά αποτελεί μια πολύ ευαίσθητη ένδειξη μιας βιολογικής αντίδρασης και έχει επιλεγεί ως η χαμηλότερη δυνατή ανιχνεύσιμη δυσμενής επίδραση στην υγεία.

Οι οδηγίες συνιστούν την πρόληψη της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε επίπεδα στα οποία αρχίζουν να ανιχνεύονται αλλαγές στη συμπεριφορά. Αυτό το οριακό επίπεδο για τη συμπεριφορά δεν είναι ίσο με το όριο της οδηγίας. Η Διεθνής επιτροπή προστασίας από τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία χρησιμοποιεί το συντελεστή ασφάλειας 10 για να καταλήξει στα όρια

επαγγελματικής έκθεσης, και το συντελεστή 50 για να ορίσει την τιμή της οδηγίας για το ευρύ κοινό. Επομένως, στις περιοχές των ραδιοσυχνοτήτων και των συχνοτήτων των μικροκυμάτων, για παράδειγμα, τα μέγιστα επίπεδα στα οποία μπορείτε να εκτεθείτε στο περιβάλλον ή στο σπίτι σας είναι τουλάχιστον 50 φορές χαμηλότερα από το οριακό επίπεδο στο οποίο αρχίζουν να ανιχνεύονται οι πρώτες αλλαγές στη συμπεριφορά των ζώων.

6.3 Βιολογικές επιδράσεις

Βιολογικές επιδράσεις είναι οι μετρήσιμες αντιδράσεις ως προς ένα ερέθισμα ή μία αλλαγή στο περιβάλλον. Οι μεταβολές αυτές δεν είναι απαραίτητα επιβλαβείς για την υγεία μας. Το σώμα διαθέτει εξελιγμένους μηχανισμούς ώστε να προσαρμόζεται στις πολλές και διαφορετικές επιρροές που δέχεται από το περιβάλλον. Η συνεχής αλλαγή αποτελεί κανονικό μέρος της ζωής μας. Βέβαια, το σώμα μας δεν διαθέτει επαρκείς μηχανισμούς για την αποκατάσταση όλων των βιολογικών επιδράσεων.

Οι αλλαγές που είναι μη αντιστρέψιμες και καταπονούν το σύστημα για μεγάλες χρονικές περιόδους, ενδέχεται να αποτελέσουν κίνδυνο για την υγεία. Μια δυσμενής επίδραση στην υγεία προκαλεί υποβάθμιση και διαταραχή της υγείας του εκτεθειμένου προσώπου ή των απογόνων του που μπορούν να εντοπιστούν. Από την άλλη πλευρά, μια βιολογική επίδραση δεν είναι απαραίτητο ότι θα προκαλέσει κάποια δυσμενή επίδραση για την υγεία. Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που υπερβαίνουν κάποια όρια μπορούν να έχουν βιολογικές επιδράσεις.

Πειράματα με υγιείς εθελοντές κατέδειξαν ότι η βραχυχρόνια έκθεση στα επίπεδα που υπάρχουν στο περιβάλλον ή στο σπίτι δεν προκαλούν προφανείς βλαβερές επιδράσεις. Η έκθεση σε υψηλότερα επίπεδα που μπορεί να είναι επιβλαβή, περιορίζεται από εθνικές και διεθνείς οδηγίες. Στις μέρες μας, ο προβληματισμός έχει επικεντρωθεί στο εάν η μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλά επίπεδα μπορεί να προκαλέσει βιολογικές αντιδράσεις και να επηρεάσει την ποιότητα της υγείας.

6.4 Το Διεθνές Πρόγραμμα για τα Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία (International EMF Project)

Ανταποκρινόμενος στις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τη δημόσια υγεία και τις πιθανές επιδράσεις από την έκθεση στις ολοένα περισσότερες, σε αριθμό και ποικιλία, πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) ξεκίνησε το 1996 μια μεγάλη και πολυδιάστατη έρευνα. Το Διεθνές Πρόγραμμα για τα Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία (International EMF Project) συγκεντρώνει τις έως σήμερα γνώσεις και τους διαθέσιμους πόρους από σημαντικούς διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς και επιστημονικά ιδρύματα.

6.5 Συμπεράσματα από την επιστημονική έρευνα

Στον τομέα των βιολογικών επιδράσεων και των ιατρικών εφαρμογών της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας, μέσα στα τελευταία 30 χρόνια έχουν δημοσιευτεί πολλές χιλιάδες άρθρα. Παρά το γεγονός ότι μια μερίδα του κοινού έχει την αίσθηση ότι πρέπει να γίνει ακόμα περισσότερη έρευνα, οι επιστημονικές μας γνώσεις σήμερα στο συγκεκριμένο τομέα είναι πιο εκτενείς απ' ό,τι για τα περισσότερα χημικά. Με βάση μια πρόσφατη αναλυτική εξέταση της επιστημονικής βιβλιογραφίας, ο ΠΟΥ συμπέρανε ότι τα υφιστάμενα στοιχεία δεν επιβεβαιώνουν την ύπαρξη οποιωνδήποτε συνεπειών για την υγεία από την έκθεση σε χαμηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Ωστόσο, υπάρχουν

ακόμα ορισμένα κενά στις γνώσεις μας περί των βιολογικών επιδράσεων, για τα οποία απαιτείται περαιτέρω έρευνα.

6.6 Επιδράσεις στη γενική κατάσταση της υγείας

Έχουν υπάρξει περιπτώσεις ανθρώπων που απέδιδαν μια σειρά ετερογενών συμπτωμάτων στην έκθεση σε χαμηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο χώρο του σπιτιού. Τα συμπτώματα που αναφέρθηκαν ήταν πονοκέφαλοι, άγχος, κατάθλιψη και τάσεις αυτοκτονίας, ναυτία, κόπωση και απώλεια σεξουαλικής επιθυμίας. Οι έως σήμερα επιστημονικές αποδείξεις δεν υποστηρίζουν ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα σε αυτά τα συμπτώματα και την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Μερικά τουλάχιστον από αυτά τα προβλήματα υγείας ενδέχεται να προκαλούνται από το θόρυβο ή άλλους παράγοντες του περιβάλλοντος ή από το άγχος που σχετίζεται με την έλευση των νέων τεχνολογιών.

6.7 Επιδημιολογικές μελέτες

Οι επιδημιολογικές μελέτες ή οι μελέτες της υγείας του ανθρώπου αποτελούν ακόμα μία άμεση πηγή πληροφοριών για τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις από την έκθεση. Οι μελέτες αυτές διερευνούν την αιτία και την κατανομή των παθήσεων σε πραγματικές καταστάσεις, σε κοινότητες και επαγγελματικές ομάδες. Οι ερευνητές προσπαθούν να προσδιορίσουν εάν υπάρχει κάποια στατιστική συσχέτιση ανάμεσα στην έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τη συχνότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης πάθησης ή μιας δυσμενούς επίδρασης στην υγεία. Παρόλα αυτά οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν μεγάλο κόστος. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι περιλαμβάνουν μετρήσεις σε εξαιρετικά σύνθετα δείγματα από διάφορους πληθυσμούς ανθρώπων και υπάρχει δυσκολία στον έλεγχο ώστε να εντοπιστούν οι μικρής έκτασης επιδράσεις. Για τους παραπάνω λόγους, όταν οι επιστήμονες καλούνται να αποφασίσουν σχετικά με τους δυνητικούς κινδύνους για την υγεία, αξιολογούν όλα τα σχετικά στοιχεία, από την επιδημιολογία, τις μελέτες σε ζώα και τις κυτταρικές μελέτες.

6.7.1 Επιδράσεις στην έκβαση της εγκυμοσύνης

Τόσο ο ΠΟΥ όσο και άλλοι οργανισμοί έχουν αξιολογήσει πολλές διαφορετικές πηγές και τύπους έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο περιβάλλον του σπιτιού και του χώρου εργασίας, όπως είναι οι οθόνες των υπολογιστών, τα κρεβάτια με στρώμα νερού, οι ηλεκτρικές κουβέρτες, οι συσκευές συγκόλλησης με ραδιοσυχνότητες, ο εξοπλισμός διαθερμίας και τα ραντάρ. Γενικά, οι αποδείξεις καταδεικνύουν ότι η έκθεση σε πεδία τυπικών επιπέδων περιβάλλοντος δεν αυξάνει το ρίσκο για ανεπιθύμητες επιπτώσεις, όπως αποβολή, δυσμορφία, ελλιποβαρή νεογνά και συγγενείς παθήσεις. Έχουν υπάρξει περιστασιακά αναφορές για συσχετισμούς μεταξύ προβλημάτων υγείας και υποτιθέμενης έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, όπως αναφορές για πρόωρους τοκετούς και ελλιποβαρή νεογνά από εργαζόμενους στον κλάδο των ηλεκτρονικών, χωρίς όμως η επιστημονική κοινότητα να θεωρήσει ότι οφείλονται απαραίτητα στην έκθεση σε πεδία.

6.7.2 Επιπτώσεις στα μάτια

Έχουν υπάρξει κάποιες αναφορές για γενικής φύσης ερεθισμούς των ματιών και για εμφάνιση καταρράκτη σε εργαζόμενους που εκτέθηκαν σε υψηλά επίπεδα ραδιοσυχνότητων και ακτινοβολίας μικροκυμάτων, αλλά οι μελέτες σε πειραματόζωα δεν υποστηρίζουν ότι είναι δυνατό να προκληθούν τέτοιες βλάβες στα μάτια σε επίπεδα που δεν είναι θερμικά επικίνδυνα. 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. Δεν υπάρχουν αποδείξεις για την εμφάνιση αυτών των επιδράσεων στα επίπεδα στα οποία εκτίθεται το ευρύ κοινό.

6.7.3 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και καρκίνος

Παρά το μεγάλο αριθμό μελετών, τα στοιχεία για τυχόν επιδράσεις εξακολουθούν να είναι πολύ αντιφατικά. Είναι σαφές όμως ότι εάν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία έχουν πράγματι κάποια επίδραση στον καρκίνο, οποιαδήποτε αύξηση του ρίσκου θα είναι εξαιρετικά μικρή. Υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις, με βάση ασαφή στοιχεία, ότι η έκθεση σε μικροκύματα μπορεί να είναι μια αιτία του καρκίνου ή μπορεί να παράγει γενετικές ανωμαλίες. Οι ισχυρισμοί αυτοί είναι εύκολο να γίνουν, αλλά σχεδόν αδύνατο είτε να αποδειχθούν είτε ή να διαψευστούν. Θα πρέπει επομένως να αντιμετωπίζονται με μεγάλη προσοχή.

Τα έως σήμερα αποτελέσματα περιέχουν πολλές ασυμφωνίες, αλλά δεν έχουν εντοπιστεί μεγάλες αυξήσεις του ρίσκου για οποιαδήποτε μορφή καρκίνου σε παιδιά ή ενήλικες. Ένας αριθμός επιδημιολογικών μελετών παρουσιάζουν μικρές αυξήσεις στο ρίσκο εμφάνισης λευχαιμίας κατά την παιδική ηλικία με την έκθεση σε μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων στο σπίτι. Ωστόσο, οι επιστήμονες δεν έχουν καταλήξει σε γενικό συμπέρασμα ως προς το εάν αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν την ύπαρξη σχέσης αιτίας - αιτιατού ανάμεσα στην έκθεση στα πεδία και τη νόσο.

Οι τρέχουσες οδηγίες που παρέχονται από ένα Ιατρικό Ερευνητικό Συμβούλιο (MRC) ομάδα εμπειρογνομόνων στην NRPB αναφέρει ότι θεωρούν ότι οι επιδημιολογικές μελέτες με σκοπό να αποδείξουν μια συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης και της επίπτωσης των νεοπλασμάτων και των συγγενών ανωμαλιών ήταν ασαφής, εκτός εάν σημαντικές αυξήσεις στη θερμοκρασία του πυρήνα είχαν προκληθεί σε πειραματόζωα. Αυξήσεις άνω του 1°C μητρικής θερμοκρασία του πυρήνα σε κατώτερα ζώα αύξησε τη συχνότητα των συγγενών ανωμαλιών.

Επίσης, δεν υπήρχαν πειστικά πειραματικά στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, σε εντάσεις πεδίου που συνήθως απαντώνται άμεσα προκαλούσε νεοπλάσματα ή εκ γενετής ανωμαλίες. Μερικά πειράματα στα οποία μια τέτοια σύνδεση είχε προταθεί ήταν πιθανό να εμπλέκονταν ουσιαστικά αυξήσεις στη θερμοκρασία των κυττάρων μετά από έρευνα. (δηλαδή περισσότερο από 1°C)

Εν μέρει, η επιστημονική κοινότητα έφτασε σε αυτό το συμπέρασμα επειδή οι μελέτες σε πειραματόζωα και οι εργαστηριακές έρευνες δεν κατάφεραν να παρουσιάσουν επαναλαμβανόμενες επιδράσεις συνεπείς με την υπόθεση ότι τα πεδία προκαλούν καρκίνο ή συμβάλλουν στην εμφάνισή του. Σε πολλές χώρες βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη μελέτες ευρείας κλίμακας οι οποίες ενδέχεται να βοηθήσουν στην επίλυση αυτών των θεμάτων.

6.7.4 Επιπτώσεις στα αυτιά

Είναι δυνατόν να ακούσει κανείς τη συχνότητα διαμόρφωσης των παλμικών μικροκυματικών μεταδόσεων. Ο μηχανισμός για το φαινόμενο αυτό είναι μία μικρή τοπική άνοδος της θερμοκρασίας ($10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε 10^{-5} δευτερόλεπτα) στο κεφάλι προκαλώντας ένα κύμα πίεσης που φτάνει τον κοχλία το οποίο, εάν είναι άθικτο, δημιουργεί μία αίσθηση ήχου. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το μήκος του

παλμού και η ένταση είναι σημαντικές για την επίδραση αυτή. Σε μερικά άτομα αυτή η επίδραση μπορεί να είναι αισθητή κάτω από 100 Wm^{-2} επίπεδα ισχύος. Ο μόνος κίνδυνος από αυτήν την επιρροή θα ήταν μόνο αν η προσοχή στρέφονταν αλλού και δημιουργούνταν μια επικίνδυνη κατάσταση.

6.7.5 RF Εγκαύματα

Ηλεκτρομαγνητικά πεδία επάγουν ηλεκτρικό ρεύμα σε γειτονικά αντικείμενα. Εάν αυτά είναι μεταλλικά και είτε ανεπαρκώς γειωμένα ή μη γειωμένα, το ρεύμα μπορεί να περάσει μέσα από οποιοδήποτε σε επαφή με το αντικείμενο. Το τρέχον είναι επαρκές για να προκαλέσει έγκαυμα περίπου 300 mAcm^{-2} . Έτσι, για μια επαφή στην περιοχή του 1 cm^2 ρεύματος 300 mA θα προκαλέσει έγκαυμα, παρομοίως για μια επιφάνεια επαφής 0.5 cm^2 , 150 mA ρεύματος θα προκαλέσει έγκαυμα. Με εξαιρετικά μικρές περιοχές επαφής το ρεύμα που χρειάζεται είναι μάλλον περισσότερο από 300^{-2} MACM . Με μεγάλες επιφάνειες επαφής 200 mA μπορεί να αντέξει χωρίς πρόβλημα σε συχνότητες άνω των 100 kHz . Ρεύματα λιγότερο από 50 mA θεωρούνται ότι είναι ασφαλές πάνω από 100 kHz .

6.7.6 Βηματοδότες

Οι Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI) μπορούν να επηρεάσουν ηλεκτρονικές προσθετικές συσκευές όπως βηματοδότες, ιδιαίτερα εκείνες των παλαιότερων σχεδιασμών και κατασκευής. Η επίδραση αυτή είναι μέγιστη στα περίπου 500 MHz και οι σύγχρονοι βηματοδότες έχουν δοκιμαστεί ως προς την ευαισθησία σε αυτή την συχνότητα. Εάν υπάρχει η παραμικρή αμφιβολία, πρόσωπα εφοδιασμένα με βηματοδότη δεν πρέπει να επιτρέπεται να εισέρχονται στις περιοχές υψηλών ραδιοσυχνοτήτων.

6.7.7 Επιδράσεις σε άλλους ιστούς

Υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις για την επιτάχυνση της επούλωσης τόσο μαλακού ιστού και οστικών κακώσεων, κυρίως κατάγματα, από την εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η υπερθερμία, ενώ γενικά είναι επιβλαβής, μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση σε κακοήθεις όγκους, καθώς και ενδυνάμωση των αποτελεσμάτων της ακτινοθεραπείας ή των κυτταροτοξικών φαρμάκων. Φυσιοθεραπευτές χρησιμοποιούν διάφορες συσκευές που παράγουν μικροκύματα για τη θεραπεία ασθενών για ένα εύρος προβλημάτων υγείας.

6.7.8 Υπερευαισθησία στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και κατάθλιψη

Ορισμένα άτομα αναφέρουν υπερευαισθησία στα ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία. Ρωτούν εάν οι πόνοι και τα άλγη, οι πονοκέφαλοι, η κατάθλιψη, ο λήθαργος, οι διαταραχές του ύπνου, ακόμα και οι σπασμοί και οι επιληπτικές κρίσεις θα μπορούσαν να συνδέονται με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Υπάρχουν λίγες μόνο επιστημονικές αποδείξεις που υποστηρίζουν την ιδέα της υπερευαισθησίας στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Από πρόσφατες μελέτες εντοπίστηκε ότι οι άνθρωποι δεν επιδεικνύουν σταθερές αντιδράσεις υπό κατάλληλα ελεγχόμενες συνθήκες έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ούτε, επίσης, ότι υπάρχει κάποιος αποδεκτός βιολογικός μηχανισμός που να εξηγεί την υπερευαισθησία. Η έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα είναι δύσκολη, καθώς ενδέχεται να εμπλέκονται πολλές άλλες υποκειμενικές

αντιδράσεις, πέρα από τις άμεσες επιδράσεις των πεδίων. Επί του θέματος συνεχίζονται ακόμα πολλές μελέτες.

6.8 Μη θερμικές επιδράσεις.

Έχουν υπάρξει πολλές εκθέσεις, ως επί το πλείστον που προέρχονται από χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, των αποτελεσμάτων των ανοιγμάτων σε ανθρώπους που είναι πολύ χαμηλές για να δώσουν αφορμή για θερμικές επιδράσεις. Έχουν αναφερθεί συμπτώματα όπως ναυτία, κόπωση, ευερεθιστότητα, υπνηλία, μερική απώλεια της μνήμης, μικρότερος ρυθμός παλμών, υπέρταση, υπόταση κλπ. Καμία από τις μελέτες αυτές δεν παρέχουν σαφείς αποδείξεις για αρνητικές συνέπειες από μικροκύματα ή έκθεση σε ραδιοσυχνότητες και πολυάριθμες άλλες μελέτες δεν έχουν δείξει καμία τέτοια επίδραση για αρρώστιες.

6.9 Θερμικές επιδράσεις

Θερμικές επιδράσεις μπορούν, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι θα συμβούν σε SAR επίπεδα πάνω από περίπου 4 Wkg^{-1} , και είναι ευρέως αποδεκτό ότι ένα επαρκές περιθώριο ασφαλείας θα επιτευχθεί με συντελεστή μείωσης 10, δηλαδή σε ένα SAR κατά 0.4 Wkg^{-1} .

6.10 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο περιβάλλον

6.10.1 Ραντάρ

Τα ραντάρ χρησιμοποιούνται για πλοήγηση, μετεωρολογικές προβλέψεις και για στρατιωτικές εφαρμογές, καθώς και σε πολλές άλλες λειτουργίες. Εκπέμπουν παλμικά σήματα μικροκυμάτων. Η μέγιστη ισχύς του παλμού μπορεί να είναι πολύ υψηλή, αν και η μέση ισχύς μπορεί να είναι χαμηλή. Πολλά ραντάρ περιστρέφονται ή μετακινούνται προς τα πάνω-κάτω. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η μέση πυκνότητα της ισχύος στην οποία εκτίθενται οι άνθρωποι που βρίσκονται κοντά στα ραντάρ. Ακόμα και τα μη περιστρεφόμενα στρατιωτικά ραντάρ υψηλής ισχύος περιορίζουν την έκθεση σε επίπεδα κατώτερα από τα όρια των οδηγιών όταν βρίσκονται σε τοποθεσίες προσβάσιμες από το κοινό.

6.10.2 Συστήματα ασφαλείας

Τα αντικλεπτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στα καταστήματα βασίζονται σε ετικέτες που τοποθετούνται στα εμπορεύματα και οι οποίες ανιχνεύονται στις εξόδους από ηλεκτρικά πηνία. Όταν ο πελάτης αγοράζει ένα προϊόν, η ετικέτα αφαιρείται ή απενεργοποιείται μόνιμα. Γενικά, τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία από τα πηνία δεν υπερβαίνουν τα επίπεδα έκθεσης που ορίζονται από τις σχετικές οδηγίες. Τα συστήματα ελέγχου πρόσβασης λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο, με μια ετικέτα ενσωματωμένη σε ένα μπρελόκ ή σε μια ταυτότητα. Τα συστήματα ασφαλείας στις βιβλιοθήκες έχουν τη δυνατότητα να απενεργοποιούνται όταν κάποιος δανειστεί ένα βιβλίο και να ενεργοποιούνται εκ νέου όταν το επιστρέψει. Οι ανιχνευτές μετάλλου και τα συστήματα ασφαλείας στα αεροδρόμια δημιουργούν ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο, που μπορεί να φτάνει μέχρι και στα $100 \mu\text{T}$, και διασπάται

από την παρουσία μεταλλικών αντικειμένων. Κοντά στο πλαίσιο του ανιχνευτή, οι τιμές έντασης του μαγνητικού πεδίου μπορεί να προσεγγίζουν ή και κάποιες φορές να υπερβαίνουν τα όρια που επιβάλλουν οι σχετικές οδηγίες. Ωστόσο, αυτό δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία.

6.10.3 Ηλεκτρικά τραίνα και τραμ

Τα τραίνα μεγάλων αποστάσεων διαθέτουν ένα ή περισσότερα βαγόνια-κινητήρες, που είναι ξεχωριστά από τα βαγόνια των επιβατών. Έτσι, η έκθεση των επιβατών οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο τραίνο. Τα μαγνητικά πεδία στα βαγόνια επιβατών των τραίνων μεγάλων αποστάσεων μπορούν να φτάνουν και σε μερικές εκατοντάδες μT κοντά στο δάπεδο, ενώ έχουν χαμηλότερες τιμές (δεκάδες μT) σε άλλα σημεία του χώρου επιβατών. Οι τιμές έντασης των ηλεκτρικών πεδίων μπορούν να φτάνουν στα 300 V/m . Οι άνθρωποι που ζουν κοντά σε σιδηροδρομικές γραμμές ενδέχεται να εκτίθενται σε μαγνητικά πεδία προερχόμενα από το υπερυψωμένο σύστημα παροχής ρεύματος, τα οποία (ανάλογα με τη χώρα) μπορεί να είναι ανάλογα με τα πεδία που δημιουργούνται από τις γραμμές υψηλής τάσης. Οι κινητήρες και ο εξοπλισμός έλξης των τρένων και τραμ βρίσκεται συνήθως στο πάτωμα κάτω από τα βαγόνια των επιβατών. Στο επίπεδο του δαπέδου, οι τιμές έντασης του μαγνητικού πεδίου μπορεί να φτάνουν σε μερικές δεκάδες μT , σε σημεία του δαπέδου που βρίσκονται ακριβώς πάνω από τον κινητήρα. Τα πεδία αυτά μειώνονται δραστικά όσο μεγαλώνει η απόσταση από το δάπεδο, με αποτέλεσμα η έκθεση του άνω μέρους του σώματος των επιβατών να είναι κατά πολύ χαμηλότερη.

6.10.4 Τηλεόραση και ραδιόφωνο

Καθημερινά, οι περισσότεροι από εμάς επιλέγουμε και ακούμε κάποιο σταθμό στο ραδιόφωνο. Τα ραδιοσήματα χαρακτηρίζονται είτε από διαμόρφωση κατά πλάτος (AM) είτε από διαμόρφωση κατά συχνότητα (FM), ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο μεταφέρουν την πληροφορία. Τα ραδιοσήματα AM μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετάδοση σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, ενώ τα κύματα FM μπορούν να καλύψουν μικρότερες περιοχές με καλύτερη, όμως, ποιότητα ήχου. Η μετάδοση των ραδιοσημάτων AM γίνεται μέσω μεγάλων συστοιχιών από κεραίες, που μπορεί να βρίσκονται σε ύψος δεκάδων μέτρων, σε περιοχές μη προσβάσιμες από το κοινό. Σε μικρή απόσταση από τις κεραίες και τα καλώδια τροφοδοσίας, η έκθεση μπορεί να είναι υψηλή, ωστόσο αυτή θα μπορούσε να επηρεάσει μόνο τους εργαζομένους στη συντήρηση και όχι το ευρύ κοινό.

Οι κεραίες της τηλεόρασης και των ραδιοσταθμών FM είναι κατά πολύ μικρότερες από τις κεραίες ραδιοσταθμών AM και τοποθετούνται σε συστοιχίες στην κορυφή ψηλών πύργων. Αυτοί οι πύργοι χρησιμεύουν μόνο για την τοποθέτηση των κεραιών. Επειδή, κοντά στη βάση των πύργων η έκθεση είναι κάτω από τα όρια που επιβάλλουν οι σχετικές οδηγίες, ενδέχεται να επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού στις συγκεκριμένες περιοχές. Κάποιες φορές, οι μικρές κεραίες τοπικών τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών σταθμών τοποθετούνται στην οροφή κτιρίων. Σε μια τέτοια περίπτωση, ίσως είναι απαραίτητο να μην επιτρέπεται η ελεύθερη πρόσβαση στην οροφή.

6.10.5 Κινητά τηλέφωνα και σταθμοί βάσης της κινητής τηλεφωνίας

Τα κινητά τηλέφωνα επιτρέπουν στους ανθρώπους να είναι πάντα σε επαφή. Αυτές οι συσκευές λειτουργούν με ραδιοκύματα χαμηλής ισχύος και μεταδίδουν και λαμβάνουν σήματα σε ή από ένα δίκτυο σταθερών σταθμών βάσης χαμηλής ισχύος. Κάθε σταθμός βάσης καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή. Ανάλογα με τον αριθμό των κλήσεων που διεκπεραιώνονται, οι σταθμοί βάσης μπορεί να βρίσκονται σε απόσταση μόνο μερικών εκατοντάδων μέτρων μεταξύ τους στις μεγάλες πόλεις ή αρκετών χιλιομέτρων στις αγροτικές περιοχές. Οι σταθμοί βάσης της κινητής τηλεφωνίας συνήθως τοποθετούνται στον οροφή κτιρίων ή σε πύργους, σε ύψος μεταξύ 15 και 50 μέτρων. Τα επίπεδα των μεταδόσεων από κάθε μεμονωμένο σταθμό βάσης είναι μεταβαλλόμενα και εξαρτώνται από τον αριθμό των κλήσεων και την απόσταση του καλούντος από το σταθμό βάσης.

Οι κεραίες εκπέμπουν μια πολύ στενή δέσμη ραδιοκυμάτων, που εξαπλώνεται σχεδόν παράλληλα προς το έδαφος. Επομένως, τα πεδία ραδιοσυχνότητας στο επίπεδο του εδάφους και σε περιοχές προσβάσιμες στο κοινό είναι κατά πολλές φορές χαμηλότερα από τα επίπεδα κινδύνου. Υπέρβαση των ορίων θα μπορούσε να συμβεί μόνο εάν κάποιος μπορούσε να φτάσει σε απόσταση ενός ή δύο μέτρων από τις κεραίες και ακριβώς μπροστά σε αυτές. Πριν αρχίσουν να χρησιμοποιούνται ευρέως τα κινητά τηλέφωνα, η έκθεση του κοινού σε ραδιοσυχνότητες οφειλόταν κυρίως στους ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς. Ακόμα και σήμερα, οι πύργοι της τηλεφωνίας αυξάνουν λίγο μόνο τη συνολική μας έκθεση, καθώς οι τιμές έντασης του σήματος σε σημεία προσβάσιμα από το κοινό συνήθως είναι παρόμοιες με ή χαμηλότερες από αυτές που οφείλονται σε απομακρυσμένους ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς.

Ο χρήστης όμως ενός κινητού τηλεφώνου εκτίθεται σε επίπεδα ραδιοσυχνότητας πολύ υψηλότερα από αυτά που υπάρχουν στο ευρύτερο περιβάλλον. Τα κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται πολύ κοντά στο κεφάλι. Επομένως, αντί της διερεύνησης των επιδράσεων από την άνοδο της θερμοκρασίας σε ολόκληρο το σώμα, πρέπει να προσδιοριστεί η διανομή της απορροφώμενης ενέργειας στο κεφάλι του χρήστη του κινητού τηλεφώνου. Επιστρατεύοντας εξειδικευμένες μεθόδους μοντελοποίησης με υπολογιστές και κάνοντας μετρήσεις με τη χρήση μοντέλων του ανθρώπινου κεφαλιού, φαίνεται ότι η ενέργεια που απορροφάται από τη χρήση ενός κινητού τηλεφώνου δεν υπερβαίνει τα όρια που επιβάλλουν οι ισχύουσες οδηγίες.

Έχουν επίσης εμφανιστεί ανησυχίες σχετικά με άλλου είδους επιδράσεις από την έκθεση σε συχνότητες κινητών τηλεφώνων, μη σχετιζόμενες με την άνοδο της θερμοκρασίας. Σε αυτές περιλαμβάνονται και νύξεις σχετικά με την ύπαρξη επιδράσεων στα κύτταρα, δύσκολων στον εντοπισμό, οι οποίες θα μπορούσαν να έχουν κάποια επίδραση στην ανάπτυξη καρκίνου. Έχουν, επίσης, γίνει υποθέσεις για επιδράσεις σε ηλεκτρικά διεγερόμενους ιστούς που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία του εγκεφάλου και του νευρικού ιστού. Παρόλα αυτά τα έως σήμερα διαθέσιμα στοιχεία δεν δείχνουν ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων έχει κάποια βλαβερή επίδραση στην ανθρώπινη υγεία[7].

6.11 Μαγνητικά πεδία στην καθημερινή μας ζωή

Τα τελευταία χρόνια, οι εθνικές αρχές διαφορετικών χωρών έκαναν πολλές μετρήσεις με σκοπό τη διερεύνηση των επιπέδων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο περιβάλλον όπου ζουν και εργάζονται οι πολίτες τους. Καμία από αυτές τις έρευνες δεν κατέληξε στο ότι τα επίπεδα των πεδίων θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία. Πρόσφατα στη Γερμανία, η Ομοσπονδιακή υπηρεσία για την ασφάλεια από την ακτινοβολία (Federal Office for Radiation Safety) μετρήσε την ημερήσια έκθεση σε μαγνητικά πεδία για 2000 άτομα από διαφορετικά επαγγέλματα και

επίπεδα έκθεσης. Κάθε συμμετέχοντας στη μέτρηση εφοδιάστηκε με ατομικό δοσίμετρο, για 24 ώρες. Το επίπεδο έκθεσης που μετρήθηκε εμφάνιζε πολλές διακυμάνσεις, αλλά ο μέσος ημερήσιος όρος ήταν 0,10 μT . Η τιμή αυτή είναι χίλιες φορές μικρότερη από το βασικό όριο των 100 μT που ισχύει για το κοινό και 200 φορές χαμηλότερη από το όριο έκθεσης των 500 μT που ισχύει για τους εργαζόμενους. Επιπλέον, η έκθεση των ανθρώπων που ζουν στο κέντρο των πόλεων έδειξε ότι δεν υπάρχουν δραστικές διαφορές στην έκθεση είτε κάποιος ζει σε μια αγροτική περιοχή είτε στην πόλη. Ακόμα και στην περίπτωση ανθρώπων που ζουν κοντά σε γραμμές υψηλής τάσης, η έκθεση διαφέρει πολύ λίγο από τη μέση έκθεση του γενικού πληθυσμού.

6.12 Τι δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη στις οδηγίες

Προς το παρόν, η συζήτηση περί των πιθανών μακροπρόθεσμων επιδράσεων στην υγεία δεν μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την έκδοση οδηγιών ή προτύπων. Συναθροίζοντας τα αποτελέσματα όλων των επιστημονικών μελετών, η συνολική βαρύτητα των στοιχείων δεν δηλώνει ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία προκαλούν μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην υγεία, όπως καρκίνο. Εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί ορίζουν και ενημερώνουν τα πρότυπα βασισμένοι στις τελευταίες επιστημονικές γνώσεις, με σκοπό την προστασία από τις γνωστές επιδράσεις στην υγεία.

Οι οδηγίες ορίζονται για το μέσο πληθυσμό και δεν είναι δυνατό να καλύπτουν άμεσα τις απαιτήσεις μιας μειοψηφίας αποτελούμενης από δυνητικά πιο ευαίσθητους ανθρώπους. Για παράδειγμα, οι οδηγίες που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση δεν βασίζονται στις εξειδικευμένες ανάγκες όσων πάσχουν από άσθμα. Με ανάλογο τρόπο, οι οδηγίες περί των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων δεν έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να προστατεύουν τους ανθρώπους από την παρεμβολή με εμφυτευμένες ιατρικές ηλεκτρονικές συσκευές, όπως για παράδειγμα βηματοδότες. Αντίθετα, ο ενδιαφερόμενος πρέπει να ζητήσει συμβουλές σχετικά με τις περιπτώσεις έκθεσης που πρέπει να αποφύγει, από τον κατασκευαστή της αντίστοιχης συσκευής και από τον ιατρό που πραγματοποίησε την εμφύτευση.

6.13 Επικινδυνότητα έκθεσης σε πεδία που υπερβαίνουν τις οδηγίες

Οι οδηγίες για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία διασφαλίζουν ότι, στα πλαίσια του συγκεκριμένου ορίου έκθεσης, δεν θα παρουσιαστούν γνωστές δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία. Το επίπεδο που είναι γνωστό ότι προκαλεί συνέπειες στην υγεία, διαιρείται με ένα μεγάλο συντελεστή ασφάλειας. Επομένως, ακόμα και αν ο άνθρωπος εκτεθεί σε πεδία με ένταση αρκετές φορές μεγαλύτερη από τη δεδομένη οριακή τιμή, η έκθεση εξακολουθεί να βρίσκεται εντός του περιθωρίου ασφαλείας.

Στην καθημερινή ζωή, οι περισσότεροι άνθρωποι δεν εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που υπερβαίνουν τα όρια που υπαγορεύουν οι σχετικές οδηγίες. Οι τυπικές τιμές έκθεσης είναι πολύ κάτω από αυτές τις τιμές. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η έκθεση ενός ανθρώπου ενδέχεται να προσεγγίσει, για μια σύντομη χρονική περίοδο, ή και να υπερβεί τις οδηγίες. Σύμφωνα με τη Διεθνή επιτροπή προστασίας από τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία, πρέπει να υπολογίζεται ο μέσος όρος των περιστατικών έκθεσης σε πεδία ραδιοσυχνότητας και συχνοτήτων μικροκυμάτων ως προς το χρόνο, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αθροιστικές επιδράσεις.

Οι οδηγίες ορίζουν μια περίοδο υπολογισμού του μέσου όρου της τάξης των έξι λεπτών και τυχόν βραχυπρόθεσμες εκθέσεις πάνω από τα όρια είναι αποδεκτές. Αντιθέτως, για την έκθεση σε ηλεκτρικά

και μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας, οι οδηγίες δεν απαιτούν υπολογισμό μέσου όρου ως προς το χρόνο. Τα πράγματα γίνονται ακόμα πιο πολύπλοκα με έναν ακόμα παράγοντα που πρέπει να ληφθεί υπόψη, τη σύζευξη (coupling). Ο όρος σύζευξη αναφέρεται στην αλληλεπίδραση ανάμεσα στα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και το εκτιθέμενο σώμα. Αυτή εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα του σώματος, τον τύπο του ιστού και τον προσανατολισμό του σώματος ως προς το πεδίο. Οι οδηγίες πρέπει να είναι συντηρητικές: η Διεθνής επιτροπή προστασίας από τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία υποθέτει πάντοτε ότι υπάρχει μέγιστη σύμπλεξη του πεδίου στο εκτιθέμενο άτομο. Έτσι, το όριο της οδηγίας παρέχει τη μέγιστη ασφάλεια.

7. Δικαίωμα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων - Αδειοδότηση Κεραιών

7.1 Δικαιώματα Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων

Σύμφωνα με το νόμο Ν. 3431/2006, **Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις** (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), η Εθνική επιτροπή τηλεπικοινωνιών και ταχυδρομείων "Ε.Ε.Τ.Τ." χορηγεί ατομικά Δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων για την παροχή δικτύων ή / και υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών με χρήση ραδιοσυχνοτήτων. Οι διαδικασίες, προϋποθέσεις και λεπτομέρειες για τη χορήγηση Δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ρυθμίζονται από τον "Κανονισμό Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων υπό καθεστώς Γενικής Άδειας για τη Παροχή Δικτύων ή / και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών" (ΦΕΚ 750/Β/21-6-06).

Από το πεδίο εφαρμογής του ανωτέρω Κανονισμού εξαιρούνται:

- τα κρατικά δίκτυα ηλεκτρονικών επικοινωνιών
- τα δίκτυα και οι μεμονωμένοι σταθμοί ραδιοεπικοινωνιών της υπηρεσίας ραδιοερασιτέχνη και της υπηρεσίας ραδιοερασιτέχνη μέσω δορυφόρου
- τα δίκτυα και οι μεμονωμένοι σταθμοί ραδιοεπικοινωνιών που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για πειραματικούς ή ερευνητικούς σκοπούς και για επίδειξη,
- η αναλογική τηλεόραση και ραδιοφωνία ελεύθερης λήψης και η επίγεια και δορυφορική ψηφιακή ευρυεκπομπή.

Στην τελευταία εξαίρεση δεν περιλαμβάνονται οι ραδιοσυχνότητες που χρησιμοποιούνται από ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς προκειμένου να μεταφέρουν την εικόνα ή και τον ήχο του προγράμματός τους από το σημείο παραγωγής στο σημείο εκπομπής.

7.2 Κατηγορίες διάκρισης ραδιοσυχνοτήτων

Η χρήση των ραδιοσυχνοτήτων που εμπίπτουν στον ανωτέρω Κανονισμό διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- Χρήση ραδιοσυχνοτήτων ή ζωνών ραδιοσυχνοτήτων όπου ο κίνδυνος πρόκλησης επιζήμιων παρεμβολών είναι αμελητέος και δεν απαιτείται χορήγηση ατομικού δικαιώματος χρήσης.
- Χρήση ραδιοσυχνοτήτων ή ζωνών ραδιοσυχνοτήτων όπου προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος πρόκλησης επιζήμιων παρεμβολών απαιτείται χορήγηση ατομικού δικαιώματος χρήσης.

Ο "Κανονισμός Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων" (ΦΕΚ 1456/Β/3-10-2006) καθορίζει σε ποια από τις παραπάνω κατηγορίες ανήκει κάθε χρήση μεμονωμένης ραδιοσυχνότητας ή ζώνης ραδιοσυχνοτήτων για την παροχή δικτύων ή / και υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών. Επίσης καθορίζει τεχνικούς όρους χρήσης των μεμονωμένων ραδιοσυχνοτήτων ή ζωνών ραδιοσυχνοτήτων από εφαρμογές ή υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών. Οι τεχνικοί όροι αφορούν μεταξύ άλλων στις επιτρεπτές χρήσεις, στα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και στα ισχύοντα σχέδια διαυλοποίησης. Σε περίπτωση που για κάποια χρήση μεμονωμένης ραδιοσυχνότητας ή ζώνης ραδιοσυχνοτήτων δεν υπάρχει πρόβλεψη στον Κανονισμό Όρων Χρήσης, ισχύουν τα οριζόμενα στον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών

Συχνοτήτων "Ε.Κ.Κ.Ζ.Σ."(ΦΕΚ 399/Β/3-4-2006). Ο "Ε.Κ.Κ.Ζ.Σ." περιλαμβάνει την κατανομή καθορισμένων ζωνών ραδιοσυχνοτήτων του φάσματος από 9 kHz μέχρι 400 GHz σε μία ή περισσότερες υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών.

Για την παροχή δημόσιων δικτύων ηλεκτρονικών επικοινωνιών ή διαθέσιμων στο κοινό υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών και για τη λειτουργία ειδικών ραδιοδικτύων, οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να υποβάλλουν στην Ε.Ε.Τ.Τ. Δήλωση Καταχώρησης στο Μητρώο Παροχών Δικτύων και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών. Επίσης, σε περίπτωση που χρησιμοποιούν συχνότητες για τις οποίες δεν απαιτείται ατομικό δικαίωμα χρήσης, θα πρέπει να κοινοποιούν στην Ε.Ε.Τ.Τ. ανά εξάμηνο τις θέσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών ραδιοεπικοινωνίας των δικτύων τους.

Σε όλες τις περιπτώσεις χορήγησης ατομικών Δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων πρέπει να καταβάλλονται τέλη χρήσης ραδιοσυχνοτήτων και τέλη εκχώρησης για τη διαχείριση και έλεγχο των αιτήσεων των παρόχων. Τα δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων αφορούν την σταθερή, κινητή, δορυφορική και υπηρεσία ευρυεκπομπής.

7.3 Σταθερή υπηρεσία

Για την υλοποίηση δισημειακών μικροκυματικών ραδιοζεύξεων (point-to-point radio links) μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ζώνες ραδιοσυχνοτήτων που προβλέπονται για το σκοπό αυτό στον Κανονισμό Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων. Στην περίπτωση όπου για δεδομένη ζώνη ραδιοσυχνοτήτων απαιτείται χορήγηση ατομικού Δικαιώματος Χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στον Κανονισμό Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων υπό Καθεστώς Γενικής Άδειας για την Παροχή Δικτύων ή / και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών. Η διαδικασία που περιγράφεται στην ανωτέρω Απόφαση είναι απαραίτητο να ακολουθείται από κάθε ενδιαφερόμενο, διαφορετικά ελλείψεις αιτήσεις χάνουν τη σειρά προτεραιότητάς τους και καθυστερούν μέχρι να συμπληρωθούν κατάλληλα. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ομαλή διαδικασία για κάθε ενδιαφερόμενο, η ΕΕΤΤ έχει εκδώσει ένα πρότυπο αίτησης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Τη χορήγηση νέου δικαιώματος χρήσης,
- Την τροποποίηση υπάρχοντος δικαιώματος χρήσης,
- Την ανάκληση υπάρχοντος δικαιώματος χρήσης,
- Την αλλαγή στοιχείων (επικοινωνίας ή άλλων) κατόχου δικαιώματος χρήσης.

7.4 Δορυφορική υπηρεσία

Για την υλοποίηση σταθερών δορυφορικών ζεύξεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ζώνες ραδιοσυχνοτήτων που προβλέπονται για το σκοπό αυτό στον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων και στον Κανονισμό Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων. Στην περίπτωση όπου για δεδομένη ζώνη ραδιοσυχνοτήτων απαιτείται χορήγηση ατομικού Δικαιώματος Χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στον Κανονισμό Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων υπό Καθεστώς Γενικής Άδειας για την Παροχή Δικτύων ή / και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών. Η διαδικασία που περιγράφεται στην ανωτέρω Απόφαση είναι απαραίτητο να ακολουθείται από κάθε ενδιαφερόμενο, διαφορετικά ελλείψεις αιτήσεις χάνουν τη σειρά προτεραιότητάς τους και καθυστερούν μέχρι να συμπληρωθούν κατάλληλα. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ομαλή διαδικασία για κάθε ενδιαφερόμενο, η ΕΕΤΤ έχει εκδώσει ένα πρότυπο αίτησης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Τη χορήγηση νέου δικαιώματος χρήσης,
- Την τροποποίηση υπάρχοντος δικαιώματος χρήσης,
- Την ανάκληση υπάρχοντος δικαιώματος χρήσης,
- Την αλλαγή στοιχείων (επικοινωνίας ή άλλων) κατόχου δικαιώματος χρήσης.

7.5 Υπηρεσία ευρυεκπομπής

Σύμφωνα με το νόμο Ν.3548/2007 "Καταχώρηση Δημοσιεύσεων των φορέων του Δημοσίου στο νομαρχιακό και τοπικό τύπο και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ 68/Α'/2007), και ειδικότερα το άρθρο 9 παρ.3 αυτού, η ΕΕΤΤ χορηγεί σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όταν πληρούνται οι εκ του Νόμου οριζόμενες προϋποθέσεις ατομικά Δικαιώματα χρήσης τηλεοπτικών διαύλων.

Οι όροι, οι διαδικασίες, και κάθε σχετική λεπτομέρεια για τη χορήγηση Δικαιωμάτων χρήσης τηλεοπτικών διαύλων ρυθμίζονται από την Απόφαση της ΕΕΤΤ ΑΠ 472/157/21-3-2008 «Κανονισμός Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Διαύλων στους Τηλεοπτικούς Σταθμούς (Τ/Σ) Εθνικής Εμβέλειας οι οποίοι κατέχουν άδεια ιδρύσεως και λειτουργίας κατά τα οριζόμενα στο άρθρο 4 του ν. 1866/1989 και στους Τ/Σ Περιφερειακής και Τοπικής Εμβέλειας που πληρούν τους όρους και τις προϋποθέσεις του άρθρου 17 του ν. 2644/1998 και το πλαίσιο χρήσης αυτών κατ' εφαρμογή του ν. 3548/2007.» (ΦΕΚ 711/23-4-2008). "Κανονισμός για τον Καθορισμό των Υποχρεώσεων των Φορέων Εκμετάλλευσης σχετικά με την Πρόσβαση στις Διεπαφές Προγράμματος Εφαρμογής (API) και στους Ηλεκτρονικούς Οδηγός Προγραμμάτων (EPG)" (ΦΕΚ 161/Β/19-2-2010). Η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων εκπόνησε μελέτη, η οποία έγινε με την βοήθεια της εταιρίας συμβούλων Aegis Spectrum Engineering, προσδιορισμού και διαθεσιμότητας Ψηφιακού Μερισίματος για την ανάπτυξη προηγμένων υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών έως και την πλήρη έναρξη ψηφιακών τηλεοπτικών εκπομπών».

7.6 Κινητή υπηρεσία

Τα Ραδιοδίκτυα της κινητής υπηρεσίας (αναφερόμενα συχνά και ως ειδικά ραδιοδίκτυα) καλύπτουν τις ανάγκες επικοινωνίας διαφόρων επαγγελματιών χρηστών (ραδιοταξί, ιδιωτικές εταιρείες ασφάλειας, μεταφορικές εταιρείες κλπ) καθώς και των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. Προκειμένου να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει ένα ειδικό ραδιοδίκτυο (και γενικά ένα δίκτυο κινητής υπηρεσίας), απαιτείται η εγγραφή στο Μητρώο Γενικών Αδειών που τηρεί η ΕΕΤΤ και η χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης των ραδιοσυχνοτήτων του ραδιοδικτύου από την ΕΕΤΤ. Η διαδικασία της αδειοδότησης της λειτουργίας των ειδικών ραδιοδικτύων στα πλαίσια του νόμου Ν.3431/2006 καθορίζεται από τους Κανονισμούς της ΕΕΤΤ:

- τον Κανονισμό Γενικών Αδειών όπως αυτός τροποποιήθηκε με την υπ' αριθμ. 442/68/28-6-2007 Απόφαση της ΕΕΤΤ
- και τον Κανονισμό Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων υπό καθεστώς Γενικής Άδειας για τη Παροχή Δικτύων ή / και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών

Η ΕΕΤΤ δεν χορηγεί πλέον δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων για δίκτυα Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων, Υπουργείων, Πρεσβειών, του ΕΚΑΒ και άλλων κρατικών φορέων και υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης.

7.7 Ψηφιακό μέρισμα

Με την τροποποίηση του νομικού πλαισίου (Ν.3592/2007) που διέπει τη λειτουργία των τηλεοπτικών σταθμών, απονεμήθηκαν στην Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) μία σειρά νέων αρμοδιοτήτων μεταξύ των οποίων, της αδειοδότησης και ελέγχου των παρόχων ενσύρματων και ασύρματων δικτύων ραδιοτηλεοπτικών προγραμμάτων, της επιτροπής ανταγωνισμού για τα ραδιοτηλεοπτικά δίκτυα, της σύνταξης κανονισμού για την εγκατάσταση εξοπλισμού εντός των πάρκων κεραιών και της εποπτείας και ελέγχου του τηλεοπτικού φάσματος και των τεχνικών χαρακτηριστικών εκπομπής, ενώ προβλέπεται η έκφραση γνώμης από την ΕΕΤΤ σε πλήθος θεμάτων συμπεριλαμβανομένων και των χαρτών συχνοτήτων. Το γεγονός όμως ότι το αναλογικό ραδιοτηλεοπτικό τοπίο έχει παραμείνει επί μακρόν αρρυθμιστο και άναρχο, δεν επιτρέπει στην ΕΕΤΤ να εξασκήσει αποτελεσματικά τις εποπτικές της αρμοδιότητες για σωστό έλεγχο του ραδιοτηλεοπτικού φάσματος. Ως «ψηφιακό μέρισμα» νοείται το φάσμα συχνοτήτων που θα απελευθερωθεί όταν γίνει η πλήρης μετάβαση "switchover" από την αναλογική στην ψηφιακή ευρυεκπομπή και το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αριθμό καινοτόμων εφαρμογών, όπως:

- (α) Διαδραστικές υπηρεσίες σταθερής και κινητής ευρυεκπομπής μέσα από πολλαπλές πλατφόρμες μετάδοσης
- (β) Ασύρματες καινοτόμες ευρυζωνικές υπηρεσίες
- (γ) Υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών για την δημόσια ασφάλεια

(δ) Νέες κινητές υπηρεσίες τηλεοπτικού και πολυμεσικού περιεχομένου (mobile TV and multimedia services)

(ε) Προχωρημένες υπηρεσίες κοινωνικού χαρακτήρα (όπως στην τηλειατρική, την τηλεεκπαίδευση)

Το φάσμα του ψηφιακού μερίσματος βρίσκεται μεταξύ 200 MHz και 1 GHz. Αυτές οι συχνότητες έχουν ανώτερα χαρακτηριστικά διάδοσης σήματος με εκείνα σε, για παράδειγμα, 2,4 GHz. Η βιομηχανία έχει εκδηλώσει ενδιαφέρον για τη χρήση αυτών σε χαμηλότερες συχνότητες για να διευκολύνει την παροχή της κάλυψης και, συνεπώς, να επιτευχθεί η βέλτιστη ισορροπία ανάμεσα στη χωρητικότητα μετάδοσης και εύρος λειτουργίας. Αυτό θα σήμαινε ότι λιγότερες υποδομές θα πρέπει να υποχρεούνται να παρέχουν ευρύτερη κάλυψη κινητής τηλεφωνίας, με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους για τις υπηρεσίες επικοινωνίας, ειδικά στις αγροτικές περιοχές.

7.8 Διαχείριση φάσματος ραδιοσυχνοτήτων

Η διαχείριση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων και η εποπτεία των ραδιοεκπομπών πραγματοποιείται από όλους τους εντεταλμένους προς τούτο φορείς, σύμφωνα με τις εθνικές απαιτήσεις, τις διεθνείς συμφωνίες και τις διατάξεις του Καταστατικού Χάρτη, της Σύμβασης και του Κανονισμού Ραδιοεπικοινωνιών της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών, λαμβανομένων υπόψη των αποφάσεων των αρμόδιων οργάνων της Ευρωπαϊκής Συνδιάσκεψης Ταχυδρομείων και Τηλεπικοινωνιών (CEPT) και των Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως ισχύουν μετά την κύρωση τους κατ' εφαρμογή του άρθρου 28 παρ. 1 του Συντάγματος.

Η διαχείριση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων περιλαμβάνει ιδίως:

α) την εναρμόνιση της χρήσης του στο διεθνές, πέραν του κοινοτικού, επίπεδο, η οποία πρέπει να αντικατοπτρίζει τις απαιτήσεις που απορρέουν από τις γενικές αρχές πολιτικής, όπως αυτές προσδιορίζονται σε κοινοτικό και εθνικό επίπεδο,

β) τη χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης μεμονωμένων ραδιοσυχνοτήτων ή την απονομή ζωνών ραδιοσυχνοτήτων σε σταθμούς ραδιοεπικοινωνιών,

γ) την τήρηση των διαδικασιών του διεθνούς συντονισμού των ραδιοσυχνοτήτων,

δ) την τιμολόγηση και χρέωση της χρήσης ραδιοσυχνοτήτων,

ε) τον καθορισμό διοικητικών ή τεχνικών όρων χρήσης ζωνών ραδιοσυχνοτήτων ή μεμονωμένων ραδιοσυχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένης και της διαυλοποίησης,

στ) την εποπτεία και επιτήρηση της νόμιμης χρήσης.

7.9 Χρήση φάσματος ραδιοσυχνοτήτων

Το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων χρησιμοποιείται ιδίως:

- α) για τη διασφάλιση της ζωής και της ιδιοκτησίας,
- β) για την εξυπηρέτηση της εθνικής ασφάλειας και άμυνας,
- γ) για την υποστήριξη της καταπολέμησης του εγκλήματος και της επιβολής του νόμου,
- δ) για την υποστήριξη της κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης μέσω της εξασφάλισης υπηρεσιών επικοινωνιών εθνικής και παγκόσμιας κλίμακας, για προσωπική και επαγγελματική χρήση,
- ε) για την ενίσχυση της ανάπτυξης των υποδομών και της παροχής υπηρεσιών,
- στ) για την υποστήριξη εθνικών και διεθνών συστημάτων μεταφορών,
- ζ) για τη διατήρηση των φυσικών πόρων,
- η) για τη διανομή πληροφοριών και προγραμμάτων ειδικού και γενικού ενδιαφέροντος,
- θ) για την προαγωγή της επιστημονικής έρευνας και ανάπτυξης.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Μεταφορών και Επικοινωνιών και Εθνικής Άμυνας, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, εγκρίνεται ο Εθνικός Κανονισμός Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων, ο οποίος περιλαμβάνει, ιδίως:

α) Τα σχέδια κατανομής σε εθνικό επίπεδο του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων σε υπηρεσίες, όπως αυτές ορίζονται στον Κανονισμό Ραδιοεπικοινωνιών της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών, για τα επόμενα τρία χρόνια από την ημερομηνία δημοσίευσής του.

β) Διατάξεις για τη δυνατότητα χρήσης ραδιοεξοπλισμού σε συγκεκριμένες ζώνες ραδιοσυχνοτήτων.

γ) Τον καθορισμό ραδιοσυχνοτήτων και ζωνών ραδιοσυχνοτήτων, που μπορούν να χρησιμοποιούνται από ηλεκτρονικό εξοπλισμό, ο οποίος χρησιμοποιεί φάσμα ραδιοσυχνοτήτων για βιομηχανικές, επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές.

Η αποτελεσματική και ελεύθερη από παρεμβολές χρήση των ραδιοσυχνοτήτων εξασφαλίζεται με τον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων, με την εκχώρηση ραδιοσυχνοτήτων, εφόσον τούτο απαιτείται και με την επιτήρηση της χρήσης τους. Κατά την κατάρτιση του Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων, λαμβάνονται υπόψη ο Κανονισμός Ραδιοεπικοινωνιών της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU), οι Αποφάσεις και Συστάσεις της Ευρωπαϊκής Συνδιάσκεψης Ταχυδρομείων - Τηλεπικοινωνιών (CEPT), οι υποχρεώσεις εναρμόνισης του κοινοτικού δικαίου, η τεχνολογική εξέλιξη και η συμβατότητα των χρήσεων ραδιοσυχνοτήτων στα μέσα μετάδοσης.

Με την επιφύλαξη ότι ο Εθνικός Κανονισμός Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων αναθεωρείται τουλάχιστον κάθε τρία χρόνια, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών διεξάγει, κάθε χρόνο, σε συνεργασία με το Υπουργείο Εθνικής Αμυνας και την Ε.Ε.Τ.Τ., ανασκόπηση του Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων και προβαίνει σε οποιεσδήποτε αναγκαίες και κατάλληλες προσαρμογές σε αυτόν. Ωστόσο μπορεί να γίνει αναδασμός των ραδιοσυχνοτήτων, που έχουν εκχωρηθεί από την Ε.Ε.Τ.Τ., στην έκταση, που είναι εύλογο και αναγκαίο για μετά από εισήγηση της Ε.Ε.Τ.Τ. και κατόπιν διενέργειας διαβούλευσης. Για το σκοπό αυτόν η Ε.Ε.Τ.Τ. μπορεί να τροποποιεί το σχετικό δικαίωμα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, παρέχοντας άλλες ραδιοσυχνότητες και αποζημιώνοντας τον κάτοχο του δικαιώματος χρήσης ραδιοσυχνοτήτων για τυχόν ζημία, που υφίσταται από την τροποποίηση αυτή. Ο αναδασμός αυτός δεν μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ανάκληση του δικαιώματος χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ή τον περιορισμό του ανταγωνισμού.

7.10 Αποφάσεις Υπουργείου Μεταφορών και Ε.Ε.Τ.Τ

Το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών μεριμνά για τη δημοσίευση σε ιστοσελίδα του του Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων και ενημερώνει σχετικά το Ευρωπαϊκό Γραφείο Ραδιοεπικοινωνιών και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η Ε.Ε.Τ.Τ. μεριμνά για τη δημοσίευση στην ιστοσελίδα της πληροφοριών για τα δικαιώματα, τους όρους, τις διαδικασίες, τις επιβαρύνσεις και τα τέλη που αφορούν στη χρήση του ραδιοφάσματος στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων της, σύμφωνα με τον παρόντα νόμο. Το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών και η Ε.Ε.Τ.Τ. επικαιροποιούν τις σχετικές πληροφορίες και λαμβάνουν μέτρα για την ανάπτυξη κατάλληλων βάσεων δεδομένων, προκειμένου οι εν λόγω πληροφορίες να είναι προσιτές στο κοινό, κατά περίπτωση, σύμφωνα με τα οικεία μέτρα εναρμόνισης της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κατά την εκπλήρωση των καθηκόντων τους και την άσκηση των αρμοδιοτήτων και εξουσιών τους, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών και η Ε.Ε.Τ.Τ. λαμβάνουν δεόντως υπόψη ζητήματα εθνικής ασφάλειας, το δημόσιο συμφέρον και οποιεσδήποτε διεθνείς συμφωνίες, στις οποίες η χώρα αποτελεί Συμβαλλόμενο Μέρος [30][34][35].

7.11 Χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης συχνοτήτων και αριθμών

1. Προκειμένου να αποφευχθούν επιζήμιες παρεμβολές, απαιτείται η χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, ή κατά περίπτωση, η απονομή ραδιοσυχνοτήτων στην υπηρεσία ραδιοεπικοινωνιών, για την παροχή της οποίας είναι απαραίτητοι οι σταθμοί ραδιοεπικοινωνιών, να προηγείται της εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών αυτών, που παρέχουν στην ελληνική επικράτεια οποιαδήποτε από τις υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών, που περιλαμβάνονται στον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων. Η χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ισχύει μόνο για συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και γίνεται στα πλαίσια των διεθνών υποχρεώσεων και συμφωνιών της χώρας, θεωρείται ολοκληρωμένη, σε εθνικό επίπεδο, με την εγγραφή της στο Εθνικό Μητρώο Ραδιοσυχνοτήτων και σε διεθνές επίπεδο, με την ολοκλήρωση της διαδικασίας συντονισμού, που γίνεται σύμφωνα με τις διεθνείς διατάξεις.

2. Από την υποχρέωση της προηγούμενης παραγράφου εξαιρούνται σταθμοί ραδιοεπικοινωνιών για τους οποίους υπάρχει σχετική πρόβλεψη στον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων.

3. Οι αποφάσεις με τις οποίες χορηγούνται τα δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ή / και αριθμών μπορούν να υπόκεινται μόνο σε όρους, που αφορούν θέματα που απαριθμούνται στο Παράρτημα ΙΧ, Μέρος Β', όταν πρόκειται για δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, στο Παράρτημα ΙΧ, Μέρος Γ, όταν πρόκειται για δικαιώματα χρήσης αριθμών και δεν επαναλαμβάνουν τους όρους της Γενικής Αδειας.

4. Με Κανονισμό της Ε.Ε.Τ.Τ., που εκδίδεται εντός τριών μηνών από τη δημοσίευση του παρόντος, καθορίζονται οι διαδικασίες, προϋποθέσεις και λεπτομέρειες για τη χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης μεμονωμένων ραδιοσυχνοτήτων ή ζωνών ραδιοσυχνοτήτων, ως και της απονομής ζωνών ραδιοσυχνοτήτων για την παροχή δικτύων και υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών, καθώς και κάθε λεπτομέρεια σχετική με την άσκηση των αρμοδιοτήτων της Ε.Ε.Τ.Τ. σύμφωνα με το παρόν άρθρο. Στα δίκτυα αυτά υπάγονται και οι σταθερές και κινητές ζεύξεις μεταφοράς προγράμματος.

5. Τα δικαιώματα χρήσης των ζωνών ραδιοσυχνοτήτων ή μεμονωμένων ραδιοσυχνοτήτων χορηγούνται από την Ε.Ε.Τ.Τ. κατά τρόπο αμερόληπτο, σύμφωνα με τον Εθνικό Κανονισμό Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων, καθώς και τα σχέδια απονομής και διαυλοποίησης.

Όταν τα δικαιώματα χρήσης χορηγούνται για περιορισμένη χρονική περίοδο, η διάρκεια της σχετίζεται με το είδος της υπηρεσίας αυτής.

6. Η χορήγηση των δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων από την Ε.Ε.Τ.Τ., στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων της, γίνεται με στόχο την προαγωγή:

(α) της τεχνικά και οικονομικά αποτελεσματικής και δίκαιης διαχείρισης και χρήσης του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων, την αποφυγή επιβλαβών παρεμβολών και

(β) της διαθεσιμότητας του φάσματος σε ευρύ πεδίο οργανισμών και χρηστών.

7. Η Ε.Ε.Τ.Τ. χορηγεί τα δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων της, το αργότερο εντός έξι εβδομάδων από την υποβολή της αίτησης με όλα τα απαραίτητα στοιχεία, και, αν χρησιμοποιούνται διαδικασίες συγκριτικής ή ανταγωνιστικής επιλογής, το αργότερο εντός οκτώ μηνών από την έναρξη της διαδικασίας, προκειμένου να διασφαλισθεί ότι η διαδικασία είναι εύλογη, ανοικτή και διαφανής. Οι εν λόγω προθεσμίες ισχύουν με την επιφύλαξη των ισχυουσών διεθνών συμφωνιών, που αφορούν στη χρήση ραδιοσυχνοτήτων και στο συντονισμό των δορυφόρων.

8. Αν έχει εναρμονισθεί η χρήση ραδιοσυχνοτήτων, έχουν συμφωνηθεί όροι και διαδικασίες πρόσβασης και έχουν επιλεγεί τα πρόσωπα στα οποία χορηγούνται δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων σύμφωνα με διεθνείς συμφωνίες και κοινοτικούς κανόνες, το δικαίωμα χρήσης των εν λόγω ραδιοσυχνοτήτων χορηγείται σύμφωνα με το περιεχόμενο αυτών. Υπό την προϋπόθεση ότι όλοι οι όροι της εθνικής νομοθεσίας, που συνοδεύουν το δικαίωμα χρήσης των συγκεκριμένων ραδιοσυχνοτήτων, έχουν τηρηθεί στην περίπτωση κοινής διαδικασίας επιλογής, δεν επιβάλλονται περαιτέρω όροι, πρόσθετα κριτήρια ή διαδικασίες που μπορούν να περιορίσουν, να τροποποιήσουν ή να καθυστερήσουν την εφαρμογή της από κοινού χορήγησης των δικαιωμάτων χρήσης των ραδιοσυχνοτήτων αυτών.

9. Το δικαίωμα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων και αριθμών, που δεν έχει χρησιμοποιηθεί από τον δικαιούχο για δύο χρόνια από την ημερομηνία χορήγησης του, μπορεί να χορηγηθεί, εκ νέου, από την Ε.Ε.Τ.Τ.

10. Το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών ανακοινώνει στη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών στο πλαίσιο του Διεθνούς Συστήματος Επιτήρησης, πληροφορίες σχετικές με την επιτήρηση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων. Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών, μετά από εισήγηση της Ε.Ε.Τ.Τ., καθορίζονται οι σταθμοί επιτήρησης που συγκροτούν

το Εθνικό Σύστημα Επιτήρησης Ραδιοφάσματος, κάθε σχετική λεπτομέρεια με τη λειτουργία, διασύνδεση των σταθμών αυτών και οι τηρούμενες διαδικασίες. Η Ε.Ε.Τ.Τ. προγραμματίζει, αναπτύσσει και λειτουργεί δίκτυο σταθερών και κινητών σταθμών επιτήρησης.

11. Αν η εκπομπή ηλεκτρονικού ή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ή ραδιοεξοπλισμού προκαλεί παρεμβολή σε ραδιοσυχνότητες, που διατίθενται για την εκπομπή ή τη λήψη μηνυμάτων ανάγκης ή κινδύνου, με απόφαση της Ε.Ε.Τ.Τ. επιβάλλεται, με κάθε πρόσφορο τρόπο, η άμεση διακοπή της λειτουργίας του εξοπλισμού αυτού.

12. Αν διαπιστώνεται παρεμβολή σε δίκτυα ραδιοεπικοινωνίας, ενσύρματα δίκτυα, ηλεκτρονικό εξοπλισμό ή ραδιοεξοπλισμό, ο κάτοχος ή χρήστης του εξοπλισμού, υποχρεούται να άρει αμέσως την παρεμβολή και κατ' αυτού επιβάλλονται οι προβλεπόμενες κυρώσεις. Αν υπάρχει σχετική έγγραφη καταγγελία για επιζήμιες παρεμβολές, η Ε.Ε.Τ.Τ. υποχρεούται, το αργότερο εντός δεκαπέντε εργάσιμων ημερών από της λήψεως της, να προβαίνει σε έλεγχο, να διατάσσει την άρση των παρεμβολών αυτών, και να ενημερώνει σχετικά τον καταγγέλοντα.

13. Όταν είναι αμελητέος ο κίνδυνος επιβλαβών παρεμβολών, η Γενική Αδεια συμπεριλαμβάνει τους όρους για τη χρήση ραδιοσυχνοτήτων, εφόσον για τη χρήση αυτή δεν απαιτείται η χορήγηση δικαιώματος χρήσης ραδιοσυχνοτήτων.

14. Όταν είναι απαραίτητη η χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων ή / και αριθμών, τα δικαιώματα αυτά χορηγούνται με απόφαση της Ε.Ε.Τ.Τ. κατά περίπτωση, κατόπιν σχετικού γραπτού αιτήματος του ενδιαφερόμενου προσώπου, που παρέχει δίκτυα ή / και υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών, βάσει Γενικής Αδειας, με την επιφύλαξη των παραγράφων 5 και 7 του άρθρου 21, της παρ. 3 του παρόντος άρθρου και του άρθρου 25, τις διατάξεις που καθορίζουν τη διαδικασία και την αξιολόγηση αιτήσεων για τη χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης και των λοιπών κανόνων, που διασφαλίζουν την αποδοτική χρήση των εν λόγω πόρων.

15. Η Ε.Ε.Τ.Τ. δύναται να χορηγεί δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων σε προσωρινή βάση.

16. Η Ε.Ε.Τ.Τ. δύναται, για λόγους εποπτείας φάσματος, να προβαίνει σε σειρά δοκιμαστικών εκπομπών σε προσωρινή βάση σε ραδιοσυχνότητες, οι οποίες δεν έχουν χορηγηθεί, ή αν έχουν χορηγηθεί, κατόπιν σχετικής ενημέρωσης του νόμιμου χρήστη.

17. Η Ε.Ε.Τ.Τ. χορηγεί τα δικαιώματα χρήσης αριθμών με βάση το Ε.Σ.Α. το αργότερο εντός τριών εβδομάδων από την υποβολή της αίτησης με όλα τα απαραίτητα στοιχεία. Στην περίπτωση αριθμών, που έχουν προηγουμένως χαρακτηριστεί, με απόφαση της Ε.Ε.Τ.Τ., ως εξαιρετικής οικονομικής αξίας, αν, μετά από διαβούλευση με τους ενδιαφερομένους, η Ε.Ε.Τ.Τ. αποφασίσει τη χορήγηση τους με διαγωνιστικές διαδικασίες, η περίοδος των τριών εβδομάδων μπορεί να παραταθεί για τρεις ακόμα εβδομάδες.

18. Η επιχείρηση, στην οποία χορηγείται σειρά αριθμών, δεν επιτρέπεται να προβαίνει σε διακρίσεις σε βάρος άλλων επιχειρήσεων, που παρέχουν υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών, όσον αφορά την ακολουθία αριθμών που χρησιμοποιούνται για πρόσβαση στις υπηρεσίες τους.

19. Απαγορεύεται η χωρίς άδεια διάθεση, κατοχή και χρήση εξοπλισμού με δυνατότητα:

- α) αποκρυπτογράφησης απορρήτων ή κρυπτογραφημένων μηνυμάτων ή
- β) λήψης εκπομπών, που γίνονται από εξοπλισμούς κρατικών υπηρεσιών για την εφαρμογή των κανόνων οδικής κυκλοφορίας ή

γ) σάρωσης του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων και συγχρόνως παρακολούθησης και αποκωδικοποίησης εκπομπών που δεν προορίζονται για λήψη από το ευρύ κοινό.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Μεταφορών και Επικοινωνιών, Δημόσιας Τάξης και Δικαιοσύνης καθορίζονται οι προϋποθέσεις και η διαδικασία χορήγησης της άδειας.

20. Το απόρρητο μηνυμάτων, που μεταδίδονται με ραδιοηλεκτρικό εξοπλισμό σε ανοικτή γλώσσα, δεν παραβιάζεται σε περίπτωση που οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για την απάλειψη παρεμβολών. Η επι τήρηση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων από τα εξουσιοδοτημένα όργανα δεν θεωρείται επίσης ως παραβίαση του απορρήτου των ραδιοεπικοινωνιών.

7.12 Διαδικασία περιορισμού του αριθμού των δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων

1. Ο αριθμός των προς χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων δεν περιορίζεται, εκτός εάν τούτο είναι απαραίτητο για τη διασφάλιση της αποδοτικής χρήσης των ραδιοσυχνοτήτων. Σε περίπτωση που εξετάζεται αν πρέπει να περιορίζεται ο αριθμός των προς χορήγηση δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, πρέπει μεταξύ άλλων να αποδίδεται η σημασία στην ανάγκη μεγιστοποίησης της ωφέλειας για τους χρήστες και στη διευκόλυνση της ανάπτυξης του ανταγωνισμού.

2. Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών και κατόπιν εισήγησης της Ε.Ε.Τ.Τ. διενεργείται από αυτήν δημόσια διαβούλευση σύμφωνα με το άρθρο 17 και η οποία προηγείται της διαδικασίας χορήγησης των δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων σε συνθήκες περιορισμού του αριθμού τους. Κατά τη δημόσια διαβούλευση παρέχεται σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών και των καταναλωτών, η ευκαιρία να διατυπώνουν τις απόψεις τους σχετικά με την ως άνω διαδικασία.

3. Μετά τη λήξη της δημόσιας διαβούλευσης κατόπιν εισήγησης της Ε.Ε.Τ.Τ., ο Υπουργός Μεταφορών και Επικοινωνιών δύναται να προβαίνει σε περιορισμό του αριθμού των προς παροχή δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων με ειδικά αιτιολογημένη απόφαση του, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Με την ίδια απόφαση καθορίζεται το είδος της διαγωνιστικής διαδικασίας που ακολουθείται για τη χορήγηση τους. Η Ε.Ε.Τ.Τ. είναι υπεύθυνη για την πρόσκληση υποβολής αιτήσεων για τα δικαιώματα χρήσης και τη διενέργεια της διαδικασίας, όπως αυτή προσδιορίζεται από την απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών.

4. Ο Υπουργός Μεταφορών και Επικοινωνιών, είτε αυτεπαγγέλτως είτε κατόπιν αιτήματος οποιουδήποτε έχει έννομο συμφέρον, κατόπιν εισήγησης της Ε.Ε.Τ.Τ., της οποίας έχει προηγηθεί δημόσια διαβούλευση, δύναται να επανεξετάζει τον περιορισμό του αριθμού των προς παροχή δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων αυξάνοντας ή μειώνοντας το σχετικό αριθμό. Αν διαπιστώνεται ότι είναι δυνατή η αύξηση του αριθμού των σχετικών δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, ο Υπουργός Μεταφορών και Επικοινωνιών τροποποιεί ανάλογα την απόφαση του περί περιορισμού του αριθμού των προς παροχή δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, η οποία δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και ορίζει το είδος της διαγωνιστικής διαδικασίας που ακολουθείται για την παροχή τους. Η Ε.Ε.Τ.Τ. είναι υπεύθυνη για την πρόσκληση υποβολής αιτήσεων για τη χορήγηση των δικαιωμάτων χρήσης και τη διενέργεια της διαγωνιστικής διαδικασίας, όπως αυτή προσδιορίζεται από την απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών.

5. Αν με τις ανωτέρω αποφάσεις του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών περιορίζεται η παροχή των δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, η Ε.Ε.Τ.Τ. οφείλει να προβεί στην επιλογή των προσώπων στα οποία χορηγούνται τα σχετικά δικαιώματα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, βάσει αντικειμενικών, διαφανών, αμερόληπτων και αναλογικών κριτηρίων επιλογής.

7.13 Ειδικά ραδιοδίκτυα

1. Η εγκατάσταση και λειτουργία ειδικών ραδιοδικτύων τελεί υπό καθεστώς Γενικής Αδειας, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος νόμου.

2. Προκειμένου περί εγκατάστασης και λειτουργίας ειδικών ραδιοδικτύων στους ελεγχόμενους από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας χώρους αερολιμένων απαιτείται προηγούμενη σύμφωνη γνώμη αυτής. Στις περιπτώσεις αυτές η Ε.Ε.Τ.Τ. υποχρεούται να αποδίδει στην Υ.Π.Α. ποσοστό 60% από τα τέλη χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, που εισπράττει.

3. Προκειμένου περί ειδικών ραδιοδικτύων για επιβατηγά αυτοκίνητα δημόσιας χρήσης με μετρητή (ΤΑΞΙ), για να υπαχθούν σε καθεστώς Γενικής Αδειας απαιτείται προηγουμένως η έγκριση από τον οικείο νομάρχη του καταστατικού της ένωσης των κατόχων αδειών κυκλοφορίας ταξί. Σε περίπτωση ανάκλησης της έγκρισης από τον νομάρχη, αυτή κοινοποιείται στην Ε.Ε.Τ.Τ., η οποία και διαγράφει την ένωση από το Μητρώο Γενικών Αδειών.

4. Οι κάτοχοι αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας ειδικών ραδιοδικτύων, των οποίων η χορήγηση έγινε από τις αρμόδιες διευθύνσεις των νομαρχιακών αυτοδιοικήσεων και οι οποίες είναι κατά την έναρξη ισχύος του παρόντος σε ισχύ, υποχρεούνται, εντός αποκλειστικής προθεσμίας ενενήντα ημερών από τη δημοσίευση του παρόντος, να γνωστοποιήσουν στην Ε.Ε.Τ.Τ. τις εν λόγω άδειες ώστε να εγγραφούν στο Μητρώο των Γενικών Αδειών.

7.14 Ρυθμίσεις σχετικά με την εγκατάσταση κεραιών

Οι διατάξεις του παρόντος άρθρου εφαρμόζονται στις κατασκευές κεραιών για τις οποίες απαιτείται άδεια σύμφωνα με το στοιχείο Α' της παρ. 2 του άρθρου 1 του ν. 2801/2000 (ΦΕΚ46 Α'). Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Ε.Ε.Α.Ε.), είτε δια των οργάνων της ή με συνεργεία που έχουν ειδικά προς τούτο εξουσιοδοτηθεί από αυτήν, υποχρεούται να ελέγχει την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία: α) αυτεπαγγέλτως και κατά τρόπο δειγματοληπτικό, ετησίως σε ποσοστό 20% τουλάχιστον των αδειοδοτημένων από την Ε.Ε.Τ.Τ. κεραιών, που λειτουργούν εντός σχεδίου πόλεως, β) κατόπιν αίτησης εκ μέρους της Ε.Ε.Τ.Τ. ή οποιουδήποτε φυσικού ή νομικού προσώπου, που έχει έννομο συμφέρον, εντός είκοσι εργάσιμων ημερών από την υποβολή του σχετικού αιτήματος. Στην περίπτωση αυτή η ΕΕΑΕ υποχρεούται να γνωστοποιεί αμέσως τα αποτελέσματα του ελέγχου στον αιτούντα και στον κάτοχο της κατασκευής κεραίας. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Μεταφορών και Επικοινωνιών, κατόπιν εισήγησης της Ε.Ε.Α.Ε., καθορίζεται ο τρόπος διενέργειας των μετρήσεων και κάθε άλλη σχετική λεπτομέρεια. Η αίτηση υποβάλλεται απευθείας στην Ε.Ε.Α.Ε. και συνοδεύεται από την καταβολή

σχετικού παραβόλου, το ύψος του οποίου ρυθμίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Μεταφορών και Επικοινωνιών και δεν μπορεί να υπερβαίνει το 80% του ποσού της παρ. 5. Τα αποτελέσματα των ελέγχων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας δημοσιεύονται άμεσα στην ιστοσελίδα της Ε.Ε.Α.Ε. και συγκεντρώνονται ανά έτος.

Σε περίπτωση διαπίστωσης υπέρβασης των επιτρεπόμενων ορίων εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, εφαρμόζονται οι κυρώσεις, που προβλέπει η υπ' αριθ. 53571/3839/6.9.2000 (ΦΕΚ 1105 Β') κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Μεταφορών και Επικοινωνιών. Με κοινή απόφαση των Υπουργών αυτών μπορεί να τροποποιείται η άνω απόφαση. Για τους σκοπούς της παρούσας διάταξης οι κάτοχοι αδειοδοτημένων κεραιών προκαταβάλλουν στην Ε.Ε.Τ.Τ. ετήσιο τέλος ύψους 200 ευρώ για την εγκατάσταση και λειτουργία κάθε κατασκευής κεραίας. Η Ε.Ε.Τ.Τ. αποδίδει εξ ολοκλήρου το ετήσιο αυτό τέλος στην Ε.Ε.Α.Ε.. Με κανονισμό της Ε.Ε.Τ.Τ. που εκδίδεται εντός έξι μηνών από την έναρξη ισχύος του παρόντος, μετά από γνώμη της Ε.Ε.Α.Ε., καθορίζονται όλα τα θέματα τα σχετικά με την επιβολή και είσπραξη του τέλους. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών, κατόπιν εισήγησης της Ε.Ε.Τ.Τ., καθορίζεται η ειδική διαδικασία αδειοδότησης στην οποία υπάγεται η εγκατάσταση τυποποιημένων κατασκευών κεραιών.

Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών και των κατά περίπτωση συναρμόδιων Υπουργών, κυρώνονται τεχνικοί κανονισμοί που βασίζονται σε εθνικά, ευρωπαϊκά ή διεθνή πρότυπα για την εγκατάσταση κεραιών: α) Σε πυλώνες ισχυρών ρευμάτων. β) Σε πυλώνες φωτισμού. γ) Κατά μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών. δ) Εντός εγκαταστάσεων των Ενόπλων Δυνάμεων. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Μεταφορών και Επικοινωνιών και των κατά περίπτωση συναρμόδιων Υπουργών, κατόπιν εισήγησης της Ε.Ε.Τ.Τ., ρυθμίζονται όλα τα θέματα που αφορούν σε εγκαταστάσεις σταθμών και κατασκευών κεραιών που εξαιρούνται από την αδειοδότηση. Σχετικές αποφάσεις της Ε.Ε.Τ.Τ. παραμένουν σε ισχύ μέχρι την έκδοση της κοινής υπουργικής απόφασης. Από τη δημοσίευση του παρόντος νόμου απαγορεύεται η εγκατάσταση κατασκευής κεραίας, για την οποία δεν έχει υποβληθεί και εγκριθεί από την Ε.Ε.Α.Ε. μελέτη, που αποδεικνύει ότι δεν υπάρχουν χώροι γύρω από την κεραία ελεύθερα προσπελάσιμοι από τον γενικό πληθυσμό, στους οποίους τα όρια έκθεσης υπερβαίνουν το 70% των τιμών, που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της κ.υ.α. 53571/3839/6.9.2000 ή στην εκάστοτε ισχύουσα αντίστοιχη κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Μεταφορών και Επικοινωνιών.

Σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραίας σε απόσταση μέχρι 300 μέτρων από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, τα όρια έκθεσης του κοινού απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των τιμών, που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της κ.υ.α. 53571/3839/6.9.2000 ή στην εκάστοτε ισχύουσα αντίστοιχη κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων. Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Μεταφορών και Επικοινωνιών.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Μεταφορών και Επικοινωνιών και Εθνικής Άμυνας καθορίζονται οι παραμεθόριες ζώνες της χώρας, των οποίων η πλήρης κάλυψη από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας κρίνεται ως εθνικά αναγκαία. Για τις

ζώνες αυτές, η έγκριση της αρμόδιας πολεοδομικής υπηρεσίας της παρ.2Η του άρθρου 1 του ν. 2801/2000 χορηγείται από τη Γενική Διεύθυνση Πολεοδομίας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων. Πολεοδομικές παραβάσεις σε ακίνητα, επί των οποίων ήδη υφίσταται κατασκευή κεραίας, δεν θίγουν τη νομιμότητα της άδειας της κατασκευής κεραίας, εφόσον οι παραβάσεις δεν αφορούν την κεραία ή τον οικίσκο αυτής ή την ασφάλεια του κτιρίου, και υπό την προϋπόθεση, ότι το κτίριο ή το δώμα, επί του οποίου τοποθετείται η κεραία, δεν στερείται πολεοδομικής άδειας.

Για την τοποθέτηση εγκαταστάσεων κεραιών και συναφών κατασκευών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά έγκριση, που χορηγείται από την αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία, ύστερα από έλεγχο των δικαιολογητικών, που καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, σύμφωνα με την παρ. 2Η του άρθρου 1 του ν. 2801/2000 και κοινοποιείται στην Ε.Ε.Τ.Τ.. Μέχρι την εκδόση της απόφασης αυτής εφαρμόζονται οι διατάξεις του άρθρου 24Α του ν. 2075/1992 (ΦΕΚ 129 Α'). Για την τοποθέτηση εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος μέχρι 20KW και συνοδευτικών αυτών έργων (οικίσκοι κ.λπ.), που προορίζονται να υποστηρίξουν κατασκευές κεραιών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας. Οι όροι και οι προϋποθέσεις για την τοποθέτηση των εν λόγω συστημάτων ορίζονται με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών. Στις δημιουργούμενες ως άνω εγκαταστάσεις λαμβάνονται μέτρα προφύλαξης του κοινού, που καθορίζονται εκάστοτε με κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης και Μεταφορών και Επικοινωνιών. Κατά την πρώτη εφαρμογή του παρόντος, και μέχρι της καθ' οιονδήποτε τρόπο τροποποίησης ή ανακλήσεως της, εφαρμόζεται η υπ' αριθ. 53571/3839/6.9.2000 κοινή απόφαση "Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά", η οποία ισχύει ως έχει με την επιφύλαξη των διατάξεων, όπως τροποποιείται με το άρθρο αυτό.

Οι Πολεοδομικές Υπηρεσίες, στις οποίες κατατίθενται τα δικαιολογητικά για την έγκριση της τοποθέτησης των εγκατεστημένων κεραιών, υποχρεούνται, εντός δύο μηνών από της υποβολής τους, να αποφανθούν αιτιολογημένα επί της νομιμότητας και καταλληλότητας αυτών. Σε περίπτωση άπρακτης παρόδου του ανωτέρω διαστήματος θεωρείται ότι έχει χορηγηθεί η πολεοδομική έγκριση. Σε περίπτωση αρνητικής απάντησης, ανάκλησης της απάντησης ή άρνησης αποδοχής των δικαιολογητικών, ο κύριος της εγκατάστασης δικαιούται να προσφύγει στον Γενικό Γραμματέα Περιφέρειας, ο οποίος κρίνει επί της ουσιαστικής και τυπικής νομιμότητας των πράξεων της αρμόδιας Πολεοδομικής Υπηρεσίας και εκδίδει ή απορρίπτει οριστικά την αιτούμενη έγκριση εντός τριάντα ημερών από την κατάθεση πλήρους φακέλου. Αν ανακληθεί η απάντηση, μέχρι να εκδοθεί η απόφαση επί της προσφυγής δεν εφαρμόζονται οι διατάξεις του π.δ. 267/1998 (ΦΕΚ 195 Α'). Κατά της απόφασης του Γενικού Γραμματέα Περιφέρειας χωρεί αίτηση ακυρώσεως ενώπιον του κατά τόπον αρμόδιου τριμελούς Διοικητικού Εφετείου σύμφωνα με την περ. 1Θ' του άρθρου 1 του ν. 2944/2001 (ΦΕΚ 222 Α'), η οποία εκδικάζεται εντός ενός μηνός από την ημέρα κατάθεσης της και εκδίδεται απόφαση εντός προθεσμίας δύο μηνών από την εκδίκαση της.

Αναβολή της συζητήσεως είναι δυνατή μόνο μία φορά και για σπουδαίο λόγο, ο δε επαναπροσδιορισμός της δίκης δεν δύναται να απέχει περισσότερο από ένα μήνα από την αρχική δικάσιμο, εκτός κι αν υφίσταται περίπτωση συνεκδίκασης περισσότερων προσφυγών. Οι αποφάσεις

του Διοικητικού Εφετείου, που εκδίδονται σύμφωνα με τον παρόντα νόμο, προσβάλλονται, με έφεση, ενώπιον του Συμβουλίου της Επικρατείας, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις. Η έφεση εκδικάζεται εντός τριμήνου από την ημερομηνία κατάθεσης της. Η περιβαλλοντική αδειοδότηση προηγείται της χορήγησης άδειας εγκατάστασης κατασκευών κεραιών από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων. Η Περιβαλλοντική Μελέτη κατατίθεται από τον Κάτοχο του Σταθμού ή τον εξουσιοδοτημένο εκπρόσωπο του, που μπορεί να είναι και νομικό πρόσωπο, στην οικεία Γενική Γραμματεία Περιφέρειας, σύμφωνα με το ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α'), η οποία, εντός προθεσμίας δέκα ημερών από της καταθέσεως της, την αποστέλλει για γνωμοδότηση στην Ε.Ε.Α.Ε.. Η οικεία Γενική Γραμματεία Περιφέρειας αποφαινεται περί της υποβληθείσας Μελέτης, μετά τη σύμφωνη γνώμη της Ε.Ε.Α.Ε. και η σχετική απόφαση κοινοποιείται και στον αιτούντα. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, η οποία πρέπει να εκδοθεί εντός έξι μηνών από της δημοσίευσης του παρόντος, καθορίζεται το περιεχόμενο και εξειδικεύεται η ως άνω διαδικασία των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) για τις εγκαταστάσεις κεραιών σταθμών στην ξηρά. Μέχρι την έκδοση της απόφασης αυτής, οι αρμόδιες αρχές υποχρεούνται να εκδίδουν τις σχετικές εγκρίσεις σύμφωνα με τις διατάξεις για το περιεχόμενο των Μ.Π.Ε., ακολουθώντας τη διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου.

Για τους προϋφιστάμενους της ισχύος του παρόντος σταθμούς, οι οποίοι στερούνται Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων, απαιτείται η υποβολή Περιβαλλοντικής Μελέτης ή Εκθεσης, κατά περίπτωση, στην Αρχή, που είναι η αρμόδια για την έκδοση της σχετικής έγκρισης, εντός δώδεκα μηνών από την έκδοση της απόφασης του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων της παραγράφου 18, εφαρμοζόμενης κατά τα λοιπά της παραγράφου 17. Η ως άνω προθεσμία δύναται να παραταθεί με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών. Για τους σταθμούς αυτούς, διατηρούνται σε ισχύ οι χορηγηθείσες πολεοδομικές εγκρίσεις. Για τους προϋφιστάμενους της ισχύος του παρόντος σταθμούς, οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων, απαιτείται η υποβολή στην Ε.Ε.Α.Ε. μελέτης ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών της κεραίας, σύμφωνα με τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού, κατά τις παραγράφους 9 και 10 και η αδειοδότηση από την Ε.Ε.Τ.Τ., εντός δώδεκα μηνών από την έναρξη ισχύος του παρόντος. Η ως άνω προθεσμία δύναται να παραταθεί με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών. Για τους σταθμούς αυτούς διατηρούνται σε ισχύ οι χορηγηθείσες περιβαλλοντικές και πολεοδομικές εγκρίσεις. Δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση κατασκευής κεραίας κινητής τηλεφωνίας σε κτιριακές εγκαταστάσεις βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.

Υφιστάμενες κατασκευές κεραιών επί των ανωτέρω κτιρίων απομακρύνονται εντός διαστήματος έξι μηνών από τη θέση σε ισχύ του παρόντος νόμου. Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών κυρώνονται τεχνικοί κανονισμοί που βασίζονται σε εθνικά ή ευρωπαϊκά ή διεθνή πρότυπα και αφορούν: α. Τυποποιημένες κατασκευές κεραιών. β. Την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα μεταξύ των κατασκευών κεραιών και άλλων γειτονικών ηλεκτρονικών εγκαταστάσεων. γ. Άλλες συναφείς με τις παραπάνω δραστηριότητες, εγκαταστάσεις ή υλικά. Με αποφάσεις του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών μπορεί να ανατίθεται σε Οργανισμούς Τυποποίησης το έργο της ανωτέρω τυποποίησης. Το κόστος του έργου μπορεί να βαρύνει το αποθεματικό της Ε.Ε.Τ.Τ. της παραγράφου 6 του άρθρου 61 ή τον ειδικό λογαριασμό του ν.δ. 638/1970 (ΦΕΚ 173 Α'). Στην περ. Α

της παρ. 4 του άρθρου 1 του ν.2801/ 2000, αντί της άδειας του οικείου Νομάρχη, απαιτείται η άδεια του Γενικού Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας.

Ορισμοί

1. Κατασκευή Κεραίας: Το σύστημα κεραιών εκπομπής ή/και λήψης ραδιοσημάτων μετά των κατασκευών στήριξής τους, συμπεριλαμβανομένων των εξαρτημάτων και παρελκομένων.

2. Τύπος Κατασκευής Κεραίας: Τεχνική προδιαγραφή που περιγράφει επακριβώς και με σαφήνεια το σύνολο των χαρακτηριστικών κατασκευής κεραίας με σκοπό να χρησιμοποιηθεί – εφαρμοσθεί κατ’ επανάληψη. Όλες οι κατασκευές κεραιών που συμμορφώνονται με την τεχνική προδιαγραφή υπάγονται στον αντίστοιχο τύπο.

3. Άδεια Τύπου Κατασκευής Κεραίας (Άδεια Τύπου): Άδεια που παρέχεται για συγκεκριμένο τύπο κατασκευής κεραίας και περιλαμβάνει τους όρους τις προϋποθέσεις και τους περιορισμούς που οφείλει να ικανοποιεί κατά την εγκατάσταση και λειτουργία κάθε κατασκευή κεραίας που υπάγεται στον συγκεκριμένο τύπο. Η Άδεια Τύπου εκδίδεται κατόπιν ειδικής αίτησης, στην οποία

αποτυπώνεται με ακρίβεια και σχεδιαστική λεπτομέρεια ο Τύπος της Κατασκευής Κεραίας, δηλαδή τα γενικά και ειδικά τεχνικά χαρακτηριστικά της υποψήφιας για τυποποίηση κατασκευής κεραίας.

4. Τυποποιημένη Κατασκευή Κεραίας (ΤΚΚ): Κατασκευή κεραίας η οποία συμμορφώνεται πλήρως με συγκεκριμένη Άδεια Τύπου.

5. Δήλωση Εγκατάστασης Τυποποιημένης Κατασκευής Κεραίας (Δήλωση Εγκατάστασης): Δήλωση που υποβάλλει ο κάτοχος της Κατασκευής Κεραίας και βεβαιώνει ότι η εν λόγω Κατασκευή Κεραίας είναι Τυποποιημένη. Η Δήλωση υποβάλλεται πριν την εγκατάσταση και λειτουργία κάθε ΤΚΚ.

6. Ορθή τεχνική πρακτική: Η πρακτική που εφαρμόζεται σύμφωνα με τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης για να διασφαλιστεί ότι οι ΤΚΚ ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παρούσας απόφασης.

7. Κάτοχος ΤΚΚ : Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που είναι ιδιοκτήτης ΤΚΚ ή έχει την ευθύνη λειτουργίας ΤΚΚ.

8. Τεχνικός υπεύθυνος ΤΚΚ : Ο τεχνικός που έχει τα κατά νόμο δικαιώματα και ορίζεται από τον κάτοχο ΤΚΚ ως υπεύθυνος για την εγκατάσταση, τη συντήρηση και την τεχνική εποπτεία λειτουργίας της ΤΚΚ σύμφωνα με την ορθή τεχνική πρακτική.

Γενικές Αρχές

1. Κατασκευές κεραιών που συμμορφώνονται πλήρως με τα οριζόμενα στη σχετική Άδεια Τύπου Κατασκευής Κεραίας (εφεξής Άδεια Τύπου) μπορούν να εγκαθίστανται και να λειτουργούν σύμφωνα με τους όρους της άδειας εφόσον ακολουθείται η προβλεπόμενη διαδικασία της παρούσας απόφασης.

2. Για την υπαγωγή κατασκευής κεραίας στο καθεστώς των Τυποποιημένων Κατασκευών Κεραιών (ΤΚΚ) απαιτείται Δήλωση Εγκατάστασης του κατόχου της που βεβαιώνει ότι η εν λόγω κατασκευή κεραίας συμμορφώνεται πλήρως με συγκεκριμένη Άδεια Τύπου που εκδίδεται από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ).

3. Η Άδεια Τύπου εκδίδεται για την υλοποίηση ασύρματων δικτύων ηλεκτρονικών επικοινωνιών σε περιοχές συχνοτήτων για τις οποίες έχουν εκδοθεί και υφίστανται δικαιώματα χρήσης στο όνομα παρόχων που λειτουργούν υπό καθεστώς Γενικής Άδειας. Επιπρόσθετα η Άδεια Τύπου μπορεί να προβλέπει και την χρήση μικροκυματικών κεραιών που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη διασύνδεση των σταθμών βάσης του παρόχου και για τις οποίες δεν απαιτείται, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, να προϋπάρχουν ή να έχουν εκδοθεί σχετικά δικαιώματα χρήσης.

4. Η Άδεια Τύπου αφορά συγκεκριμένο τύπο κατασκευής κεραίας και περιλαμβάνει τους γενικούς και ειδικούς όρους και περιορισμούς που πρέπει να πληροί κάθε αντίστοιχη εγκατάσταση ΤΚΚ.

5. Για την έκδοση της Άδειας Τύπου απαιτείται η κατάθεση αίτησης που περιλαμβάνει λεπτομερή τεχνική περιγραφή του Τύπου Κατασκευής Κεραίας και συνοδεύεται από σχετική μελέτη που εκτιμά τις πιθανές επιπτώσεις στο ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον από την εγκατάσταση της υπόψη κατασκευής κεραίας.

6. Για την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων στο ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον θα πρέπει στη σχετική αίτηση να προσδιορίζεται το ειδικότερο σκοπούμενο περιβάλλον και υπόβαθρο εγκατάστασης (π.χ αστικός ιστός, αγροτική περιοχή, επί οροφής κτιρίου ή επί εδάφους) εντός του οποίου θα γίνεται η εγκατάσταση των κατασκευών κεραιών του προς εξέταση τύπου και να βεβαιώνεται ότι πληρούνται οι απαιτήσεις του ΠΔ.44/2002 όπως ισχύει, και συγκεκριμένα α) η απαίτηση για την ασφάλεια του χρήστη ή τρίτου, β) η απαίτηση προστασίας για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, γ) η απαίτηση για αποτελεσματική χρήση του φάσματος και αποφυγή επιβλαβών παρεμβολών.

7. Στη μελέτη της παραγράφου 5 του παρόντος άρθρου πρέπει να εξετάζεται, διασφαλίζεται και βεβαιώνεται ότι η εγκατάσταση κατασκευής κεραίας στο σκοπούμενο περιβάλλον ικανοποιεί αθροιστικά:

α. Την απαίτηση προστασίας του κοινού από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (βασισμένη στα πρότυπα τεχνικών μελετών που εκδίδει η ΕΕΑΕ και στα σχετικά εθνικά, ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα), συνυπολογίζοντας με ποσοτικά στοιχεία την ένταση του ηλεκτρομαγνητικού υποβάθρου στη σκοπούμενη περιοχή εγκατάστασης της ΤΚΚ, ορίζοντας σαφώς την περιοχή εντός της οποίας ενδέχεται να παρατηρηθεί υπέρβαση των θεσμοθετημένων ορίων (με κατάλληλα σχεδιαγράμματα) καθώς και τα αναγκαία μέτρα προφύλαξης του κοινού.

β. Τη στατική επάρκεια της εγκατάστασης, λαμβανομένης υπόψη και της αντοχής του υποβάθρου στερέωσης και τη συμμόρφωση προς τις γενικότερες πολεοδομικές και αρχιτεκτονικές ρυθμίσεις, ιδίως τις σχετιζόμενες με την εγκατάσταση κατασκευών κεραιών.

γ. Την προστασία του περιβάλλοντος με την αποτροπή της ρύπανσης και της υποβάθμισής του.

Τεχνικά χαρακτηριστικά ΤΚΚ

1. Η παρούσα απόφαση εφαρμόζεται για ΤΚΚ που ικανοποιούν τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

α. Η συνολική ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς της ΤΚΚ είναι μικρότερη από 1,5 kW eirp. Σε περίπτωση που η ΤΚΚ φέρει κεραιοσυστήματα πολύ υψηλής κατευθυντικότητας όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση επίγειων μικροκυματικών ζεύξεων τότε η ισχύς εξόδου του

πομπού που τροφοδοτεί τα ανωτέρω υψηλής κατευθυντικότητας κεραιοσυστήματα δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 1W (με την προϋπόθεση χρήσης το πολύ 2 μικροκυματικών) η δε ακτινοβολούμενη ισχύς των κεραιοσυστημάτων αυτών δεν συνυπολογίζεται στην ως άνω συνολική ενεργό ακτινοβολούμενη ισχύ της ΤΚΚ.

β. Το ύψος της κατασκευής κεραίας είναι μέχρι 5,5 μέτρα από τη βάση στήριξης, μη συμπεριλαμβανομένου του αλεξικέραυνου. γ. Επιτρέπεται κατασκευή οικίσκου στέγασης μηχανημάτων με μέγιστο εμβαδόν 6 τ.μ. και μέγιστο ύψος 2,4 μέτρων.

2. Επιτρέπεται η τοποθέτηση μέχρι δύο ΤΚΚ σε άρτια οικόπεδα ή σε δώμα κτιρίου.

3. Σε περίπτωση που η ΤΚΚ τοποθετείται επί δώματος, η μέγιστη πίεση που ασκείται επί της οροφής από την εγκατάσταση δεν θα υπερβαίνει τα 200 κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο.

4. Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση οποιουδήποτε άλλου εξοπλισμού επί του ιστού ΤΚΚ εκτός των όσων προβλέπονται στην σχετική άδεια τύπου.

7.15 Διαδικασία Έκδοσης Άδειας Τύπου Ειδικής Κεραίας

1. Η άδεια τύπου εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως που υποβάλλεται στην ΕΕΤΤ.

2. Η αίτηση για την έκδοση άδειας τύπου περιγράφει πλήρως τον τύπο της κατασκευής κεραίας και περιλαμβάνει απαραίτητα τα ακόλουθα:

α. Την περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας και το σκοπούμενο περιβάλλον εγκατάστασης.

β. Πλήρη τεχνική περιγραφή με δυνητική αναφορά σε εθνικά ή διεθνή πρότυπα ή σχετικούς κανονισμούς του Υπουργείου Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων εφόσον υφίστανται.

γ. Μελέτη για την εκτίμηση των επιπτώσεων της εγκατάστασης Κατασκευής Κεραίας στο φυσικό και ανθρώπινο περιβάλλον με την οποία θα διασφαλίζεται ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των παρ. 5, 6 και 7, του Άρθρου 3 της παρούσας.

3. Η αίτηση με τα προβλεπόμενα δικαιολογητικά υποβάλλεται σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή. Αντίγραφο της αίτησης μετά των δικαιολογητικών διαβιβάζεται η ΕΕΤΤ στις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και στην ΕΕΑΕ ενώ ένα αντίγραφο τηρείται από την ΕΕΤΤ.

4. Οι ανωτέρω φορείς, κατόπιν εξέτασης της αίτησης κατά λόγο αρμοδιότητας, παρέχουν στην ΕΕΤΤ τη σύμφωνη ή μη γνώμη τους στην οποία δύνανται να ενσωματώνουν πρόσθετους όρους και περιορισμούς.

5. Η ΕΕΤΤ, μετά τη λήψη της σύμφωνης γνώμης όλων ανεξαιρέτως των ανωτέρω εμπλεκόμενων φορέων, εκδίδει την άδεια τύπου στην οποία περιλαμβάνονται και

πιθανοί πρόσθετοι όροι και περιορισμοί που θα πρέπει να τηρούνται κατά την εγκατάσταση και λειτουργία της κατασκευής κεραίας.

7.16 Διαδικασία Εγκατάστασης Τυποποιημένων Κατασκευών Κεραιών-ΤΚΚ

1. Επιτρέπεται η εγκατάσταση ΤΚΚ υπό τις προϋποθέσεις του παρόντος άρθρου από τον φορέα στο όνομα του οποίου έχει εκδοθεί η σχετική Άδεια Τύπου.

2. Πριν την εγκατάσταση και λειτουργία κάθε ΤΚΚ απαιτείται η κατάθεση Δήλωσης Εγκατάστασης ΤΚΚ στην ΕΕΤΤ, με κοινοποίηση στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία, την αρμόδια Περιφέρεια (ή την κατά περίπτωση αρμόδια για περιβαλλοντικά θέματα κεραιών υπηρεσία) και την ΕΕΑΕ.

3. Με την Δήλωση Εγκατάστασης ΤΚΚ που κατατίθεται στην ΕΕΤΤ, με ευθύνη του κατόχου της κατασκευής, βεβαιώνεται ότι η εν λόγω κατασκευή κεραιάς είναι τυποποιημένη. Η Δήλωση Εγκατάστασης ΤΚΚ περιλαμβάνει:

α) τον αριθμό της απόφασης χορήγησης του δικαιώματος χρήσης ραδιοσυχνότητας,

β) τον αριθμό της απόφασης της ΕΕΤΤ για την Άδεια Τύπου με την οποία συμμορφώνεται η εν λόγω κατασκευή κεραιάς,

γ) τα στοιχεία του κατόχου της ΤΚΚ και τον αριθμό του μητρώου Γενικών Αδειών που κατέχει,

δ) κάθε λεπτομέρεια σχετικά με τη θέση εγκατάστασης ΤΚΚ,

ε) τη σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ) σχετικά με την ασφάλεια της αεροπλοΐας εφόσον απαιτείται,

στ) τα πλήρη στοιχεία του Τεχνικού Υπευθύνου ΤΚΚ, ο οποίος συνυπογράφει τη Δήλωση Εγκατάστασης ΤΚΚ.

ζ) τη μελέτη ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών της κεραιάς η οποία πρέπει να συνοδεύεται από τα απαραίτητα σχεδιαγράμματα (σε ακτίνα 50 μ από το σημείο τοποθέτησης της ΤΚΚ), όπου πέραν των άλλων απεικονίζονται και τα όρια του μη ελεύθερα επισκέψιμου χώρου. Η μελέτη θα αναφέρεται στις εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών από το σταθμό και θα λαμβάνει υπόψη της την επιβάρυνση από τυχόν άλλους γειτονικούς (ευρισκόμενους σε απόσταση μικρότερη των 50 μέτρων) σταθμούς η συνολική ενεργός ισοτροπικά ακτινοβολούμενη ισχύς των οποίων είναι μεγαλύτερη από 164W eirp.

4. Η ΕΕΤΤ παραλαμβάνει τη Δήλωση και εφόσον αυτή είναι πλήρης, δημιουργεί τη σχετική εγγραφή στο Εθνικό Μητρώο Κεραιών, δίνει μοναδικό αριθμό εγγραφής και εκδίδει βεβαίωση για την ορθή υποβολή της Δήλωσης εγκατάστασης της ΤΚΚ, εφόσον δεν έχει ληφθεί τεκμηριωμένη αρνητική γνώμη από τις συναρμόδιες υπηρεσίες της παρ. 2 του παρόντος άρθρου εντός τριμήνου από την κατάθεση της Δήλωσης.

5. Αν η Δήλωση δεν είναι πλήρης, η ΕΕΤΤ δεν χορηγεί αριθμό εγγραφής και βεβαίωση μέχρι να συμπληρωθεί πλήρως εντός αποκλειστικής προθεσμίας ενός (1) μηνός από την ειδοποίηση του αιτούντος από την ΕΕΤΤ. Μετά την άπρακτη παρέλευση της προθεσμίας αυτής, η ΕΕΤΤ απορρίπτει τη Δήλωση.

6. Για την εγκατάσταση ΤΚΚ σε δασικές περιοχές ή σε περιοχές ειδικής προστασίας απαιτείται η σύμφωνη γνώμη των κατά περίπτωση αρμόδιων υπηρεσιών και της Επιτροπής Αρχιτεκτονικού

Ελέγχου (ΕΠ.Α.Ε), οι οποίες λαμβάνονται από τον ενδιαφερόμενο, μετά την προσκόμιση στις υπηρεσίες αυτές της βεβαίωσης της ΕΕΤΤ για την ορθή υποβολή της Δήλωσης.

7. Μετά την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων επιτρέπεται η εγκατάσταση της Κατασκευής Κεραίας.

8. Η σύνδεση των ΤΚΚ με τα δίκτυα των κοινωφελών οργανισμών επιτρέπεται με την προσκόμιση της βεβαίωσης ΕΕΤΤ για την ορθή υποβολή της Δήλωσης.

Τεχνικός Φάκελος – Σήμανση

1. Για κάθε ΤΚΚ, ο κάτοχός της έχει την ευθύνη να τηρεί σχετικό τεχνικό φάκελο στον οποίο περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες άδειες, εγκρίσεις, δικαιολογητικά, βεβαιώσεις και μελέτες. Με ευθύνη του κατόχου της κεραίας ο τεχνικός φάκελος προσκομίζεται, εφόσον ζητηθεί, για έλεγχο από κάθε αρμόδια υπηρεσία.

2. Επιπλέον, ο κάτοχος είναι υποχρεωμένος να πιστοποιεί ότι η ΤΚΚ πληροί τις προδιαγραφές και τα όρια που ορίζονται στη σχετική Άδεια Τύπου και να συντάσσει τεχνική έκθεση, η οποία τηρείται στον φάκελο της κατασκευής.

3. Σε κάθε εγκατάσταση ΤΚΚ θα υπάρχει ευανάγνωστη, ανεξίτηλη πινακίδα η οποία ευκρινώς αναφέρει τον κάτοχο της Κατασκευής Κεραίας, τον αριθμό της Άδειας Τύπου Κατασκευής Κεραίας και τον αριθμό βεβαίωσης της ΕΕΤΤ για τη Δήλωση εγκατάστασης ΤΚΚ.

7.17 Ανάκληση άδειας Τυποποιημένων Κατασκευών Κεραίων - ΤΚΚ

1. Η Άδεια Τύπου ανακαλείται έπειτα από ειδικά αιτιολογημένη απόφαση της ΕΕΤΤ, ιδίως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

α. Όταν τεκμηριωμένα διαπιστωθεί σφάλμα στην τεχνική προδιαγραφή του τύπου της κατασκευής το οποίο οδηγεί σε μη συμμόρφωση με τις διατάξεις της παρούσας απόφασης.

β. Όταν ανακληθεί η χορηγηθείσα σύμφωνη γνώμη άλλης υπηρεσίας που αποτελεί απαραίτητο δικαιολογητικό για τη χορήγηση Άδειας Τύπου από την ΕΕΤΤ.

γ. Κατόπιν υποβολής σχετικού αιτήματος του κατόχου της Άδειας Τύπου.

2. Σε περίπτωση ανάκλησης της Άδειας Τύπου, ο κάτοχος ΤΚΚ υποχρεούται στην άμεση παύση λειτουργίας και στην απομάκρυνση εντός ευλόγου χρονικού διαστήματος όλων των ΤΚΚ που καλύπτονται από την εν λόγω Άδεια Τύπου.

7.18 Παύση ισχύος Δήλωσης Εγκατάστασης ΤΚΚ

1. Η ισχύς της Δήλωσης Εγκατάστασης ΤΚΚ παύει και δεν παράγει οποιοδήποτε έννομο αποτέλεσμα έπειτα από ειδικά αιτιολογημένη απόφαση της ΕΕΤΤ, ιδίως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

α. Όταν ανακληθεί η Άδεια Τύπου στην οποία εμπίπτει η συγκεκριμένη ΤΚΚ.

β. Όταν ανακληθεί ή ανασταλεί το δικαίωμα χρήσης ραδιοσυχνότητας που χρησιμοποιείται στην εν λόγω ΤΚΚ, ή έχει παρέλθει ο χρόνος για τον οποίο έγινε Απονομή ή Χορήγηση Δικαιωμάτων Χρήσης της συγκεκριμένης ραδιοσυχνότητας (λήξη Δικαιώματος Χρήσης).

γ. Όταν ανακληθεί η έγκριση άλλης αρμόδιας υπηρεσίας.

δ. Κατόπιν υποβολής σχετικού αιτήματος από τον κάτοχο της ΤΚΚ.

ε. Όταν τεκμηριωμένα διαπιστωθεί από αρμόδιο φορέα ότι δεν πληρούνται είτε γενικότεροι όροι της νομοθεσίας είτε οι όροι και οι περιορισμοί της Άδειας Τύπου.

στ. Αν διαπιστωθεί από αρμόδιο φορέα ότι μια ΤΚΚ δεν συμμορφώνεται με την Άδεια Τύπου, η οποία αναφέρεται στην αντίστοιχη Δήλωση που είχε κατατεθεί στην ΕΕΤΤ.

2. Σε περίπτωση παύσης ισχύος της Δήλωσης Εγκατάστασης ΤΚΚ, ο κάτοχος των συγκεκριμένων ΤΚΚ υποχρεούται στην άμεση παύση λειτουργίας καθώς και την απομάκρυνση αυτών εντός εύλογου χρονικού διαστήματος.

7.19 Έλεγχοι – Κυρώσεις

1. Η ΕΕΑΕ δια των οργάνων της ή μέσω εξουσιοδοτημένων από αυτήν συνεργείων ελέγχει την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης από τις ΤΚΚ, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ. 2 του άρθρου 31, του ν.3431/2006.

2. Σε περίπτωση παράβασης των γενικών ή ειδικών δια τάξεων της πολεοδομικής νομοθεσίας και των οριζόμενων πολεοδομικών μεγεθών για τις ΤΚΚ της παρούσας απόφασης, επιλαμβάνονται οι αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες.

3. Σε περίπτωση παράβασης της νομοθεσίας περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και ειδικότερων ραδιοηλεκτρικών χαρακτηριστικών των ΤΚΚ, επιλαμβάνεται η ΕΕΤΤ.

4. Στην περίπτωση παράβασης διατάξεων της παρούσας απόφασης επιβάλλονται εκτός των άλλων κυρώσεων που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία και οι κυρώσεις που προβλέπονται στις διατάξεις του άρθρου 63 του ν.3431/2006, όπως εκάστοτε ισχύει.

7.20 Κανονισμός ΕΕΤΤ – Ισχύς

1. Με κανονισμό που εκδίδει η ΕΕΤΤ προσδιορίζονται αναλυτικότερα οι επιμέρους διαδικασίες και τα απαιτούμενα δικαιολογητικά καθώς και κάθε σχετική λεπτομέρεια αναφορικά με την εφαρμογή της παρούσας απόφασης.

2. Η ισχύς της παρούσας αρχίζει από τη δημοσίευσή της στην εφημερίδα της Κυβερνήσεως απόφαση αυτή να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως[30][34][36][35].

8. Β' Μέρος –Μετρήσεις Ραντάρ

Το λογισμικό μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραντάρ είναι το Matlab. Μέσω του Matlab δημιουργήσαμε ένα γραφικό περιβάλλον GUI (Graphical User Interphase) για τις μετρήσεις, την επεξεργασία των λαμβανόμενων αποτελεσμάτων και την γραφική απεικόνισή τους.

Αρχικά συνδέσαμε στον υπολογιστή τον αναλυτή φάσματος μέσω θύρας δικτύου καθώς και τον αναλυτή με την κεραία μέσω κατάλληλου RF καλωδίου USB. Μέσω του προγράμματος δίνεται η δυνατότητα ρυθμίσεων διαφόρων παραμέτρων στον αναλυτή φάσματος από το χρήστη. Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων μπορούμε να επεξεργαστούμε τα αποτελέσματα του αναλυτή φάσματος χρησιμοποιώντας διάφορες άλλες ρυθμίσεις.

Τα δεδομένα του αναλυτή φάσματος αποθηκεύονται σε Microsoft Excel αρχεία που περιέχουν δεδομένα συχνότητας – ισχύος του αναλυτή όσο και τα δεδομένα των ρυθμίσεων του αναλυτή κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Το πρόγραμμα επίσης συγκρίνει τα αποτελέσματα από το λαμβανόμενο σήμα ραντάρ με τα επίπεδα αναφοράς τόσο της Ελληνικής όσο και της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε γραφικό περιβάλλον (γραφικές παραστάσεις) για την γρηγορότερη αξιολόγηση τους.

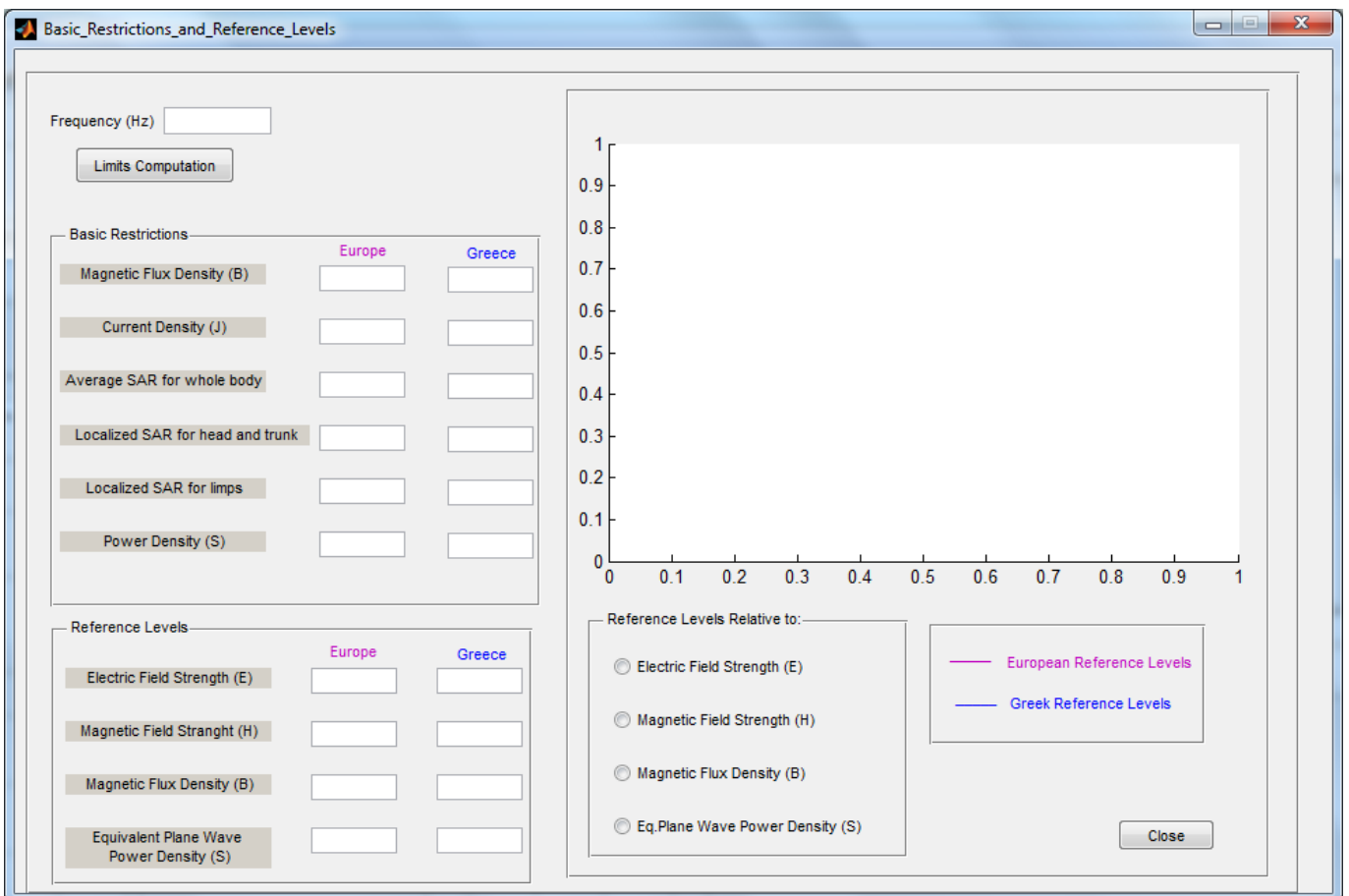
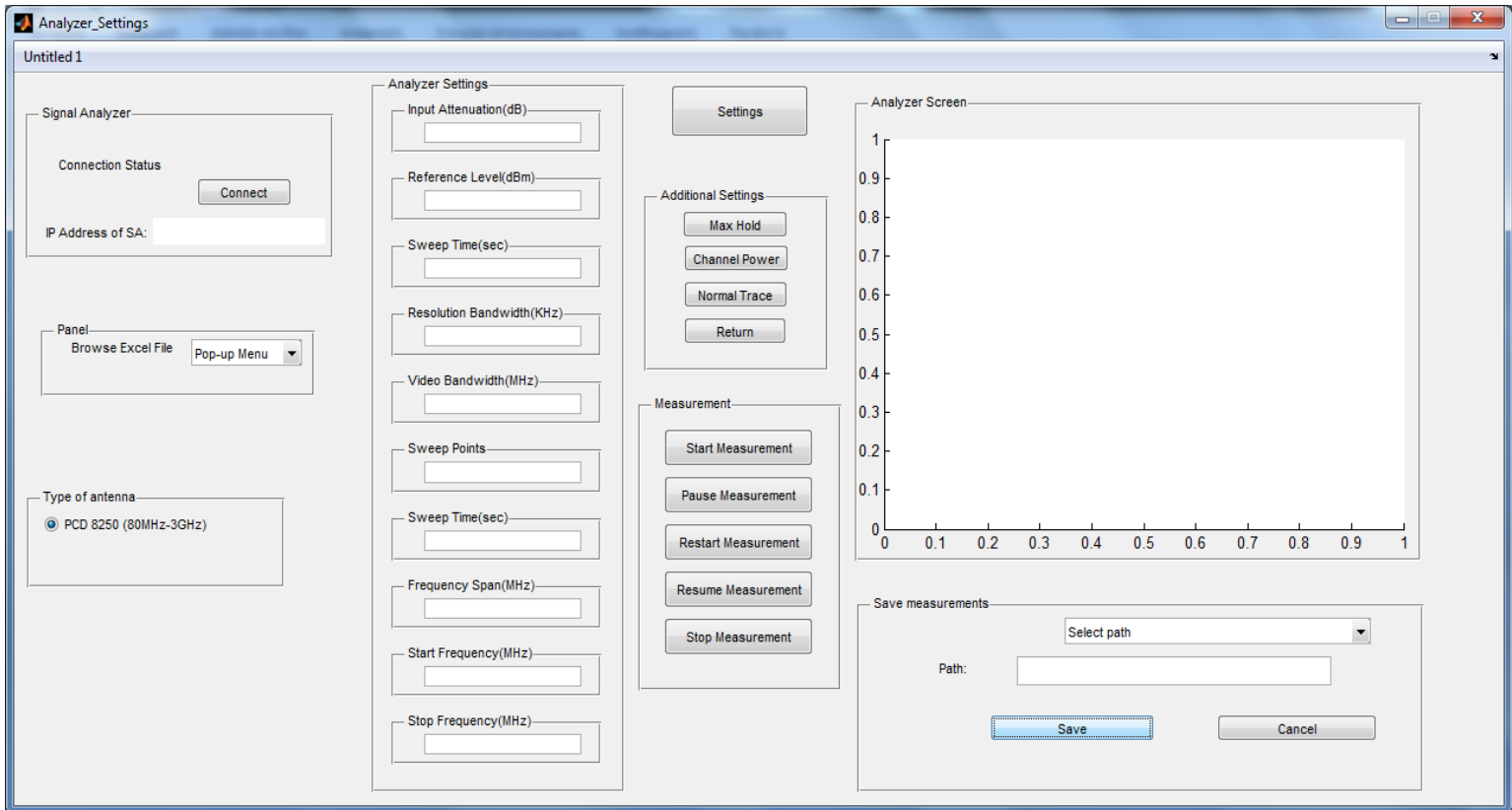
8.1 Σχεδιασμός GUI

Για το σχεδιασμό του GUI όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έγινε χρήση του προγράμματος Matlab και συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η έκδοση R2011a. Δημιουργήθηκαν δυο παράθυρα GUI ένα με τις βασικές ρυθμίσεις για τη μέτρηση και ένα με κάποιες δευτερεύουσες ρυθμίσεις για την επεξεργασία των μετρήσεων.

Για το σχεδιασμό του GUI χρησιμοποιήθηκαν button groups τα οποία περιλαμβάνουν pushbuttons, radio buttons, static texts, edit texts και τέλος axes για τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Κάθε ένα από τα παραπάνω ρυθμίστηκε μέσω της συνάρτησης callback ώστε να εκτελείται η επιθυμητή ενέργεια με την επιλογή, πάτημά τους.

Το Graphical User Interphase που δημιουργείται αποθηκεύεται σε αρχεία *.fig, τα οποία εμφανίζουν το γραφικό περιβάλλον που φτιάξαμε και σε αρχεία *.m, που εμφανίζουν τον κώδικα του γραφικού περιβάλλοντος. Τα αρχεία αυτά μπορούν να αποθηκευτούν από το χρήστη στην επιθυμητή από αυτόν τοποθεσία.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



8.2 Ανάλυση λειτουργίας κάθε στοιχείου του GUI

Στη φόρμα **Signal Analyzer** υπάρχει το πεδίο εισαγωγής της IP διεύθυνσης του αναλυτή φάσματος την οποία μόλις προσθέσουμε και πατήσουμε το κουμπί Connect γίνεται η σύνδεση μεταξύ του αναλυτή και του υπολογιστή.

Στο πάνελ Browse Excel File επιλέγεται το αρχείο Excel που θέλουμε να φορτώσουμε για να επεξεργαστούμε ήδη υπάρχοντα αποτελέσματα.

Στο πάνελ Type of antenna είναι επιλεγμένη η κεραία που χρησιμοποιήσαμε αλλά υπάρχει η δυνατότητα να προσθέθουν και άλλοι τύποι κεραίας και να γίνει επιλογή της επιθυμητής μέσω του Radio Button.

Στο πάνελ Analyzer Settings μπορούμε να εισάγουμε τιμές για τα

- Input Attenuation
- Reference Levels
- Sweep Time
- Resolution Bandwidth
- Video Bandwidth
- Sweep points
- Sweep Time
- Frequency Span
- Start Frequency
- Stop Frequency

Στο πάνελ Additional Settings υπάρχουν οι επιλογές Maxhold για την αντιστάθμιση του σύντομου χρόνου ακτινοβολίας του σήματος ραντάρ και Normal Trace του αναλυτή για την εκάστοτε λειτουργία που θέλουμε. Επίσης υπάρχει επιλογή για λειτουργία Channel Power και Return για επιστροφή σε κανονική κατάσταση λειτουργίας.

Στο πάνελ Measurements υπάρχουν οι επιλογές για την εκκίνηση, την παύση, την επανεκκίνηση και τον τερματισμό της μέτρησης.

Στο πάνελ Analyzer Screen θα απεικονίζονται γραφικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε x, y άξονες.

Στο πάνελ Save Measurements δίνεται η δυνατότητα επιλογής για αποθήκευση των μετρήσεων στην τοποθεσία που επιθυμεί ο χρήστης.

Με το κουμπί Settings ανοίγει η δεύτερη φόρμα Basic Restrictions and Reference Levels για ανάλυση των αποτελεσμάτων των Βασικών περιορισμών και Επιπέδων Αναφοράς.

Στη φόρμα **Basic Restrictions and Reference Levels**

Υπάρχει πεδίο εισαγωγής της συχνότητας και με το πάτημα του κουμπιού **Limits Computation** γίνεται ο υπολογισμός των ορίων έκθεσης σε σύγκριση με τα Ευρωπαϊκά Επίπεδα αναφοράς και τους Βασικούς Περιορισμούς.

Το πεδίο **Basic Restrictions** περιλαμβάνει τα εξής μεγέθη:

- Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής (mT)
- Πυκνότητα ρεύματος (mA/m²)
- Μέσος ρυθμός Ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα (W/kg)
- Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός) (W/kg)
- Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (άκρα) (W/kg)
- Πυκνότητα Ισχύος S(W/m²)

Το πεδίο **Reference Levels** περιλαμβάνει τα εξής μεγέθη:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου-E (V/m)
- Ένταση μαγνητικού πεδίου-H (A/m)
- Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής πεδίου-B (μT)
- Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος S_{eq} (W/m²)

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εμφάνισης των Επιπέδων Αναφοράς αναφορικά με ένα από τα παρακάτω πεδία επιλέγοντας το αντίστοιχο **Radio Button**.

Τέλος με το κουμπί **Close** γίνεται κλείσιμο του παραθύρου.

8.3 Λειτουργίες Matlab για σύνδεση με τον αναλυτή Φάσματος

Για να καταφέρουμε να συνδέσουμε τον αναλυτή φάσματος με το πρόγραμμα Matlab και το GUI που δημιουργήσαμε, χρησιμοποιήσαμε τη βιβλιοθήκη **Instrument Control** του Matlab που αφορά στη σύνδεση και τον έλεγχο διάφορων εξωτερικών οργάνων.

Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε αυτή τη σύνδεση δημιουργήσαμε το αντικείμενο **Obj1** ώστε να επικοινωνήσουμε με τον αναλυτή. Οι σημαντικότερες εντολές που χρησιμοποιήσαμε είναι οι:

- **Fprintf**, η οποία χρησιμοποιείται για να εισάγουμε δεδομένα στον Αναλυτή από το πρόγραμμα. Συντάσσεται:

```
fprintf(obj1,':INITiate:SEMAsk');
```

- **Fscanf**, η οποία χρησιμοποιείται για να εξάγουμε δεδομένα από τον Αναλυτή τα οποία τα καταχωρούμε σε αντίστοιχες μεταβλητές (π.χ. set). Συντάσσεται:

```
set=fscanf(GPIB_OBJ,':SENSe:POWer:RF:ATTenuation?')
```

8.4 Όργανα Μέτρησης

Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η περιστροφική κεραία PCD 8250 (80MHz-3GHz) και ο αναλυτής φάσματος FSH 8.

Η κεραία που φαίνεται στην εικόνα δίνει τη δυνατότητα μέτρησης για τρεις διαφορετικές και κάθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις τις X, Y και Z.



Ο αναλυτής φάσματος



Ολοκληρωμένο Σύστημα Εγκατάστασης του συστήματος Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών

8.5 Μέτρηση Ηλεκτρομαγνητικών πεδίων Ραντάρ

Η απόδοση των μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικού πεδίου απαιτεί τη λήψη κατάλληλων οργάνων με κατάλληλες παραμέτρους ρύθμισης. Ωστόσο, όταν μετρώνται συστήματα ραντάρ υπάρχουν δύο άλλα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη:

Τα συστήματα ραντάρ μεταδίδουν παλμικά σήματα και οι κεραίες ραντάρ περιστρέφονται. Κατά τη μέτρηση παλμικών σημάτων, ο χρόνος απόκρισης του εξοπλισμού μέτρησης είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα. Αν ο απαιτούμενος χρόνος απόκρισης από ένα όργανο μέτρησης είναι κοντά ή υψηλότερος από το PW (Pulse Width) η ένδειξη των οργάνων δεν θα είναι σωστή. Ο χρόνος απόκρισης του οργάνου συνήθως σχετίζεται με τον τύπο του ανιχνευτή που χρησιμοποιείται καθώς και το φιλτράρισμα που συνήθως γίνεται κατά την εκτέλεση των μετρήσεων. Ένας τρόπος για να ξεπεραστεί ένα τέτοιο πρόβλημα είναι να χρησιμοποιηθεί η λειτουργία MAXHOLD των οργάνων εάν είναι διαθέσιμη. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι για να εξασφαλιστεί η σωστή ανάγνωση ο χρόνος μέτρησης πρέπει να αυξηθεί για να εξασφαλιστεί ότι οι διάφορες σαρώσεις εκτελούνται για κάθε μέτρηση.

Ένα άλλο θέμα που επηρεάζει το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι η περιστροφή της κεραίας εκπομπής του ραντάρ. Για να επιτευχθεί σωστή ανάγνωση της διάρκειας που η περιστρεφόμενη μεταδιδόμενη δέσμη φωτίζει (Time On Target-TON), ο εξοπλισμός μέτρησης πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος για να ανταποκριθεί το όργανο. Αν η TON είναι μεγαλύτερη από το χρόνο ολοκλήρωσης του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού μέτρησης, τότε τα αποτελέσματα θα είναι σωστά. Αν αυτό δεν ισχύει σε κάποια περίπτωση, τότε θα πρέπει να γίνουν συμπληρωματικές διορθώσεις.

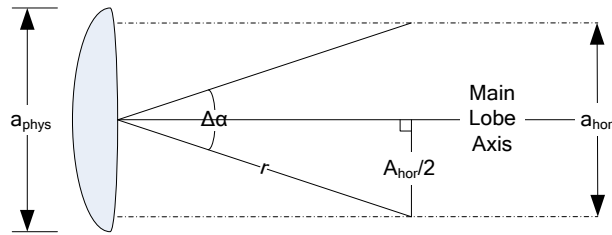
Η τιμή TON μπορεί να ληφθεί με την περίοδο περιστροφής της κεραίας και τη γωνία εύρους δέσμης της κεραίας. Στην περίπτωση συνθήκης πολύ μακρινού πεδίου, όπου το ακτινοβόλο εύρος δέσμης μπορεί να θεωρηθεί ασυσχέτιστο με την απόσταση στόχου η TON μπορεί να δοθεί ως:

$$TON = \frac{\Delta\phi}{360^\circ} t_{rot}$$

όπου $\Delta\phi$ είναι η γωνία εύρους δέσμης της κεραίας του ραντάρ και t_{rot} είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η περιστροφή της κεραίας ενός ραντάρ.

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν συνθήκες κοντινού πεδίου, η TON είναι διαφορετική. Αυτό συμβαίνει επειδή η ωφέλιμη γωνία εύρους δέσμης αλλάζει με την απόσταση του στόχου r (σχήμα 5). Το ωφέλιμο εύρος δέσμης τώρα είναι $\Delta\alpha$ και χρησιμοποιώντας την τριγωνομετρική εξίσωση $TON = \frac{\Delta\phi}{360^\circ} t_{rot}$ γράφεται:

$$TON = \frac{\Delta\alpha}{360^\circ} t_{rot} = \frac{2 \times \sin^{-1}\left(\frac{a_{hor}}{2 \times r}\right)}{360} t_{rot} = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{a_{hor}}{2 \times r}\right)}{180}$$



Σχ.5 - Υπολογισμός του Time On Target για καταστάσεις κοντινού πεδίου

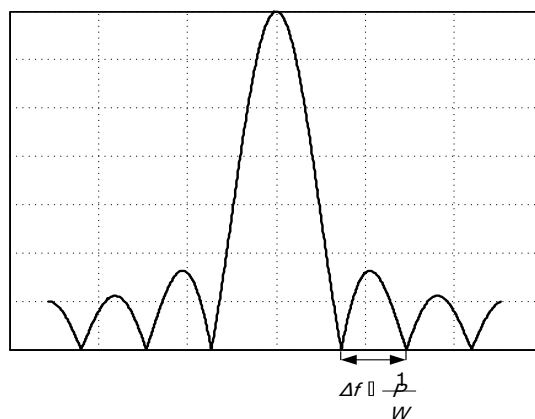
όπου α_{hor} είναι το οριζόντιο άνοιγμα της κεραίας του ραντάρ. Ο διορθωτικός συντελεστής για τις ενδείξεις μέτρησης λόγω του χρόνου ολοκλήρωσης δίνεται σε dB ως εξής:

$$a = 5 \log_{10} \left(1 + \left(\frac{t_{int}}{TON} \right)^2 \right)$$

όπου t_{int} είναι ο χρόνος ολοκλήρωσης του χρησιμοποιούμενου ανιχνευτή (χρόνος απόκρισης)

Η εκτίμηση τήρησης της των ραντάρ μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας έναν αναλυτή φάσματος (SA) με την κατάλληλη κεραία λήψης. Στην περίπτωση αυτή, το Resolution BandWidth (RBW) του SA θα πρέπει να καθορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αρκετά στενό για να προσδιοριστεί το φάσμα ισχύος του λαμβανόμενου παλμού. Το κατώτερο όριο ρύθμισης RBW προκύπτει από το γεγονός ότι ο συρμός παλμών έχει μεγάλο εύρος ζώνης και πρέπει να είναι ανεπηρέαστη η μορφή του φίλτρου RBW. Βασικός κανόνας για τον καθορισμό του RBW είναι:

$$\frac{2}{PRW} \leq RBW \leq \frac{1}{PW} \quad (a)$$



Σχ. 6 Τυπικό φάσμα ισχύος ενός ημιτονοειδούς ειρμού παλμού

Σε περίπτωση που ο χρόνος PW είναι άγνωστος, μπορεί να προσδιοριστεί από την ένδειξη του φάσματος. Το ιδανικό φάσμα ενός ημιτονοειδούς συρμού παλμών παρουσιάζεται στο σχήμα 6. Είναι γνωστό ότι η απόσταση συχνοτήτων μεταξύ 2 μηδενικών είναι ίση με το αντίστροφο του πλάτους παλμού του συρμού [13].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μαλαχίας, Σάγος, "Αρχές ΡΑΝΤΑΡ και ηλεκτρονικού πολέμου στην εποχή της πληροφορικής", Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, Αθήνα 2004
2. Ζαχαρίας Δ Τσουκαλάς, "Ραντάρ", Ίδρυμα Ευγενίδου-Βιβλιοθήκη του Ναυτικού, Αθήνα 2006
3. Merril I.Skolnik, "Introduction to Radar Systems(Third Edition) ", McGraw Book company, Singapore 1981
4. Louis E.Frenzel, JR. "Communication Electronics", McGraw -hill Inc, Glencoe 1991
5. Mahafza, Bassem R. "*Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*" *Second Edition*. s.l. : CHAPMAN & HALL/CRC, 2005
6. Boice JD and McLaughlin JK. Epidemiologic studies of cellular telephones and cancer risk – a review. SSI Rapport, 2002
7. Electromagnetic fields and public health: mobile phones, World Health Organization, Fact sheet N°193, revised June 2011
8. Electromagnetic fields and public health – Base stations and wireless technologies, World Health Organization, Fact sheet N°304, May 2006
9. "What are electromagnetic fields?", Ενημερωτικό Δελτίο World Health Organization
10. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) – ICNIRP Guidelines, Health Physics, April 1998, Volume 74, Number 4
11. Guide to the practical safety aspects of the use of radio frequency energy, Defense Standard, Ministry of defense, January 1989
12. Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (Hz-300GHz)» (L199, 1999/519/EC), 1999
13. A. Miaoudakis, D. Stratakis, T. Xenos and V. Zacharopoulos: "Human Electromagnetic Exposure Compliance to Radar Systems", Proceedings of the International Conference

on Telecommunications & Multimedia, TEMU2010, Heraklion, Crete, Greece, July 2010.

14. British Ministry of Defence, “Guide to the practical safety aspects of the use of radio frequency energy”, British Ministry of Defence, January 1989.
15. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300GHz)”, Health Physics, Vol. 74, No 4, April 1998.
16. EU Council, “Recommendation of the Council of July 12, 1999 relative to the exposure Limitation of the public to the electromagnetic fields (from 0 Hz to 300 GHz)”, Official Journal of the European Communities 1999/519/CE, July 1999.
17. Greek Legislation, “Law 3431, About electronic communications and other orders”, Greek FEK, vol. A, act no.13, 3-2-2006.
18. Federal Communications Commission (FCC), “Guidelines for Evaluating the Environmental Effects of Radiofrequency Radiation.”, FCC 96-326, Washington, D.C., August 1996.
19. Federal Law, “Regulation on the application of the Federal Law on Protection from Harmful Emissions (Regulation on electromagnetic fields - 26. BImSchV) of 16 December 1996”, Federal Law Gazette, Annual 1996, Part I No. 66, Bonn, 20 December 1996.
20. DIN VDE 0848 Part 2, “Safety in electromagnetic fields, human safety in the frequency range from 30 kHz to 300 GHz”, DIN VDE 0848 Part 2 Draft, October 1991.
21. Narda Safety Test Solutions, “Standards-compliant test of non-ionizing electromagnetic radiation on radar equipment”, Narda Technical Note, available online at www.nartda-sts.de, August 2005.

ΠΗΓΕΣ

22. <http://www.engineersgarage.com/articles/what-is-radar-technology?page=1>
23. <http://www.radartutorial.eu/01.basics/The%20Radar%20Range%20Equation.en.html>
24. <http://www.rfcafe.com/references/electrical/ew-radar-handbook/antenna-introduction-basics.htm>
25. <http://www.slideshare.net/search/slideshow?searchfrom=header&q=radar+antenna>

26. http://www.ee.fju.edu.tw/pages/032_faculty/sclin/lecture/rada_system_design/chapter6.pdf
27. <http://www.antenna-theory.com/antennas/aperture/slottedWaveguide.php>
28. http://davi.ws/skolnik/Skolnik_chapter_6.pdf
29. http://www.eeae.gr/gr/docs/president/ana_nomothesia_1_4.pdf
30. [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/\\$file/H%20Aktinobolia%20sti%20Zoi%20mas.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/$file/H%20Aktinobolia%20sti%20Zoi%20mas.pdf)
31. http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/axiologisi_electromagnetic.1103196308484.pdf
32. <http://www.icnirp.de/>
33. http://www.yme.gr/imagebank/categories/ctg265_11_1192090609.pdf
34. <http://www.eekt.gr/LinkClick.aspx?fileticket=FsKcZtAZ6wg%3d&tabid=109>
35. <http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/FAQS/Antena/>
36. http://www.dsnet.gr/Epikairothta/Nomothesia/n3431_06.htm
37. <http://standards.ieee.org/findstds/standard/521-2002.html>