



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Ανάπτυξη λογισμικού αυτοματοποιημένης λήψης,
αρχειοθέτησης και παρουσίασης μετρήσεων ηλεκτρικού πεδίου
σε GIS με επιλεκτικό μετρητή ακτινοβολίας.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Χ. ΤΡΙΓΩΝΑΚΗ

Επιβλέπων : Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2008



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Ανάπτυξη λογισμικού αυτοματοποιημένης λήψης,
αρχαιοθέτησης και παρουσίασης μετρήσεων ηλεκτρικού πεδίου
σε GIS με επιλεκτικό μετρητή ακτινοβολίας.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Χ. ΤΡΙΓΩΝΑΚΗ

Επιβλέπων : Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Οκτώβριο 2008.

(Υπογραφή)

.....
Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Νικόλαος Ουζούνογλου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Αθανάσιος Παναγόπουλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2008

.....
Βασίλειος Χ. Τριγωνάκης
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Βασίλειος Χ. Τριγωνάκης, 2008
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Φίλιππο Κωνσταντίνου για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έναν ενδιαφέροντα τομέα των τηλεπικοινωνιών. Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Νικόλαο Παπανικολάου για τη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διάρκεια τόσο της ανάλυσης και προδιαγραφής των απαιτήσεων, όσο και της υλοποίησης του συστήματος. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τριγωνάκης Βασίλειος

Οκτώβριος 2008

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη λογισμικού αυτοματοποιημένης λήψης, αρχειοθέτησης και παρουσίασης ηλεκτρικού πεδίου σε GIS με επιλεκτικό μετρητή ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα ο επιλεκτικός μετρητής ακτινοβολίας είναι ο SRM – 3000 (Selective Radiation Meter), της Narda Safety Test Solutions. Ως περιβάλλον ανάπτυξης του συστήματος επιλέχθηκε το Microsoft Visual Studio 2008 και συγκεκριμένα η γλώσσα Visual Basic 2008. Το GIS (Geographical Information System) υλοποιήθηκε με Google-maps και χρήση Java (jsp) πάνω σε Apache Tomcat server.

Ο χρήστης – μηχανικός τηλεπικοινωνιών- του συστήματος έχει τη δυνατότητα να καταχωρεί μετρήσεις, να βλέπει και να επεξεργάζεται καταχωρημένες μετρήσεις και βλέπει την κατανομή των μετρήσεων, αλλά και γενικά στοιχεία τους, πάνω στον χάρτη.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Τα πρώτα τρία περιέχουν το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο που σχετίζεται με το θέμα και τα τελευταία δύο κεφάλαια περιέχουν το σχεδιασμό, την προδιαγραφή και την σχεδίαση του συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μια παρουσίαση βασικών εννοιών όπως ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και ραδιοκύματα καθώς επίσης περιγράφονται οι ιδιότητες τους και ο τρόπος που μεταδίδονται.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται παρουσίαση των βασικών περιορισμών και των επιπέδων αναφοράς των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων όπως αυτά έχουν οριστεί από την ICNIRP. Επίσης, παρουσιάζονται τα όρια που ισχύουν στην Ελλάδα και σε κάποιες άλλες χώρες εντός και εκτός Ευρώπης.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται μεθοδολογία μετρήσεων των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε μία συγκεκριμένη περιοχή, τα βασικά χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες του μετρητή ακτινοβολίας SRM-3000. Επίσης, περιγράφεται ο τρόπος διεξαγωγής των μετρήσεων, οι απαραίτητοι έλεγχοι που πρέπει να προηγηθούν και ο τρόπος καθορισμού των κρίσιμων περιοχών.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι λειτουργικές (περιγραφή των λειτουργιών που θα προσφέρει το σύστημα) και μη λειτουργικές (περιγραφή των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχει το σύστημα) απαιτήσεις του συστήματος λογισμικού. Δίνεται λεπτομερής περιγραφή όλων των λειτουργιών, που προσφέρει το σύστημα που προδιαγράφεται, μέσω περιπτώσεων χρήσης (use cases) του συστήματος. Επίσης, δίνονται περιπτώσεις χρήσης για πιθανή μελλοντική αναβάθμιση του συστήματος.

Τέλος, στο κεφάλαιο 5 αναλύεται η υλοποίηση του συστήματος και οι σχεδιαστικές επιλογές κατά την ανάπτυξη του. Δίνεται εξήγηση για το πως προέκυψαν οι σχεδιαστικές επιλογές. Η υλοποίηση του συστήματος παρουσιάζεται ως υλοποίηση των περιπτώσεων χρήσης του Κεφαλαίου 4, με screenshots από το σύστημα και λεπτομερή ανάλυση όλων των επιλογών που επιτρέπει το λογισμικό.

Λέξεις-κλειδιά: Λήψη μετρήσεων, Αρχειοθέτηση μετρήσεων, SRM – 3000, GIS

Abstract

The aim of this thesis is the development of software for organizing and displaying measurements of electric's field intensity on a GIS using selective field counter (SRM – 3000, Selective Radiation Meter, Narda Safety Test Solutions). As development environment, Microsoft Visual Studio 2008, and specific language Visual Basic 2008, was chosen. GIS (Geographical Information System) was implemented with Google-maps, using Java (jsp) on running on Apache Tomcat server.

The user of the system – telecommunication engineer- may insert measurements, explore and alter inserted measurements and watch measurements placed on a map.

This thesis is composed from five chapters. First three explain the basic theoretical part of the subject. The last two show the design, specification and implementation of the system.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πίνακας Περιεχομένων

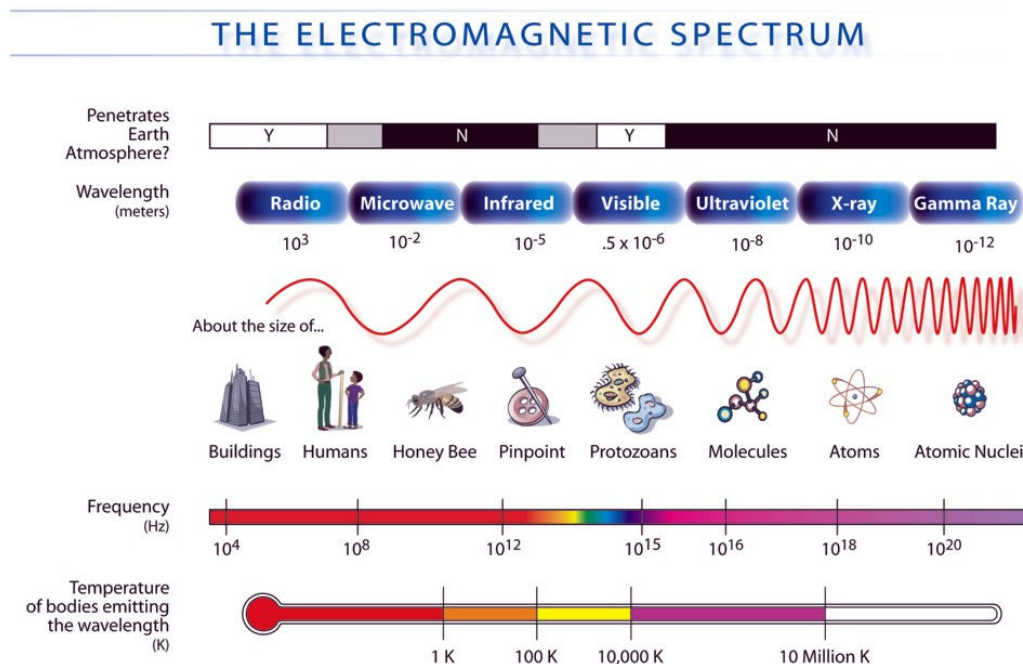
Περίληψη	7
Abstract	9
Πίνακας Περιεχομένων	11
Κεφάλαιο 1	14
1 Γενικά περί ακτινοβολιών	14
1.1 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	14
1.2 Η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων	16
1.3 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και πιθανά βιολογικά αποτελέσματα	18
Κεφάλαιο 2	20
2 Όρια προστασίας από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	20
2.1 Το κανονιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης	20
2.2 Όρια για τους επαγγελματικά ασχολούμενους σε χώρους έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	23
2.3 Τα όρια στην Ελλάδα	24
2.4 Επίπεδα αναφοράς ανά ζώνη συχνοτήτων	32
2.5 Βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς ανά χώρα	33
Κεφάλαιο 3	36
3 Μεθοδολογία μετρήσεων επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	36
3.1 Μετρήσεις με επιλεκτικό μετρητή ακτινοβολίας SRM-3000	36
3.1.1 Ρύθμιση παραμέτρων συσκευής SRM μέσω λογισμικού προγράμματος	37
3.1.2 Προετοιμασία μετρητικού εξοπλισμού πριν τη χρήση	40
3.1.3 Εγκατάσταση μετρητικής διάταξης	40
3.2 Διεξαγωγή μετρήσεων	41
3.2.1 Μετρήσεις με την χρήση του τριαξονικού probe της NARDA	42
3.2.2 Μετρήσεις με την χρήση probes από άλλους κατασκευαστές	42
3.2.3 Λίστα λειτουργιών	42
3.3 Καθορισμός κρίσιμων περιοχών	46
Κεφάλαιο 4	47
4 Λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος	47
4.1 Ορισμός λειτουργικών απαιτήσεων	47
4.1.1 Ορισμός Περίπτωσης χρήσης (use case)	47
4.1.2 Περίπτωση χρήσης: είσοδος καινούργιου μηχανικού (χρήστη του συστήματος)	48
4.1.3 Περίπτωση χρήσης: αλλαγή στοιχείων μηχανικού	48
4.1.4 Περίπτωση χρήσης: είσοδος καινούργιων μετρήσεων	48
4.1.5 Περίπτωση χρήσης: εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων	49
4.1.6 Περίπτωση χρήσης: εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων μέσω χάρτη	49
4.1.7 Περίπτωση χρήσης: αλλαγή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων	49
4.1.8 Περίπτωση χρήσης: διαγραφή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων	50
4.1.9 Περίπτωση χρήσης: εισαγωγή περισσότερων μετρήσεων που να αντιστοιχούν σε ήδη εισαχθέντα γενικά στοιχεία μέτρησης	50
4.1.10 Δυνατές μελλοντικές επεκτάσεις διπλωματικής (οι περιπτώσεις χρήσης)	51
4.2 Ορισμός μη λειτουργικών απαιτήσεων	52

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο	
Κεφάλαιο 5	54
5 Υλοποίηση του συστήματος και σχεδιαστικές επιλογές	54
5.1 Σχεδίαση και υλοποίηση της βάσης δεδομένων	54
5.2 Σχεδίαση και υλοποίηση του GIS	57
5.3 Σχεδίαση και υλοποίηση του συστήματος (SRM suite)	58
5.3.1 Είσοδος καινούργιου μηχανικού (χρήστη του συστήματος).....	59
5.3.2 Αλλαγή στοιχείων μηχανικού.....	63
5.3.3 Είσοδος καινούργιων μετρήσεων.....	64
5.3.4 Εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων.....	78
5.3.5 Εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων μέσω χάρτη.....	82
5.3.6 Αλλαγή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων.....	85
5.3.7 Διαγραφή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων.....	86
5.3.8 Εισαγωγή περισσότερων μετρήσεων που να αντιστοιχούν σε ήδη εισαχθέντα γενικά στοιχεία μέτρησης.....	87
5.3.9 Παράθυρο πληροφοριών (About box).....	87
Βιβλιογραφία	88

1 Γενικά περί ακτινοβολιών

1.1 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια) αποτελείται από κύματα ηλεκτρικής και μαγνητικής ενέργειας που διαδίδονται ταυτόχρονα στον ελεύθερο χώρο. Η περιοχή στην οποία αναπτύσσονται αυτά τα κύματα λέγεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων (ηλεκτρομαγνητικό φάσμα) που χωρίζεται σε επιμέρους περιοχές (ζώνες συχνοτήτων). Για παράδειγμα τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, το ορατό φως αλλά και οι ακτίνες X είναι μορφές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, οι περισσότερες από τις οποίες είναι αόρατες εκτός από ένα τμήμα που μπορεί να εντοπιστεί από το ανθρώπινο μάτι και αποτελεί το ορατό φως που παράγει τα διάφορα χρώματα του ουράνιου τόξου. Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός.



Εικόνα 1.1- Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Η ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικού πεδίου προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να είναι υψηλής ή χαμηλής έντασης και συνεχούς ή μικρής διάρκειας. Η αιτία δημιουργίας ηλεκτρικών πεδίων είναι η ύπαρξη διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά δυναμικού

τόσο ισχυρότερο είναι το ηλεκτρικό πεδίο που προκύπτει. Η μονάδα μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι βολτ ανά μέτρο (V/m). Τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται όταν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα. Όσο πιο υψηλή είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος τόσο πιο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο. Όταν διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα το μαγνητικό πεδίο μηδενίζεται. Η μονάδα μέτρησης της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι αμπέρ ανά μέτρο (A/m). [1]

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων κυμάτων είναι η απόσταση που καλύπτεται από έναν κύκλο κύματος, η οποία αποτελεί και το λεγόμενο μήκος κύματος (λ) καθώς επίσης και ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο, που ορίζει τη συχνότητα του κύματος (f). Το μήκος κύματος ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος εκφράζεται συνήθως σε μέτρα (m) και η συχνότητα εκφράζεται συνήθως σε Hertz (Hz). Ένα Hertz ισούται με ένα κύμα ανά δευτερόλεπτο. Άλλες μονάδες μέτρησης της συχνότητας είναι το kilohertz (kHz), το megahertz (MHz) και το gigahertz (GHz) που αντιστοιχούν σε χίλια, ένα εκατομμύριο και ένα δισεκατομμύριο κύματα αντίστοιχα ανά δευτερόλεπτο. Οι σημαντικότερες διαφορές των διαφορετικών τύπων κυμάτων οφείλονται στις διαφορετικές τιμές συχνότητας.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ), υπάρχουν παντού στο περιβάλλον μας και προέρχονται είτε από φυσικές είτε από τεχνητές πηγές. Το ηλιακό φως, το γήινο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, οι κεραυνοί ο χτύπος της καρδιάς, το ανθρώπινο νευρικό σύστημα αποτελούν φυσικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στις τεχνητές πηγές περιλαμβάνονται οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές (ψυγείο, τηλεόραση, ηλεκτρική σκούπα, φούρνος μικροκυμάτων κ.λ.π.), οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, οι ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί, οι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας, τα ραντάρ κ.λ.π. Συνεπώς τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ήταν ανέκαθεν παρόντα στη γη (φυσικές πηγές). Ωστόσο κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, η περιβαλλοντική έκθεση σε τεχνητές πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αυξήθηκε ραγδαία. Οι κυριότερες αιτίες αυτής της αύξησης είναι οι απαιτήσεις για ηλεκτρισμό, η ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας και των εφαρμογών της όπως επίσης οι αλλαγές στις εργασιακές σχέσεις και στην κοινωνική συμπεριφορά. [1]

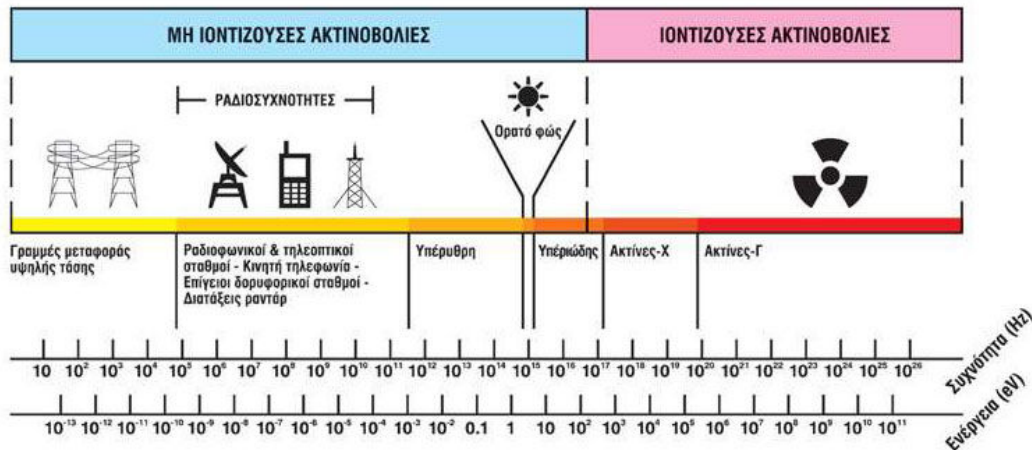
Τα πιθανά βιολογικά αποτελέσματα από τις κατασκευασμένες από τον άνθρωπο πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αποτελούν αντικείμενο έρευνας από τα τέλη του 1800. Ωστόσο, η ραγδαία αύξηση της έκθεσης του αστικού πληθυσμού σε τεχνητές πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εξαιτίας των απαιτήσεων σε ηλεκτρισμό και της ανάπτυξης της ασύρματης τεχνολογίας συνέβαλλε στην δημιουργία έντονης ερευνητικής δραστηριότητας κατά τα τελευταία 30 χρόνια η οποία προσπαθεί να δώσει απαντήσεις σε θέματα που αφορούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Γενικά, το φάσμα των συχνοτήτων περιλαμβάνει την ιονίζουσα (ή ιοντίζουσα) και την μη ιονίζουσα (ή μη ιοντίζουσα) ακτινοβολία. Η ιονίζουσα ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από μικρό μήκος κύματος, υψηλή συχνότητα και μεγάλη ενέργεια. Η ιονίζουσα ακτινοβολία περιλαμβάνει τις ακτίνες X (χρησιμοποιούνται στις ακτινογραφίες, στον αξονικό τομογράφο και αλλού), τις ακτίνες γάμμα, την κοσμική ακτινοβολία και την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Όταν κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού εκτίθενται σε αυτήν, προκαλεί ιονισμό του δεοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA). Ο ιονισμός είναι επικίνδυνος, οδηγεί σε αλλοιώσεις του γενετικού κώδικα και είναι αιτία καρκίνου. Είναι γνωστό ότι οι πρώτοι ακτινολόγοι όπως και η Μαρί Κιουρί που ανακάλυψε τις ακτίνες X αποβίωσαν πρόωρα λόγω λευχαιμίας, αναιμίας

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

και άλλων καρκίνων. Επίσης, η υπεριώδης ακτινοβολία του ηλιακού φωτός, εξαιτίας του ιονισμού, μπορεί να προκαλεί αλλοιώσεις στα γονίδια των κυττάρων του δέρματος, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο για διάφορες μορφές καρκίνου του δέρματος.

Η μη ιονίζουσα ακτινοβολία είναι αυτή που χρησιμοποιείται για εφαρμογές της σύγχρονης τεχνολογίας και σε αντίθεση με την ιονίζουσα ακτινοβολία δεν είναι αρκετά ισχυρή ώστε να διασπάσει τους δεσμούς που συγκρατούν μεταξύ τους τα μόρια μέσα στα κύτταρα και, συνεπώς, δεν μπορεί να προκαλέσει ιοντισμό. Περιλαμβάνει το ορατό φως, την υπέρυθρη ακτινοβολία, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα και τα πολύ χαμηλής συχνότητας πεδία που δημιουργούνται από τα ηλεκτροφόρα καλώδια και συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρισμό. Η κυριότερη βιολογική της επίδραση, είναι η αύξηση της θερμότητας των ιστών οι οποίοι υποβάλλονται σε αυτή κάτω από ορισμένες συνθήκες. Δεν προκαλεί ιοντισμό και οι έρευνες μέχρι σήμερα δεν έχουν τεκμηριώσει μία αιτιολογική σχέση μεταξύ του τύπου αυτού της ακτινοβολίας και του καρκίνου. [2]



Εικόνα 1.2- Μη ιονίζουσα-ιονίζουσα ακτινοβολία

1.2 Η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων

Η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων είναι μια εναλλακτική ονομασία για τα ραδιοκύματα. Αποτελεί μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που περιλαμβάνει κύματα με συχνότητα από περίπου 3000 κύματα ανά δευτερόλεπτο (3 kHz) μέχρι 300 δισεκατομμύρια κύματα ανά δευτερόλεπτο (300 GHz). Τα μικροκύματα αποτελούν ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων με συχνότητες που κυμαίνονται περίπου μεταξύ των 300 εκατομμυρίων κυμάτων ανά δευτερόλεπτο (300 MHz) και των τριών δισεκατομμυρίων κυμάτων ανά δευτερόλεπτο (3 GHz). Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων ποικίλει μεταξύ των τιμών 1mm και 10 km. [3]

Τα ραδιοκύματα δημιουργούνται από την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στις κεραίες και αναφέρονται ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων, γιατί «ακτινοβολούνται» ταξιδεύοντας στο χώρο απομακρυσμένα από την πηγή τους (κεραία). Τα ραδιοκύματα ανήκουν στην κατηγορία των μη ιονιζουσών ακτινοβολιών που σημαίνει ότι δεν μπορούν να διασπάσουν χημικούς δεσμούς ή να αποσπάσουν

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών
ηλεκτρόνια από άτομα προκαλώντας ιοντισμό της ύλης. Η κυριότερη βιολογική επίδραση των ραδιοκυμάτων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που εκτίθενται σε αυτά υπό ορισμένες συνθήκες. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι μέχρι σήμερα έρευνες δεν έχουν τεκμηριώσει σχέση αιτίου-αιτιατού μεταξύ αυτού του τύπου της ακτινοβολίας και του καρκίνου.

Η ενέργεια των ραδιοκυμάτων χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στις τηλεπικοινωνίες. Οι τηλεοπτικές και ραδιοφωνικές εκπομπές, τα ασύρματα τηλέφωνα, τα κινητά τηλέφωνα, τα συστήματα επικοινωνιών της αστυνομίας και της πυροσβεστικής, οι δορυφορικές επικοινωνίες πραγματοποιούνται μεταδίδοντας την ενέργεια ραδιοσυχνότητων. Άλλες πολύ σημαντικές χρήσεις περιλαμβάνουν τους φούρνους μικροκυμάτων, τα ραντάρ, βιομηχανικά συστήματα θέρμανσης και στεγανοποίησης και τα ιατρικά μηχανήματα.

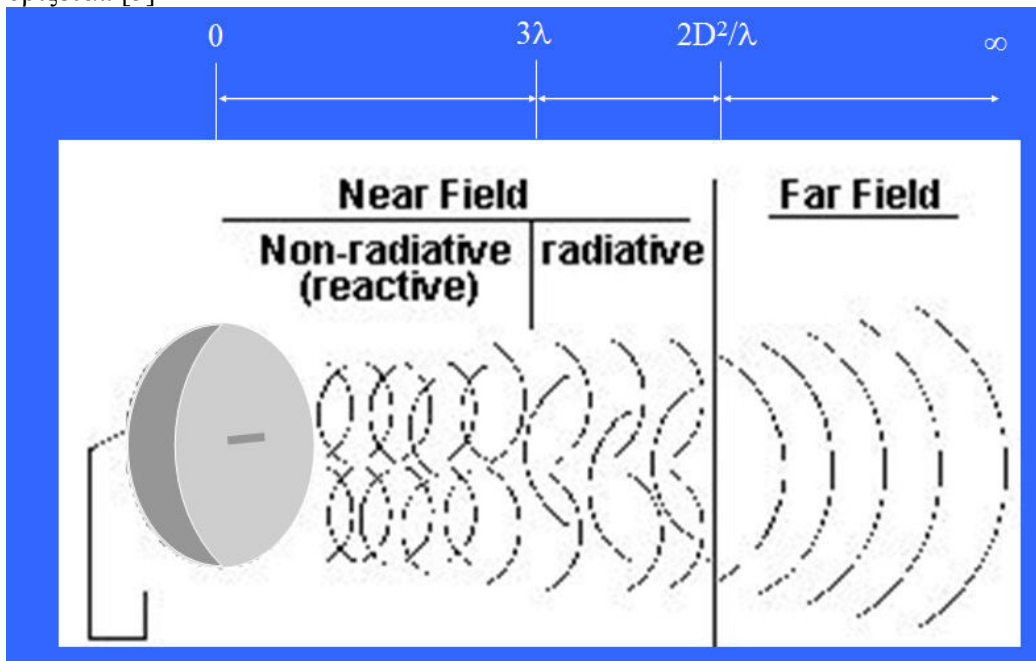
Τα ραδιοκύματα απαρτίζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Μπορούν να ακτινοβολούν προς όλες τις κατευθύνσεις για ευρυεκπομπή, προς σταθερούς δέκτες που βρίσκονται σε γνωστές θέσεις ή προς συγκεκριμένες περιοχές του χώρου όπου ενδεχομένως βρίσκεται ένας μετακινούμενος δέκτης. Η κεραία είναι συσκευή για να λαμβάνει και να εκπέμπει ραδιοκύματα.

Τα κύματα και τα πεδία ραδιοσυχνότητων διαθέτουν ηλεκτρικές και μαγνητικές συνιστώσες. Υπάρχουν διάφορα μεγέθη που ποσοτικοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με το πιο ευρέως διαδεδομένο στις ραδιοσυχνότητες την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (συμβολίζεται με E και μετριέται σε Βολτ ανά μέτρο). Άλλα μεγέθη είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου (συμβολίζεται με H και μετριέται σε Αμπέρ ανά μέτρο), η μαγνητική επαγωγή πεδίου (συμβολίζεται με B και μετριέται σε Τέσλα) και η πυκνότητα ροής ισχύος (συμβολίζεται με S και μετριέται σε Βατ ανά τετραγωνικό μέτρο). Η πυκνότητα ροής ισχύος ορίζεται ως η πυκνότητα ανά μονάδα επιφάνειας. Η πυκνότητα ροής ισχύος μπορεί επίσης να εκφραστεί σε milliwatts (1 χιλιοστό του Watt) ανά τετραγωνικό εκατοστό (mW/cm^2) ή microwatts (1 εκατομμυριοστό του Watt) ανά τετραγωνικό εκατοστό ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$). [4]

Το μέγεθος που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ποσότητας των ραδιοκυμάτων που απορροφάται από το σώμα ονομάζεται Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (Specific Absorption Rate-SAR). Εκφράζεται σε Watts/χιλιόγραμμο (W/kg) ή milliwatts/γραμμάριο (mW/g). Όταν ένα άτομο εκτίθεται σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μία ποσότητα της ενέργειας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία απορροφάται από το σώμα του. Ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης ή SAR εκφράζει την απορροφούμενη ενέργεια ανά μονάδα χρόνου και μάζας στα διάφορα μέρη του σώματος. Υπάρχει ο μέσος ολόσωμος SAR που εκφράζει τη μέση τιμή της απορροφούμενης ενέργειας σε όλο το σώμα και ο τοπικός SAR που αναφέρεται στην τοπική απορρόφηση σε μια περιοχή του σώματος (η περιοχή αυτή συνήθως ορίζεται σε 10g ιστού). Στην περίπτωση των κινητών τηλεφώνων τα αντίστοιχα μεγέθη είναι ο τοπικός SAR στην περιοχή του κεφαλιού και στην περίπτωση των σταθμών βάσης ο μέσος ολόσωμος SAR. [4]

Σε συνθήκες επίπεδου κύματος, δηλαδή όταν η απόσταση από την κεραία είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις διαστάσεις της κεραίας (Μακρινό πεδίο-Far field) η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E , η ένταση του μαγνητικού πεδίου H και η πυκνότητα ισχύος S συνδέονται μεταξύ τους μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων ($S=EH=E^2/377=377H^2$) και η γνώση του ενός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των άλλων δύο. Πολύ κοντά στις κεραίες σε σχέση με τις φυσικές τους διαστάσεις (Κοντινό πεδίο-near field) η ένταση του ηλεκτρικού και μαγνητικού

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
πεδίου δεν συνδέονται μεταξύ τους με σταθερή σχέση και η πυκνότητα ισχύος δεν ορίζεται. [5]



Εικόνα 1.3- Κοντινό-μακρινό πεδίο

1.3 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και πιθανά βιολογικά αποτελέσματα

Ηλεκτρικά ρεύματα υπάρχουν φυσικά και μέσα στο ανθρώπινο σώμα και είναι απαραίτητα για τις φυσιολογικές σωματικές λειτουργίες. Τα βιολογικά αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπινου σώματος και των κυττάρων του σε εξωτερικά πεδία ραδιοσυχνότητας εξαρτώνται κυρίως από την ένταση και την συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στις ραδιοσυχνότητες, η ακτινοβολία απορροφάται μερικώς και διεισδύει σε μικρό μόνο βάθος μέσα στο σώμα. Η ενέργεια των ηλεκτρομαγνητικών αυτών πεδίων απορροφάται και προκαλεί την κίνηση των μορίων. Η τριβή και οι κρούσεις μεταξύ των ταχέως κινούμενων μορίων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Πρόκειται για τα λεγόμενα θερμικά αποτελέσματα τα οποία ουσιαστικά σημαίνουν αύξηση της θερμοκρασίας και απορρόφηση ενέργειας. Ωστόσο, τα επίπεδα έντασης των πεδίων ραδιοσυχνότητας στα οποία εκτίθεται το κοινό στο καθημερινό περιβάλλον είναι πολύ ασθενέστερα σε σχέση με αυτά που απαιτούνται για να προκληθεί αξιοσημείωτη τοπική θέρμανση ή αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Πέρα όμως από τη μελέτη των θερμικών αποτελεσμάτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας υπάρχει σήμερα αυξημένο ενδιαφέρον για την μελέτη ύπαρξης και άλλων μη θερμικών μηχανισμών αλληλεπίδρασης των ραδιοκυμάτων με τους βιολογικούς ιστούς. Τα μη θερμικά αποτελέσματα δεν συνοδεύονται από ανιχνεύσιμη αύξηση της θερμοκρασίας και προκαλούνται από έκθεση σε χαμηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ισχύος. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι τα ραδιοκύματα μπορούν να προκαλέσουν, υπό ορισμένες συνθήκες, μη

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών
θερμικές βιολογικές επιδράσεις σε καλλιέργειες κυττάρων ή πειραματόζωα, χωρίς, ωστόσο αυτές οι επιδράσεις να σχετίζονται άμεσα με την πρόκληση κάποιας βλάβης στον ανθρώπινο οργανισμό. Γενικά υπάρχει αβεβαιότητα και ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των μηχανισμών που σχετίζονται με μη θερμικά φαινόμενα και τη συσχέτιση τους με επιβλαβείς βιολογικές επιδράσεις και πιθανά αποτελέσματα στην υγεία. Σε καμία περίπτωση δεν θα ήταν σοφό να θεωρηθεί ότι είναι γνωστά όλα όσα αφορούν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι άνθρωποι υποβάλλονται όλο και περισσότερο σε αυτά και είναι αβέβαιο το τι μπορεί να σημαίνει η έκθεση αυτή για το μέλλον τους.

Ο αριθμός των ερευνών που έχουν γίνει κατά τα τελευταία 30 χρόνια για την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο είναι εκπληκτικός. Έχουν γίνει περισσότερες από 25.000 επιστημονικές δημοσιεύσεις, πράγμα που δεν έγινε για κανένα άλλο περιβαλλοντικό παράγοντα που πιθανόν να επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία. Η έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο συνεχίζεται υπό τον συντονισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization-WHO). Μερικές έρευνες έδειξαν συσχετισμούς μεταξύ έκθεσης σε μη ιονίζουσα ακτινοβολία και αυξημένου κινδύνου για καρκίνο ή άλλη επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Οι πλείστες έρευνες απέτυχαν να τεκμηριώσουν κάτι τέτοιο. Καμία δεν τεκμηρίωσε ότι η μη ιονίζουσα ακτινοβολία είναι αιτία καρκίνου. Ωστόσο, η παρούσα κατάσταση των ανθρώπινων επιστημονικών γνώσεων δεν επιτρέπει εφησυχασμό. Παραμένουν πολλά άγνωστα μέχρι σήμερα όπως για παράδειγμα το αποτέλεσμα των μακροχρόνιων επιδράσεων της έκθεσης στη μη ιονίζουσα ακτινοβολία, ποια είναι η συνολική ακτινοβολία από διάφορες πηγές που δέχονται οι άνθρωποι, ποιες συνέπειες πιθανόν να προκληθούν στα παιδιά που σήμερα ήδη από μικρή ηλικία κατέχουν και χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα. Συνεπώς οι φόβοι που δημιουργούνται λόγω ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ευρύ κοινό είναι δικαιολογημένοι. Υπάρχουν πολλοί ιστορικοί και επίκαιροι λόγοι που προκαλούν ανησυχίες. Από την άλλη όμως η έρευνα που έχει διεξαχθεί μέχρι τώρα σχετικά με τις επιδράσεις της ιονίζουσας και μη ιονίζουσας ακτινοβολίας παρέχει σημαντικό βαθμό ασφάλειας στον τομέα αυτό. [2]

Τα βιολογικά αποτελέσματα αποτελούν μετρήσιμες αποκρίσεις του οργανισμού ή των κυττάρων σε κάποια διέγερση ή αλλαγή του περιβάλλοντος. Η αντίδραση του οργανισμού σε μεταβολές του περιβάλλοντος (π.χ η υπνηλία μέσα σε ένα αποπνικτικό δωμάτιο, η ταχυκαρδία μετά την κατανάλωση καφέ) είναι απολύτως φυσιολογική. Ωστόσο, ο οργανισμός ενδέχεται να μην διαθέτει επαρκείς μηχανισμούς ελέγχου ώστε να ανταποκρίνεται σε όλο το φάσμα των περιβαλλοντικών μεταβολών. Διαρκής περιβαλλοντική έκθεση, ακόμα και ασθενής, μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία. Στον ανθρώπινο οργανισμό, ένα αρνητικό αποτέλεσμα για την υγεία προέρχεται από ένα βιολογικό αποτέλεσμα το οποίο προκαλεί ανιχνεύσιμη βλάβη στην υγεία ή στην καλή φυσική κατάσταση των εκτεθειμένων ατόμων. Η συμμόρφωση με τα όρια έκθεσης (βασικούς περιορισμούς και επίπεδα αναφοράς) που προτείνονται από τις εθνικές και τις διεθνείς οδηγίες συντελεί στον έλεγχο του κινδύνου από την έκθεση σε ραδιοκύματα, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου.

2 Όρια προστασίας από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

2.1 Το κανονιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατόπιν σχετικής εισήγησης της επιστημονικής επιτροπής καθοδήγησης επί διεπιστημονικών θεμάτων, υιοθέτησε τα όρια για την προστασία του κοινού της ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection-Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες), όπως αυτά παρουσιάστηκαν στις σχετικές κατευθυντήριες γραμμές της. Η ICNIRP είναι μια ανεξάρτητη επιστημονική οργάνωση, μεγάλου κύρους που ασχολείται με την προφύλαξη των ανθρώπων από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες (όπως είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας). Είναι επίσημα αναγνωρισμένη μη κυβερνητική οργάνωση από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, το διεθνές γραφείο εργασίας και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Έχει ως μέλη διεθνώς αναγνωρισμένους επιστήμονες που καλύπτουν τις επιστημονικές περιοχές της ιατρικής, της βιολογίας, της επιδημιολογίας, της φυσικής και της μηχανικής. [3]

Η ICNIRP ανακοινώνει οδηγίες που προτείνουν όρια για την έκθεση, τα οποία αναθεωρούνται και ενημερώνονται περιοδικά, όταν κρίνεται απαραίτητο. Οι πλέον πρόσφατες οδηγίες της ICNIRP δημοσιεύτηκαν το 1998 και έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CENELEC (Commission European de Normalisation Electrotechnique) και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κατά τη σύνταξη του ισχύοντος προτύπου για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι οδηγίες της ICNIRP αποτελούν τη βάση και της ελληνικής νομοθεσίας για την προστασία του κοινού από την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Οι οδηγίες της ICNIRP έχουν υιοθετηθεί ευρέως σε ολόκληρο τον κόσμο και έχουν μετατραπεί σε εθνικά πρότυπα ασφαλείας. Οι οδηγίες εφαρμόζονται τόσο σε κινητά τηλέφωνα όσο και σε θέσεις εγκατάστασης σταθμών βάσης και περιλαμβάνουν μεγάλα περιθώρια ασφαλείας, ώστε να παρέχουν επαρκή προστασία από όλες τις εξακριβωμένες επιπτώσεις για την υγεία από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ραδιοκυμάτων. Δεν υπάρχουν γνωστές επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία σε επίπεδα έκθεσης χαμηλότερα από τα επίπεδα των οδηγιών. Επίσης, οι οδηγίες της ICNIRP για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία καλύπτουν το εύρος συχνοτήτων της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας από 0 μέχρι 300GHz. Βασίζονται σε διεξοδικές επισκοπήσεις όλης της δημοσιευμένης επιστημονικής βιβλιογραφίας. Τα όρια αποδεκτής έκθεσης έχουν καθοριστεί με βάση αποτελέσματα σχετικά με την βραχυπρόθεσμη έντονη έκθεση και όχι την μακροπρόθεσμη έκθεση, διότι η διαθέσιμη επιστημονική πληροφορία για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της έκθεσης σε χαμηλής έντασης ηλεκτρομαγνητικά πεδία θεωρείται ανεπαρκής για την θέσπιση ποσοτικών ορίων.

Οι οδηγίες της ICNIRP προτείνουν ένα σύστημα δύο επιπέδων ως προς τα όρια επιτρεπτής έκθεσης. Συγκεκριμένα καθορίζονται χαμηλότερα όρια για τον γενικό πληθυσμό και υψηλότερα για τους επαγγελματίες ασχολούμενους σε χώρους έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, καθώς οι δεύτεροι έχουν γνώση των

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών
κινδύνων και μπορούν να λάβουν τα ενδεικνυόμενα μέτρα προστασίας. Επίσης ορίζονται βασικοί περιορισμοί που αφορούν σε δοσιμετρικά μεγέθη αλλά και αντίστοιχα επίπεδα αναφοράς για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία μπορούν εύκολα να μετρηθούν.

Η ICNIRP αφού μελέτησε το σύνολο των δημοσιευμένων ερευνών σχετικά με τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων, κατέληξε ότι οι μόνες επιδράσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την θέσπιση ορίων έκθεσης των ανθρώπων είναι αυτές που οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών από την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από το σώμα.. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι οι δυσμενείς βιολογικές επιδράσεις προκύπτουν με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C. Η αύξηση αυτή γίνεται με την απορρόφηση ενέργειας από το ανθρώπινο σώμα με ρυθμό μεγαλύτερο από 4W/kg, δηλαδή για έναν άνθρωπο 80kg με ρυθμό 320W. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ενδεχομένως κάποιες ομάδες πληθυσμού να είναι πιο ευπαθής και ότι δεν αποκλείεται η έκθεση να λαμβάνει χώρα σε ήδη επιβαρυσμένους χώρους με αυξημένη θερμοκρασία ή υγρασία ή κατά την διάρκεια έντονης άσκησης, επέλεξαν ένα συντελεστή ασφαλείας 50 στη θέσπιση των ορίων έκθεσης του κοινού. Έτσι, προέκυψε ο βασικός περιορισμός για την έκθεση του κοινού σε 0.08W/kg, δηλαδή για ένα άνθρωπο 80kg το όριο του ρυθμού απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι 6.4W. Ταυτόχρονα για να μην υπάρχουν περιοχές του σώματος στις οποίες να εμφανίζεται τοπικά υψηλή απορρόφηση ενέργειας προβλέπονται οι περιορισμοί και για τον μέγιστο τοπικό ρυθμό απορρόφησης σε 2W/kg για το κεφάλι και τον κορμό του σώματος και 4W/kg στα άκρα.[6] Σε παρόμοια συμπεράσματα και όρια για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχουν καταλήξει και άλλοι διεθνείς επιστημονικοί φορείς, όπως το IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers-Ίδρυμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών), το NRPB (National Radiological Protection Board-Εθνικό Συμβούλιο Ραδιολογικής Προστασίας) της Μεγάλης Βρετανίας, κ.ά.

Φυσικό μέγεθος	Όρια Ευρωπαϊκής Ένωσης (W/kg)
Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος	0.08
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό	2
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα	4

Πίνακας 2.1-Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την απορροφούμενη ενέργεια στο σώμα ενός ανθρώπου που κατατάσσεται στο γενικό κοινό από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων (περιλαμβάνονται και οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια αυτά ισχύουν όταν η έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι συνεχής και μόνιμη. Οι τιμές των ορίων αναφέρονται ως χρονικός μέσος όρος οποιουδήποτε εξαλέπτου έκθεσης. Δηλαδή, για έκθεση μικρής διάρκειας είναι δυνατόν να εκτεθεί κάποιος και σε μεγαλύτερες τιμές από αυτές των ορίων, αρκεί ο μέσος όρος της έκθεσης στην διάρκεια οποιουδήποτε

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

εξαλέπτου να μην υπερβαίνει το όριο. Επίσης οι τιμές των ορίων υπολογίζονται ως μέση τιμή σε μάζα 10g συνεχούς ιστού.

Όταν ένας άνθρωπος εκτίθεται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η απορρόφηση της ενέργειας εξαρτάται από την ένταση και τη συχνότητα της ακτινοβολίας και πολλούς άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά του σώματός του (μέγεθος, βάρος, στάση κλπ) αλλά και τις συνθήκες έκθεσης (συχνότητα, πόλωση, κατεύθυνση από όπου έρχεται η ακτινοβολία, αν είναι τοπική ή ολόσωμη έκθεση κ.α.). Προκειμένου να υπάρχουν όρια που να εξασφαλίζουν την προστασία των ανθρώπων ανεξαρτήτως των χαρακτηριστικών του σώματός τους προέκυψαν τα επίπεδα αναφοράς που προϋποθέτουν συνθήκες μέγιστης σύζευξης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με το εκτιθέμενο σε αυτή άτομο, παρέχοντας έτσι έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας. Τα επίπεδα αναφοράς είναι μεγέθη που περιγράφουν την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ένταση ηλεκτρικού πεδίου, ένταση μαγνητικού πεδίου και πυκνότητα ισχύος) και μπορούν να συγκριθούν με μετρηθείσες τιμές. Η τήρηση των επιπέδων αναφοράς εξασφαλίζει σε κάθε περίπτωση και την τήρηση των βασικών περιορισμών για την απορροφούμενη ενέργεια. Επειδή οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι διαφορετικές, οι τιμές των επιπέδων αναφοράς δεν είναι ακριβώς οι ίδιες αλλά διαφέρουν ανάλογα με το σύστημα κινητής τηλεφωνίας. [4]

Εφαρμογή	Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (V/m)	Ένταση Μαγνητικού Πεδίου (A/m)	Πυκνότητα Ισχύος Ισοδύναμου Επίπεδου ΗΜ Κύματος (W/m ²)
Κινητή τηλεφωνία 900 MHz (GSM)	41	0.11	4.5
Κινητή τηλεφωνία 1800 MHz (DCS)	58	0.16	9
Κινητή τηλεφωνία 2100 MHz (UMTS)	61	0.16	10
Ασύρματα δίκτυα 2.4 GHz (WiFi)	61	0.16	10
Ασύρματα δίκτυα 3.5 GHz (WiMax)	61	0.16	10

Πίνακας 2. 2-Επίπεδα αναφοράς για τον γενικό πληθυσμό σε συνήθεις εφαρμογές ασυρμάτων δικτύων.

2.2 Όρια για τους επαγγελματικά ασχολούμενους σε χώρους έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Ο επαγγελματικά εκτεθειμένος αποτελείται από ενήλικες εργαζόμενους οι οποίοι, γενικά, είναι ενημερωμένοι για την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και τα αποτελέσματά τους. Οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονται ώστε να γνωρίζουν τον πιθανό κίνδυνο και να λαμβάνουν τις απαραίτητες προφυλάξεις. Αντίθετα, ο γενικός πληθυσμός αποτελείται από άτομα όλων των ηλικιών με κυμαινόμενη κατάσταση υγείας, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις δεν γνωρίζουν ότι εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Επιπλέον οι εργαζόμενοι τυπικά εκτίθενται μόνο κατά τη διάρκεια της εργάσιμης μέρας (συνήθως 8 ώρες τη ημέρα) ενώ ο γενικός πληθυσμός μπορεί να είναι εκτεθειμένος μέχρι και 24 ώρες την ημέρα. Αυτοί είναι οι θεμελιώδεις λόγοι που οδήγησαν σε περισσότερο αυστηρούς περιορισμούς έκθεσης για το γενικό πληθυσμό σε σχέση με τον επαγγελματικά εκτεθειμένο πληθυσμό.

Το 2004, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την Οδηγία 2004/40/EC η οποία περιλαμβάνει τα ελάχιστα μέτρα ασφαλείας του επαγγελματικά εκτεθειμένου πληθυσμού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Η οδηγία αυτή περιέχει και συγκεκριμένες πρακτικές εφαρμογές έτσι ώστε να επιτευχθεί συμμόρφωση με τα όρια που προτείνει η ICNIRP για τον επαγγελματικά εκτεθειμένο πληθυσμό. Η οδηγία ορίζει ως ημερομηνία συμμόρφωσης των βιομηχανιών με τα προτεινόμενα όρια το 2008 με αποτέλεσμα οι βιομηχανίες να έρχονται αντιμέτωπες με πρακτικά θέματα έτσι ώστε να καταφέρουν να περιορίσουν τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο χώρο της εργασίας. Ένα θέμα που έχει προκαλέσει έντονο προβληματισμό είναι αν θα πρέπει οι εγκυμονούσες γυναίκες να δέχονται μεγαλύτερη προστασία στο χώρο εργασίας τους και αυτό γιατί αν δεν παρθούν ειδικά όρια το έμβρυο δέχεται ακτινοβολία η οποία ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια του γενικού πληθυσμού. [7]

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω θεωρείται ότι οι δυσμενείς βιολογικές επιδράσεις προκύπτουν με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C . Πρόκειται για θερμική επίδραση που παρατηρείται για Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης ίσο με 4W/kg σωματικού βάρους, υπολογισμένο ως μέση τιμή σε ολόκληρο το σώμα. Για να συμπεριλάβει επιστημονικές αβεβαιότητες, αυτό το κατώτατο επίπεδο κατωφλίου μειώθηκε περαιτέρω για να προκύψουν οι τιμές των ορίων για την ανθρώπινη έκθεση (βασικοί περιορισμοί). Θέτοντας ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με 10, καθορίστηκε η μέγιστη επιτρεπτή τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης για τον άνθρωπο-επαγγελματική έκθεση σε 0.4 W/kg . Με παρόμοιο σκεπτικό, προέκυψαν αντίστοιχα όρια για τον περιορισμό της έκθεσης τμημάτων του ανθρώπινου σώματος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ΡΣ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Φυσικό μέγεθος	Όρια Ευρωπαϊκής Ένωσης (W/kg)
Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος	0.4
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό	10
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα	20

Πίνακας 2.3- Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την απορροφούμενη ενέργεια στο σώμα ενός ανθρώπου που κατατάσσεται στο εργαζόμενο πληθυσμό που εκτίθεται σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων (περιλαμβάνονται και ο οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας)

Εφαρμογή	Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (V/m)	Ένταση Μαγνητικού Πεδίου (A/m)	Πυκνότητα Ισχύος Ισοδύναμου Επίπεδου ΗΜ Κύματος (W/m ²)
Κινητή τηλεφωνία 900 MHz (GSM)	90	0.24	22.5
Κινητή τηλεφωνία 1800 MHz (DCS)	127	0.34	45
Κινητή τηλεφωνία 2100 MHz (UMTS)	137	0.36	50
Ασύρματα δίκτυα 2.4 GHz (WiFi)	137	0.36	50
Ασύρματα δίκτυα 3.5 GHz (WiMax)	137	0.36	50

Πίνακας 2.4-Επίπεδα αναφοράς για τους εργαζομένους σε συνήθεις εφαρμογές ασυρμάτων δικτύων

2.3 Τα όρια στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία στη χώρα μας υπάρχουν όρια για την έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Τα όρια αυτά βασίστηκαν σε σχετική Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μάλιστα τα ελληνικά όρια είναι αυστηρότερα σε σχέση με τα οριζόμενα στην προαναφερθείσα Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ελληνική Νομοθεσία

- Κοινή Απόφαση υπ' αριθ. 53571/3839 των Υπουργών Ανάπτυξης, ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία εγκατεστημένων κεραιών στην ξηρά» με την οποία εισάγονται στην ελληνική νομοθεσία τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών
και ορίζονται μηχανισμοί ελέγχου για τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής
ακτινοβολίας που εκπέμπονται από τους σταθμούς κεραιών όλων των ειδών. [4]

- Νόμος 3431 (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006) «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις», άρθρο 31 «Ρυθμίσεις σχετικά με την εγκατάσταση κεραιών». Σύμφωνα με το άρθρο τα Ελληνικά όρια για την έκθεση του κοινού τίθενται στο 70% των ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους σταθμούς κεραιών που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων από την περίμετρο των κτιριακών εγκαταστάσεων σχολείων βρεφονηπιακών σταθμών, νοσοκομείων και γηροκομείων και στο 60% των ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους σταθμούς κεραιών που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων από τις εγκαταστάσεις αυτές. [8]

Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

- Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Περί του περιορισμού της έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz-300GHz)», L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999.[6]

Τα όρια της ICNIRP βασίστηκαν στην επιστημονική έρευνα και προέκυψαν εφαρμόζοντας μεγάλους συντελεστές ασφαλείας (της τάξης του 50 για το γενικό πληθυσμό και του 10 για τους εργαζόμενους, όπως προαναφέρθηκε). Η εφαρμογή των επιπλέον συντελεστών μείωσης στην Ελληνική Νομοθεσία δεν προκύπτει από τα επιστημονικά δεδομένα. Ήταν, όμως, μία καθαρά πολιτική απόφαση που βασίστηκε στα πλαίσια της «αρχής της προφύλαξης», δηλαδή στην λήψη μέτρων χωρίς να είναι σίγουρο ότι υπάρχει κάποιος κίνδυνος. Η μείωση των ορίων στην Ελληνική Νομοθεσία δεν θα πρέπει να κάμψει την εμπιστοσύνη απέναντι στην επιστημονική κοινότητα και στα όρια που έχουν επιστημονική βάση.

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) είναι αρμόδια για την προστασία του πληθυσμού και του περιβάλλοντος τόσο από τις ιοντίζουσες όσο και από τις τεχνητά παραγόμενες μη ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Είναι δηλαδή ο εθνικός φορέας για την ασφαλή χρήση όλων των ειδών ακτινοβολιών. Το Γραφείο Μη Ιοντίζουσών Ακτινοβολιών της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας είναι στελεχωμένο με εξειδικευμένους επιστήμονες σε θέματα μετρήσεων και προστασίας του κοινού από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες και είναι άρτια εξοπλισμένο με σύγχρονα συστήματα για την μέτρηση αυτών. [4]

Όσον αφορά τις θερματικές συσκευές, η ICNIRP έχει θεσπίσει ως όριο για το SAR στο κεφάλι από τα κινητά τηλέφωνα την τιμή 2W ανά χιλιόγραμμο μάζας, όταν λαμβάνεται ο μέσος όρος σε 10 γραμμάρια μάζας συνεχούς ιστού στο κεφάλι για μια περίοδο 6 λεπτών. Αυτό το όριο έχει υιοθετήσει και η Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία, οι βασικοί περιορισμοί είναι αυστηρότεροι, καθώς αντιστοιχούν στο 70% και στο 60% των τιμών της ICNIRP.

Όσον αφορά την Ελληνική Νομοθεσία θα πρέπει να δοθούν οι εξής διευκρινίσεις:

- Στην Κ.Υ.Α με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία εγκατεστημένων κεραιών στην ξηρά» αλλά και στην σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης το πλαίσιο προστασίας προβλέπει βασικούς περιορισμούς και επίπεδα αναφοράς για την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, υιοθετώντας τις κατευθυντήριες γραμμές της Διεθνούς Επιτροπής Προστασίας από Μη Ιοντίζουσες

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακτινοβολίες, ICNIRP. Οι βασικοί περιορισμοί βασίζονται άμεσα σε αποδεδειγμένες επιπτώσεις στην υγεία και σε βιολογικές μελέτες ενώ τα επίπεδα αναφοράς χρησιμοποιούνται για την πρακτική εκτίμηση της έκθεσης προκειμένου να διαπιστωθεί το ενδεχόμενο υπέρβασης των βασικών περιορισμών.

- Οι βασικοί περιορισμοί για την έκθεση του κοινού στα εκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, βασίστηκαν σε όλες τις μέχρι σήμερα αποδεδειγμένες επιδράσεις και έχουν οριστεί με μεγάλους συντελεστές ασφαλείας έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες που υπάρχουν όσον αφορά την ατομική ευαισθησία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και τις διαφορές όσον αφορά την ηλικία και την κατάσταση της υγείας του κοινού. Επίσης πρέπει να υπογραμμιστεί πως τα επίπεδα αναφοράς 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 προβλέπονται για λόγους σύγκρισης με τις τιμές των μετρούμενων μεγεθών όσον αφορά την έκθεση και εάν οι μετρούμενες τιμές είναι μεγαλύτερες από τα επίπεδα αναφοράς, αυτό δεν σημαίνει αυτομάτως και υπέρβαση των βασικών περιορισμών. Στην περίπτωση αυτή, θα εκτιμάται κατά πόσο τα επίπεδα έκθεσης είναι χαμηλότερα από τους βασικούς περιορισμούς.

- Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες που έχουν θεσπίσει από τα αυστηρότερα όρια στην Ευρώπη.

- Δεδομένου του ότι δεν είναι ισοδύναμη η εφαρμογή ενός συντελεστή μείωσης στις τιμές των μεγεθών που αφορούν τα επίπεδα αναφοράς και τους βασικούς περιορισμούς και επειδή η τήρηση των βασικών περιορισμών είναι το ζητούμενο σε κάθε περίπτωση, ενώ τα επίπεδα αναφοράς είναι ουσιαστικά ενδιάμεσα μετρήσιμα μεγέθη που διευκολύνουν πρακτικά τη διαπίστωση της συμμόρφωσης με τους βασικούς περιορισμούς, προκύπτει ότι η εφαρμογή των συντελεστών μείωσης στο 60% και 70% κατά περίπτωση, αφορά αποκλειστικά τα μεγέθη των βασικών περιορισμών. Με αυτόν τον τρόπο, άλλωστε, διασφαλίζεται ότι σε κάθε περίπτωση η μη υπέρβαση των επιπέδων αναφοράς συνεπάγεται και η μη υπέρβαση των βασικών περιορισμών, ενώ η υπέρβαση των επιπέδων αναφοράς, δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη και την υπέρβαση των βασικών περιορισμών. [9]

- Στους πίνακες 2.6 και 2.7 παρουσιάζονται οι βασικοί περιορισμοί, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή των συντελεστών μείωσης 70% και 60%, αντίστοιχα, στους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ' αριθμ.53571/3839/6.9.2000 Κ.Υ.Α. Δεν παρουσιάζονται βασικοί περιορισμοί για συχνότητες μικρότερες από 1 kHz, καθώς δεν υπάρχουν και δεν νοούνται σταθμοί κεραιών που να εκπέμπουν σε τόσο χαμηλές συχνότητες.

- Τα επίπεδα αναφοράς που περιγράφουν εντάσεις πεδίων προκύπτουν έτσι ώστε να τηρούνται οι βασικοί περιορισμοί. Δηλαδή, τα επίπεδα αναφοράς για τα επίπεδα πεδίων προκύπτουν με την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 70% ή 60% (ανάλογα με την περίπτωση), είτε:

- απευθείας στα φυσικά μεγέθη των εντάσεων των πεδίων (δηλαδή στα μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, E , και της έντασης του μαγνητικού πεδίου, H , ή της μαγνητικής επαγωγής, B) όταν πρόκειται για την τήρηση των βασικών περιορισμών που αφορούν επαγόμενα ρεύματα ή ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις ή
- στα τετράγωνα των μεγεθών που περιγράφουν εντάσεις πεδίων (δηλαδή στο τετράγωνο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, E^2 , στο

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών
 τετράγωνο της έντασης του μαγνητικού πεδίου, H^2 , ή της μαγνητικής
 επαγωγής, B^2) και απευθείας στην ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος
 επίπεδου κύματος, S_{eq} , όταν πρόκειται για την τήρηση των βασικών
 περιορισμών που αφορούν θερμικές επιδράσεις.

- Στους πίνακες 2.8 και 2.9 παρουσιάζονται τα επίπεδα αναφοράς για τα επίπεδα πεδίων όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή των συντελεστών μείωσης 70% και 60%, αντίστοιχα, στους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς. Δεν παρουσιάζονται βασικοί περιορισμοί για συχνότητες μικρότερες από 1kHz, καθώς δεν υπάρχουν και δεν νοούνται σταθμοί κεραιών που να εκπέμπουν σε τόσο χαμηλές συχνότητες. Στο σημείο αυτό θα γίνει μια ειδική αναφορά στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10MHz. Για την προστασία του κοινού από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10MHz προβλέπονται βασικοί περιορισμοί τόσο για την πυκνότητα του επαγόμενου ρεύματος όσο και για τους ρυθμούς ειδικής απορρόφησης ενέργειας (SAR) για την πρόληψη από ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις και θερμικές επιδράσεις αντίστοιχα. Τα επίπεδα αναφοράς για την περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10MHz είναι οι ελάχιστες RMS τιμές των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που προκύπτουν ώστε να τηρούνται οι βασικοί περιορισμοί τόσο για τις ηλεκτροδιεγερτικές όσο και τις θερμικές επιδράσεις, θεωρώντας ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενα πεδία. Το επίπεδο αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ορίζεται σε 87V/m σε ότι αφορά τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις και σε $87/\sqrt{f}$ V/m (f σε MHz) σε ότι αφορά τις θερμικές επιδράσεις. Ομοίως, το επίπεδο αναφοράς για την ένταση του μαγνητικού πεδίου ορίζεται σε 5A/m σε ότι αφορά τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις και σε $0.73/f$ A/m (f σε MHz) σε ότι αφορά τις θερμικές επιδράσεις.

Στα παραπάνω επίπεδα αναφοράς δεν έχουν εφαρμοστεί οι συντελεστές μείωσης 60 και 70% που προβλέπονται στον Νόμο 3431. Σε σχέση με την εφαρμογή των συντελεστών αυτών, αναφέρεται ότι εφαρμόζονται ως έχουν στα επίπεδα αναφοράς για τις εντάσεις των πεδίων όταν θεωρούνται οι ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις και με την τετραγωνική τους ρίζα όταν θεωρούνται οι θερμικές επιδράσεις. Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται τα επίπεδα αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E, και την ένταση του μαγνητικού πεδίου H, όπως προκύπτουν από την ΚΥΑ μετά την εφαρμογή των συντελεστών 60% και 70% στους βασικούς περιορισμούς, τα οποία και θα πρέπει να ελέγχονται ταυτόχρονα σε κάθε περίπτωση.

Συντελεστής	Ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις		Θερμικές επιδράσεις	
	E(V/m)	H(A/m)	E(V/m)	H(A/m)
100%	87	5	$87/\sqrt{f}$	$0.73/f$
70%	60.9	3.5	$72.8/\sqrt{f}$	$0.611/f$
60%	52.2	3	$67.4/\sqrt{f}$	$0.565/f$

Πίνακας 2.5-Επίπεδα αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E και την ένταση του μαγνητικού πεδίου H μετά την εφαρμογή των συντελεστών 60% και 70% στους βασικούς περιορισμούς (f σε MHz).

- Στους πίνακες 2.10 και 2.11 παρουσιάζονται τα επίπεδα αναφοράς για τα ρεύματα επαφής στα αγωγάματα σώματα όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή των

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

συντελεστών μείωσης 70% και 60%, αντίστοιχα, στους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς. Δεν παρουσιάζονται βασικοί περιορισμοί για συχνότητες μικρότερες από 1kHz, καθώς δεν υπάρχουν και δεν νοούνται σταθμοί κεραιών που να εκπέμπουν σε τόσο χαμηλές συχνότητες. Το επίπεδο αναφοράς στη ζώνη συχνοτήτων 10MHz-110MHz για το ρεύμα διαμέσου οποιουδήποτε μέλους του σώματος για τον περιορισμό του εντοπισμένου SAR ανά οποιαδήποτε εξάλεπτη περίοδο, καθορίζεται σε 37.6mA για συντελεστή μείωσης 70% και σε 34.9 mA για συντελεστή μείωσης 60%.

• Για τις περιπτώσεις που εξετάζονται κεραιοδιατάξεις που εκπέμπουν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων (π.χ GSM-900 και DCS-1800) ή όταν υπάρχουν γειτονικοί σταθμοί κεραιών και εκπέμπουν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων, τότε θα εφαρμόζονται όσα αναφέρονται στο άρθρο 4 της υπ' αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) ΚΥΑ. Στις συνήθεις περιπτώσεις που όλες οι κεραιοδιατάξεις εκπέμπουν σε συχνότητες μεγαλύτερες από 10 MHz, το άρθρο 4 ικανοποιείται εάν ισχύει η εξής ανισότητα για τον δείκτη έκθεσης πηγών πολλαπλών συχνοτήτων, ΔΕΠΠΣ:

$$\Delta\text{ΕΠΠΣ} = \sum_f \frac{S_f}{S_{f,\text{max}}} \leq 1$$

Όπου S_f η ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος στη συχνότητα f που προσπίπτει στην υπό εξέταση θέση και $S_{f,\text{max}}$ το επίπεδο αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος στη συχνότητα f , μετά την εφαρμογή του κατάλληλου συντελεστή μείωσης. [10]

- Σε ότι αφορά την έκθεση σε πηγές με πολλαπλές συχνότητες ισχύουν τα εξής:
 - Στην περίπτωση συντελεστή μείωσης 70% χρησιμοποιούνται οι τιμές των πινάκων 2.6, 2.8 και 2.10 και οι τιμές για τα a , b , c , d και $I_{L,k}$ που δίνονται στον πίνακα 2.12.
 - Στην περίπτωση συντελεστή μείωσης 60% χρησιμοποιούνται οι τιμές των πινάκων 2.7, 2.9 και 2.11 και τιμές για τα a , b , c , d και $I_{L,k}$ που δίνονται στον πίνακα 2.13.

Διευκρινίζεται ότι οι τιμές των πεδιακών εντάσεων, E και H , που χρησιμοποιούνται στις σχέσεις για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις αφορούν στιγμιαίες τιμές RMS, ενώ οι τιμές των E^2 και H^2 στις σχέσεις για τις θερμικές επιδράσεις αφορούν μέσες τιμές.

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών

Ζώνη Συχνοτήτων	Πυκνότητα ρεύματος (rms) (mA/m ²)	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 (W/m ²)
1kHz-100kHz	f/714	-	-	-	-
100kHz-10MHz	f/714	0.056	1.4	2.8	-
10MHz-10GHz	-	0.056	1.4	2.8	-
10GHz-300GHz	-	-	-	-	7

Πίνακας 2.6 -Βασικοί περιορισμοί στην περιοχή συχνοτήτων 1kHz-300GHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 70%, που ορίζεται στην παράγραφο 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ' αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ (f είναι η συχνότητα σε Hz).

Ζώνη Συχνοτήτων	Πυκνότητα ρεύματος (rms) (mA/m ²)	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 (W/m ²)
1kHz-100kHz	f/833	-	-	-	-
100kHz-10MHz	f/833	0.048	1.2	2.4	-
10MHz-10GHz	-	0.048	1.2	2.4	-
10GHz-300GHz	-	-	-	-	6

Πίνακας 2.7 -Βασικοί περιορισμοί στην περιοχή συχνοτήτων 1kHz-300GHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%, που ορίζεται στην παράγραφο 10 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ' αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ (f είναι η συχνότητα σε Hz).

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μΤ)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επίπεδου κύματος, S_{eq} (W/m ²)
1-3kHz	175/f	3.5	4.375	-
3-174kHz	60.9	3.5	4.375	-
0.174-1.43MHz	60.9	0.61/f	0.77/f	-
1.43-10MHz	72.8/f	0.61/f	0.77/f	-
10-400MHz	23.4	0.061	0.077	1.4
400-2000MHz	1.15f	0.0031f	0.0038f	f/286
2-300GHz	51	0.134	0.167	7

Πίνακας 2.8 -Επίπεδα αναφοράς για τα επίπεδα πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων 1kHz-300GHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 70%, που ορίζεται στην παράγραφο 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ'αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ (f είναι η συχνότητα στις μονάδες Hz, kHz ή MHz που αναγράφονται στη στήλη στη ζώνη συχνοτήτων, στην εκάστοτε γραμμή του πίνακα).

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μΤ)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επίπεδου κύματος, S_{eq} (W/m ²)
1-3kHz	150/f	3	3.75	-
3-188kHz	52.2	3	3.75	-
0.188-1.66MHz	52.2	0.565/f	0.71/f	-
1.66-10MHz	67.3/f	0.565/f	0.71/f	-
10-400MHz	21.7	0.0565	0.071	1.2
400-2000MHz	1.065f	0.00287f	0.00356f	f/333
2-300GHz	47.2	0.124	0.155	6

Πίνακας 2.9 -Επίπεδα αναφοράς για τα επίπεδα πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων 1kHz-300GHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%, που ορίζεται στην παράγραφο 10 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ'αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ (f είναι η συχνότητα στις μονάδες Hz, kHz ή MHz που αναγράφονται στη στήλη στη ζώνη συχνοτήτων, στην εκάστοτε γραμμή του πίνακα).

Ζώνη Συχνοτήτων	Μέγιστο ρεύμα επαφής
1-2.5kHz	0.35
2.5-100kHz	0.14f
0.1-110MHz	14

Πίνακας 2.10 -Επίπεδα αναφοράς για τα ρεύματα επαφής από αγωγή σώματα στην περιοχή συχνοτήτων 1kHz-110MHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 70%, όπως ορίζεται στην παράγραφο 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ'αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ (f είναι η συχνότητα σε kHz).

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών

Ζώνη Συχνοτήτων	Μέγιστο ρεύμα επαφής
1-2.5kHz	0.3
2.5-100kHz	0.12f
0.1-110MHz	12

Πίνακας 2.11 -Επίπεδα αναφοράς για τα ρεύματα επαφής από αγωγή σώματα στην περιοχή συχνοτήτων 1kHz-110MHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%, όπως ορίζεται στην παράγραφο 10 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ'αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ (f είναι η συχνότητα σε kHz).

Παράμετρος	Τιμή
a	60.9V/m
b	3.5A/m (4.375μT)
c	72.8/f V/m
d	0.61/f A/m
I _{L,k}	37.6mA

Πίνακας 2.12 -Τιμές των παραμέτρων του άρθρου 4 της υπ'αριθμ.53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 70%, που ορίζεται στην παράγραφο 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006) (f είναι η συχνότητα σε MHz).

Παράμετρος	Τιμή
a	52.2V/m
b	3A/m (3.75μT)
c	67.4/f V/m
d	0.565/f A/m
I _{L,k}	34.9mA

Πίνακας 2.13 -Τιμές των παραμέτρων του άρθρου 4 της υπ'αριθμ.53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%, που ορίζεται στην παράγραφο 10 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006) (f είναι η συχνότητα σε MHz).

2.4 Επίπεδα αναφοράς ανά ζώνη συχνοτήτων

Γενικά τα επίπεδα αναφοράς για τα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία ανά ζώνη συχνοτήτων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Τα επίπεδα αυτά αναφέρονται στο γενικό πληθυσμό και είναι αυτά που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μΤ)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επίπεδου κύματος, S_{eq} (W/m ²)
0-1 Hz	-	$3.2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
1-8 Hz	10000	$3.2 \cdot 10^4 / f^{1/2}$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	-
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	$1.375 f^{1/2}$ 900-31.9 1800-45.1	$0.0073 f^{1/2}$	$0.0046 \cdot f^{1/2}$	$f/200 \times 0.6$ 900-2.7 1800-5.4
2-300 GHz	61	0.16	0.20	10

Πίνακας 2.14 -Επίπεδα αναφοράς για τα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία ανά ζώνη συχνοτήτων

L1999/519/EC

Κ.Υ.Α. αριθ.53571/3839/6-9-2000, Ν 3431/06 ΦΕΚ
13/Α/3-2-2006)

Σχετικά με τις τιμές του παραπάνω πίνακα ισχύουν τα ακόλουθα:

- Η τιμή του f είναι όπως ορίζεται στη στήλη των συχνοτήτων.
- Για συχνότητες από 100kHz-10GHz, οι τιμές των S_{eq} , E^2 , H^2 και B^2 πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας έξι λεπτών (6min).
- Για συχνότητες μεγαλύτερες από 10GHz, οι τιμές των 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).
- Για συχνότητες από 100kHz-10MHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί 10^a , όπου $a=0.665 \cdot \log(f/10^5)+0.176$, με τη συχνότητα f εκφρασμένη σε Hz. Για συχνότητες από 10MHz-300GHz οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί 32. Για τις συχνότητες που υπερβαίνουν τα 10MHz προτείνεται ο μέσος όρος της S_{eq} σε όλο το εύρος 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[4].

Επίσης παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τα επίπεδα αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος S της Ελληνικής Νομοθεσίας σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων όπως προκύπτουν για συντελεστή μείωσης 70% και 60%.

Περιοχή Συχνοτήτων	Ισοδύναμη Πυκνότητα Ισχύος S _{max} για συντελεστή μείωσης 70% (W/m ²)	Ισοδύναμη Πυκνότητα Ισχύος S _{max} για συντελεστή μείωσης 60% (W/m ²)	Εφαρμογές
10-400MHz	1.4	1.2	ραδιοφωνία FM, επικοινωνίες TETRA, εκπομπές VHF, κ.α.
600MHz	2.1	1.8	ενδεικτικές συχνότητες για εκπομπές TV UHF
800MHz	2.8	2.4	
900MHz	3.15	2.7	κινητή τηλεφωνία GSM-900
1800MHz	6.3	5.4	κινητή τηλεφωνία GSM-1800
2-300GHz	7	6	κινητή τηλεφωνία UMTS, μικροκυματικές ζεύξεις, δορυφορικές επικοινωνίες

Πίνακας 2.15 -Επίπεδα αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος S της Ελληνικής Νομοθεσίας σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων όπως προκύπτουν για συντελεστή μείωσης 70% και 60%

2.5 Βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς ανά χώρα

Οι βασικοί περιορισμοί και τα επίπεδα αναφοράς των διαφόρων χωρών παρατίθενται στους ακόλουθους πίνακες. [11]

Συχνότητα (MHz)	Ηλεκτρικό πεδίο E (V/m)	Πυκνότητα ισχύος (W/m ²)
1-10	$87/f^{1/2}$	-
10-400	28	2
400-2000	$1.375f^{1/2}$	f/200
2000-300000	61	10

Πίνακας 2.16 -Τιμές ορίων για γενικό πληθυσμό σύμφωνα με την ICNIRP

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Χώρα	
Καναδάς	47,56 V/m
ΗΠΑ	47,56V/m
Ιαπωνία	47,55V/m
Αγγλία	41,25V/m
Αυστρία	41,25V/m
Γερμανία	41,25V/m
Ολλανδία	41,25V/m
Ισραήλ	41,25V/m
Γαλλία	41,25V/m
Ισπανία	41,25V/m
Σλοβακία	41,25V/m
Νέα Ζηλανδία	41,25V/m
Σιγκαπούρη	41,25V/m
Κροατία	41,25V/m
Ταϊβάν	41,25V/m
Νότια Κορέα	41,25V/m
Μάλτα	41,25V/m
Νορβηγία	41,25V/m
Πορτογαλία	41,25V/m
Σλοβενία	41,25V/m
Νότιος Αφρική	41,25V/m
Τσεχία	41,25V/m
Αυστραλία	41,25V/m
Σουηδία	41,25V/m
Ελλάδα	32,00V/m
Βέλγιο	20,58V/m
Ρωσία	10,00V/m
Πολωνία	6,67V/m
Βουλγαρία	6,14V/m
Ιταλία	6,00V/m
Ελβετία	3,88V/m
Κίνα	3,00V/m
Σαλζμπουργκ	0,61V/m

Πίνακας 2.17 -Επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διαφόρων χωρών στα 900MHz

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών

Χώρα	
Καναδάς	61,40 V/m
ΗΠΑ	61,40V/m
Ιαπωνία	61,40V/m
Αγγλία	58,33V/m
Αυστρία	58,33V/m
Γερμανία	58,33V/m
Ολλανδία	58,33V/m
Ισραήλ	58,33V/m
Γαλλία	58,33V/m
Ισπανία	58,33V/m
Σλοβακία	58,33V/m
Νέα Ζηλανδία	58,33V/m
Σιγκαπούρη	58,33V/m
Κροατία	58,33V/m
Ταϊβάν	58,33V/m
Νότια Κορέα	58,33V/m
Μάλτα	58,33V/m
Νορβηγία	58,33V/m
Πορτογαλία	58,33V/m
Σλοβενία	58,33V/m
Νότιος Αφρική	58,33V/m
Τσεχία	58,33V/m
Αυστραλία	58,33V/m
Σουηδία	58,33V/m
Ελλάδα	46,18V/m
Βέλγιο	29,18V/m
Ρωσία	10,00V/m
Πολωνία	6,67V/m
Βουλγαρία	6,14V/m
Ιταλία	6,00V/m
Σάλζμπουργκ	0,61V/m

Πίνακας 2.18 - Επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διαφόρων χωρών στα 1800MHz

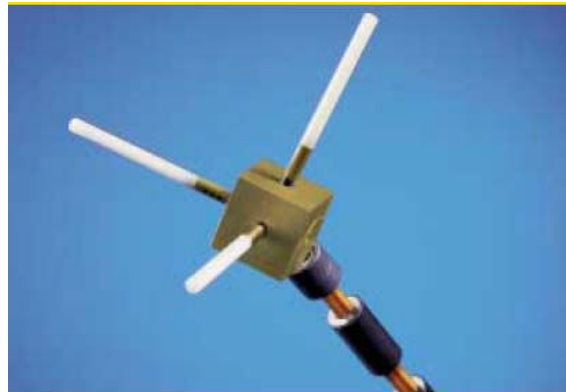
Κεφάλαιο 3

3 Μεθοδολογία μετρήσεων επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

3.1 Μετρήσεις με επιλεκτικό μετρητή ακτινοβολίας SRM-3000

Η μονάδα μετρήσεων, με την οποία είναι συμβατό το σύστημα, είναι η SRM – 3000 (Selective Radiation Meter), της Narda Safety Test Solutions. Ο επιλεκτικός μετρητής ακτινοβολίας SRM – 3000 είναι μια φορητή μετρητική συσκευή που χρησιμοποιείται για ανάλυση ασφαλείας των ραδιοκυμάτων και των μικροκυματικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

Η συσκευή SRM αποτελείται από ένα αναλυτή φάσματος (100 kHz – 3 GHz) και μια ισοτροπική κεραία μέτρησης (probe) η οποία χρησιμοποιεί 3 κάθετα μεταξύ τους δίπολα. Το ισοτροπικό probe (κεραία μέτρησης) του SRM μετράει σε 3 κάθετους άξονες ταυτόχρονα.

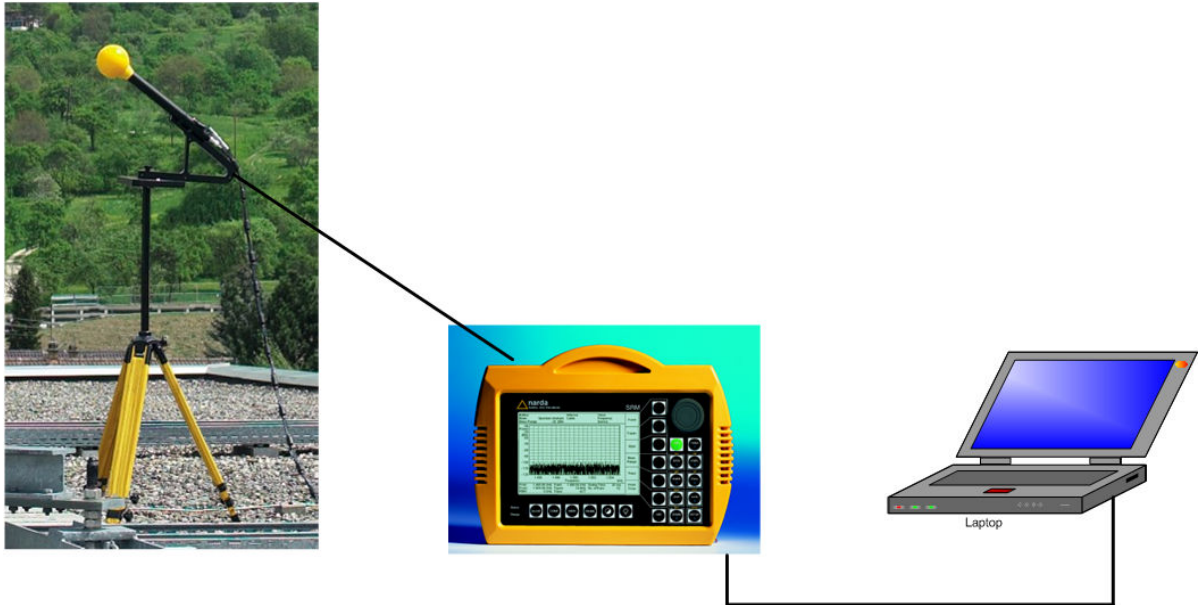


Εικόνα 3.1- Κεραία μέτρησης της συσκευής SRM

Η συσκευή SRM μπορεί να υπολογίσει αποτελέσματα που αφορούν

- Επίπεδο της έντασης του πεδίου ή ποσοστό του επιτρεπτού επιπέδου έκθεσης
 - είτε από μία πηγή ή κανάλι
 - είτε από λίστα πολλών πηγών ή καναλιών
- Τη συνεισφορά κάθε δεδομένης τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας
- Τη συνεισφορά από όλες τις υπηρεσίες και το ποσοστό τους στην συνολική έκθεση

Τα αποτελέσματα μέτρησης παρουσιάζονται σε μονάδες έντασης πεδίου, πυκνότητας ισχύος ή ποσοστού του επιτρεπτού ορίου.

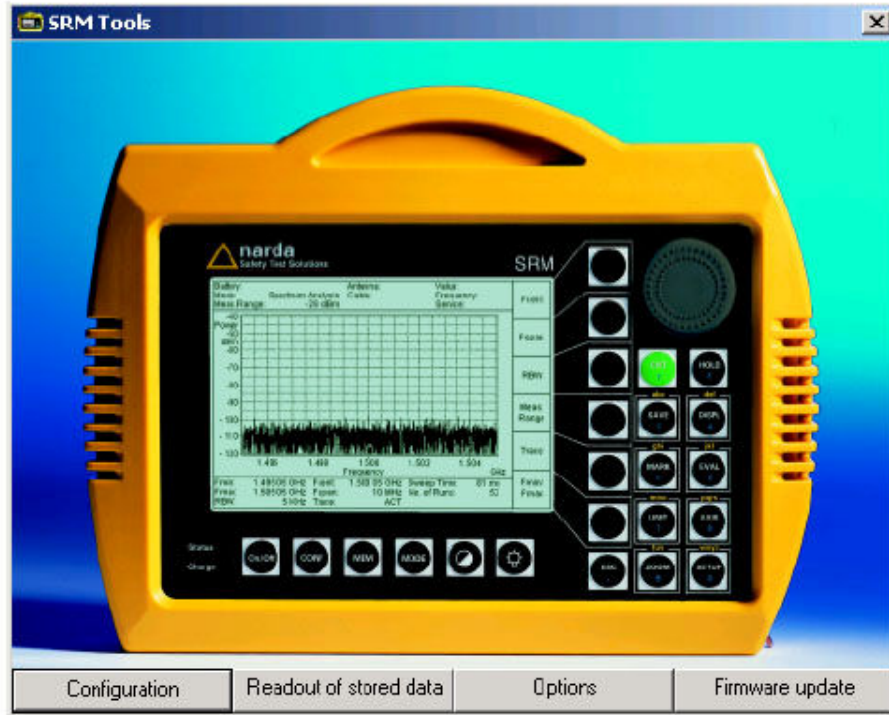


Εικόνα 3.2- Διάταξη Μετρήσεων

Η κεραία τριών αξόνων εγκαθίσταται σε ένα ξύλινο τρίποδο και συνδέεται με την κύρια μονάδα του SRM μέσω καλωδίου. Η αποθήκευση της σειράς μετρήσεων και άλλων δεδομένων για όλες τις θέσεις μέτρησης πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ενός φορητού υπολογιστή.

3.1.1 Ρύθμιση παραμέτρων συσκευής SRM μέσω λογισμικού προγράμματος

Το λογισμικό πρόγραμμα “SRM-Tools” είναι ένα ανεξάρτητο λογισμικό που παρέχεται από την εταιρεία κατασκευής της συσκευής SRM, εγκαθίσταται σε υπολογιστή με λειτουργικό WINDOWS95® ή και νεότερης έκδοσης και επιτρέπει τη ρύθμιση των παραμέτρων της συσκευής μέσω υπολογιστή.



Εικόνα 3.3- SRM Tools

Οι λειτουργίες που υλοποιούνται μέσω του λογισμικού είναι:

- Παραμετροποίηση της συσκευής SRM-3000
- Λήψη αποθηκευμένων δεδομένων από την συσκευή
- Ενεργοποίηση καταστάσεων λειτουργίας /χαρακτηριστικών
- Αναβάθμιση λογισμικού

Παραμετροποίηση Συσκευής SRM 3000

Οι λειτουργίες που καλύπτονται από τη συγκεκριμένη δυνατότητα είναι

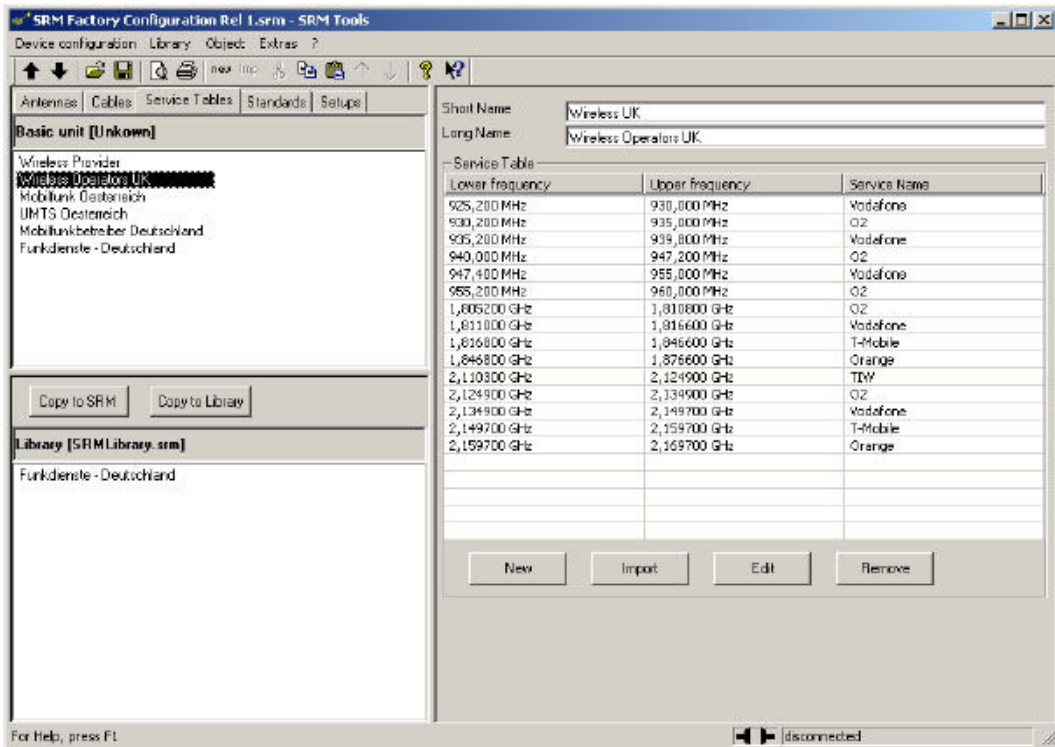
- Δημιουργία ενός προφίλ συγκεκριμένων ρυθμίσεων - λειτουργιών
- Μεταφορά του προφίλ από τον υπολογιστή στη συσκευή
- Μεταφορά ενός προφίλ λειτουργιών από τη συσκευή στον υπολογιστή

Το λογισμικό “SRM – Tools” παρέχει ακόμη τις εξής δυνατότητες:

- Εισαγωγή και διαχείριση μέχρι και 20 λιστών “Antenna Factor” για κεραίες που δεν είναι της εταιρείας κατασκευής της συσκευής (Narda). Οι παράμετροι “Antenna Factor” για τις κεραίες της κατασκευάστριας εταιρείας δεν χρειάζεται να εισαχθούν διότι το SRM-3000 τις αναγνωρίζει αυτόματα κατά της σύνδεση.
- Εισαγωγή και διαχείριση μέχρι και 20 πινάκων “cable loss” για καλώδια που δεν είναι ης εταιρείας κατασκευής της συσκευής (Narda). Οι παράμετροι “cable loss” για καλώδια της κατασκευάστριας εταιρείας δεν χρειάζεται να εισαχθούν διότι το SRM-3000 τις αναγνωρίζει αυτόματα κατά της σύνδεση.
- Εισαγωγή και διαχείριση μέχρι και 20 πινάκων υπηρεσιών.

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών

- Εισαγωγή και διαχείριση μέχρι και 20 πινάκων κυψελών
- Διαχείριση προτύπων ασφαλείας (πχ. IEEE, FCC, ICNIRP, BGV B11, Ö NORM, Safety Code 6).
- Διαχείριση μέχρι και 20 προκαθορισμένων ρυθμίσεων συσκευής.
- Διαχείριση και αποθήκευση όλων των ρυθμίσεων των βιβλιοθηκών της συσκευής.



Εικόνα 3.4- SRM Tools

Λήψη αποθηκευμένων δεδομένων από την συσκευή

Όλα τα αποτελέσματα και τα δεδομένα που αποθηκεύονται στη συσκευή SRM – 3000 μπορούν να μεταφερθούν στον υπολογιστή μέσω του λογισμικού “SRM - Tools”. Μέσω του λογισμικού παρέχονται οι εξής δυνατότητες:

- Μεταφορά όλων ή και επιλεγμένων αποθηκευμένων αποτελεσμάτων / δεδομένων σε μορφή “text” ή “CSV” στον υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία μέσω άλλων προγραμμάτων (πχ. Microsoft EXCEL®)
- Εκτύπωση αποτελεσμάτων σε μορφή περίληψης

Απομακρυσμένη Διαχείριση της Συσκευής

Όλες οι λειτουργίες της συσκευής είναι δυνατόν να ελεγχθούν απομακρυσμένα μέσω του λογισμικού και τη χρήση ενός υπολογιστή με σειριακή διεπαφή.

3.1.2 Προετοιμασία μετρητικού εξοπλισμού πριν τη χρήση

Πριν την υλοποίηση μετρήσεων με τη χρήση του SRM-3000 πρέπει να ελέγχονται τα κάτωθι:

- Έλεγχος των Πινάκων Συχνοτήτων της συσκευής
- Έλεγχος των καλωδίων που συνδέουν τα probes με την κυρίως συσκευή
- Έλεγχος ότι η συσκευή είναι κλειστή όταν θα συνδέεται το καλώδιο της συσκευής στο probe
- Έλεγχος ότι το probe είναι στερεωμένο στο τρίποδο σωστά
- Έλεγχος ότι η συσκευή είναι σωστά συνδεδεμένη με τον υπολογιστή
- Έλεγχος ότι οι μπαταρίες είναι ικανοποιητικά φορτισμένες για το χρονικό διάστημα που απαιτεί η συγκεκριμένη μέτρηση.

Όταν γίνεται εκκίνηση της συσκευής (συσκευή ON), αρχικά γίνεται εσωτερικός έλεγχος από την ίδια τη συσκευή της λειτουργικότητας των επιμέρους συστημάτων – λειτουργιών. Όταν λειτουργία εσωτερικού ελέγχου ολοκληρωθεί με επιτυχία, η συσκευή είναι έτοιμη προς χρήση.

Στην περίπτωση που εμφανιστεί κάποιο σφάλμα κατά τη διάρκεια εσωτερικού ελέγχου, η διαδικασία εκκίνησης της συσκευής διακόπτεται και ο αντίστοιχος ενδεικτικός κωδικός του σφάλματος εμφανίζεται στην οθόνη.

3.1.3 Εγκατάσταση μετρητικής διάταξης

Το πρώτο βήμα στην διαδικασία εκτέλεσης μετρήσεων είναι η εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης. Η θέση εγκατάστασης παίζει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του ηλεκτρομαγνητικού υπόβαθρου της υπό εξέταση περιοχής, καθώς πρέπει να είναι ανοιχτή και να μην παρεμποδίζεται από φυσικά στοιχεία (βουνά) ή ανθρώπινες κατασκευές (κτίρια). Συνεπώς, βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της θεωρητικής μελέτης επιλέγονται αρχικά κάποια πιθανά σημεία εγκατάστασης της μετρητικής διάταξης. Στη συνέχεια, κατόπιν αυτοψίας στα πιθανά αυτά σημεία (πιθανή ύπαρξη προσωρινών εμποδίων, περιφράξεων, κλπ), γίνεται επιλογή ενός ή περισσότερων σημείων εγκατάστασης της μετρητικής διάταξης. Το πλήθος των σημείων μέτρησης καθορίζεται τόσο με βάση τις απαιτήσεις του πελάτη (ακρίβεια μέτρησης), όσο και με τη μορφολογία του εδάφους.

Κατά την εγκατάσταση του μετρητικού συστήματος στο χώρο διεξαγωγής των μετρήσεων λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

3.2 Διεξαγωγή μετρήσεων

Για την πραγματοποίηση μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικού υποβάθρου - μη ιονίζουσας ακτινοβολίας με χρήση εξοπλισμού SRM-3000 πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η βασική μονάδα του SRM περιλαμβάνει τον αναλυτή φάσματος με την RF είσοδο, τον επεξεργαστή ελέγχου και μετρήσεων, τα πληκτρολόγια εισόδου εντολών καθώς και την οθόνη προβολής αποτελεσμάτων. Όλες οι διαδικασίες και παράμετροι μετρήσεων εισάγονται από τα πληκτρολόγια (softkeys) ή με το thumbwheel.

Το SRM υπολογίζει τα αποτελέσματα ως εξής:

- Επίπεδα έντασης πεδίου ή ποσοστό επί των επιτρεπτών ορίων έκθεσης μίας πηγής ή ένας διαύλου ή ενός πίνακα πηγών ή διαύλων
- Συνεισφορά από συγκεκριμένη τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία
- Συνεισφορά από όλες τις υπηρεσίες και το ποσοστό συνεισφοράς κάθε υπηρεσίας στο ολικό πεδίο.

Το SRM αυτόματα αναγνωρίζει τις κάτωθι πληροφορίες

- **Τον συντελεστή κεραίας (Antenna factor) για την μετατροπή της τάσης στην έξοδο του probe σε τιμές έντασης πεδίου.**

Μέσω ενός ειδικού καλωδίου ελέγχου, το SRM αναγνωρίζει αυτόματα τους συντελεστές διόρθωσης μέσω μίας μνήμης EEPROM που βρίσκεται μέσα στον αισθητήρα. Αν ο αισθητήρας είναι συνδεδεμένος με τη βασική μονάδα μέσω καλωδίου επέκτασης της Narda, τότε το SRM θα αναγνωρίσει και στην περίπτωση αυτή τους παράγοντες απωλειών αυτόματα, μέσω μίας παρόμοιας EEPROM των καλωδίων. Για αισθητήρες και καλώδια άλλων κατασκευαστών, ο χρήστης μπορεί να εισάγει τους σχετικούς παράγοντες διόρθωσης (παράγοντας κεραίας, απώλειες καλωδίων) μέσω του ειδικού λογισμικού και να τους μεταφέρει στη συνέχεια στο όργανο μέσω της σειριακής θύρας. Στη συνέχεια ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει τον τύπο του αισθητήρα ή/και του καλωδίου που χρησιμοποιεί από το μενού ρυθμίσεων.

- **Όρια έκθεσης από διεθνείς συστάσεις ασφαλείας (Exposure limits from common safety guidelines and standards)**

Τα όρια έκθεσης αποθηκεύονται μέσα στο όργανο και μπορούν εύκολα να επιλεγούν μέσω ενός απλού μενού. Αν ο χρήστης επιθυμεί να ενημερώσει το όργανο με άλλα όρια, μπορεί να τα εισάγει μέσω του σχετικού λογισμικού.

- **Κατανομή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Assignment of telecom services to frequency bands)**

Ο χρήστης μπορεί να εισάγει μέσω του σχετικού λογισμικού σε ειδικού πίνακες όσες υπηρεσίες τον ενδιαφέρουν (π.χ. GSM 900). Κάθε υπηρεσία αντιστοιχείται σε μία ζώνη συχνοτήτων. Ο χρήστης ορίζει το κάτω και το άνω όριο κάθε ζώνης. Στο τέλος η λίστα των υπηρεσιών φορτώνεται στο όργανο μέσω της σειριακής θύρας.

3.2.1 Μετρήσεις με την χρήση του τριαξονικού probe της NARDA

Οι μετρήσεις δίνουν αυτόματα ισοτροπικά αποτελέσματα. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να γίνουν με τους εξής τρεις τρόπους:

- Ο αισθητήρας συνδεδεμένος απευθείας με την βασική μονάδα. Με αυτή τη συνδεσμολογία πραγματοποιούνται μετρήσεις σε όλο το φάσμα συχνοτήτων της ζώνης των κινητών τηλεπικοινωνιών. Το SRM είναι ιδανικό για μετρήσεις σε ιστούς κεραιών όπου είναι εξαιρετικά δύσκολη η διεξαγωγή μετρήσεων στενής ζώνης.
- Ο αισθητήρας συνδεδεμένος με την βασική μονάδα μέσω καλωδίου. Με αυτή τη συνδεσμολογία είναι δυνατός ο έλεγχος μίας περιοχής για την εύρεση του σημείου με την υψηλότερη ένταση ηλεκτρικού πεδίου. Είναι επίσης δυνατό να κρεμαστεί η βασική μονάδα μέσω ενός λουριού και ο αισθητήρας να συγκρατείται με το χέρι.
- Ο αισθητήρας τοποθετημένος πάνω στο τρίποδο και συνδεδεμένος με την βασική μονάδα μέσω καλωδίου. Η συνδεσμολογία αυτή παράγει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα εφόσον το μετρούμενο πεδίο δεν επηρεάζεται από την παρουσία της βασικής μονάδας ή του ανθρώπου.

3.2.2 Μετρήσεις με την χρήση probes από άλλους κατασκευαστές

Είναι δυνατό να γίνουν μετρήσεις με κεραίες ή probe από άλλους κατασκευαστές. Στην περίπτωση αυτή οι κεραίες θα μετρούν μόνο σε ένα άξονα με συνέπεια οι μετρήσεις να είναι κατευθυντικές. Τότε για την εύρεση της κατεύθυνσης μέγιστης εκπομπής μπορεί να περιστρέφεται η κεραία με το χέρι και να εντοπίζεται η κατεύθυνση μεγίστου. Το SRM μπορεί να μετρήσει με κατευθυντική κεραία και τους τρεις άξονες. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται η ειδική βάση που τοποθετείται πάνω στο τρίποδο στην οποία είναι σημειωμένες οι κατευθύνσεις x, y και z. Το SRM αποθηκεύει τα αποτελέσματα για κάθε άξονα x, y, και z και στην συνέχεια υπολογίζεται η ένταση πεδίου.

3.2.3 Λίστα λειτουργιών

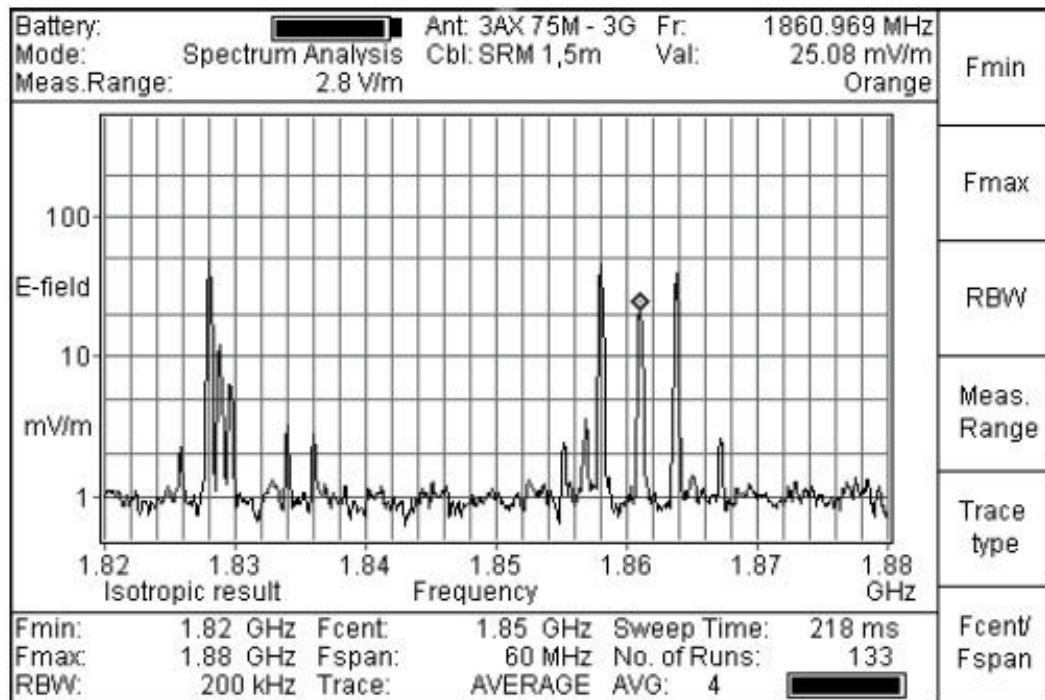
Καθώς το SRM-3000 έχει κατασκευαστεί για καθημερινή χρήση, διαθέτει ένα πλήθος γενικών και ειδικών λειτουργιών που προορίζονται για τις κυριότερες εφαρμογές που ενδιαφέρουν τους περισσότερους χρήστες και είναι οι ακόλουθες:

➤ Φασματική Ανάλυση (Spectrum Analysis Mode)

Σε περιβάλλοντα πολλών συχνοτήτων, η λειτουργία της «Φασματικής Ανάλυσης» (Spectrum Analysis mode) παρέχει μία γενική εικόνα όλων των

Εργαστήριο Κινητών Τηλεπικοινωνιών
 φασματικών συνιστωσών και των αντίστοιχων τιμών της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Ο χρήστης πρέπει απλά να διαλέξει το εύρος της φασματικής ζώνης που επιθυμεί να μετρήσει. Το SRM μπορεί να δεχθεί φασματικές ζώνες που βρίσκονται εντός της φασματικής ζώνης που καλύπτει ο συνδεδεμένος αισθητήρας. Στην οθόνη του SRM απεικονίζεται το φάσμα και με τη χρήση ενδεικτών (markers) μπορεί να εκτιμηθεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Επίσης υπάρχουν πίνακες που παρουσιάζουν όλες τις τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που ξεπερνούν ένα καθορισμένο όριο και τις αντίστοιχες συχνότητες.

Ένα ειδικό χαρακτηριστικό είναι και η ικανότητα ολοκλήρωσης σε μία επιθυμητή ζώνη συχνοτήτων. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να απεικονίζει την ισχύ ενός καναλιού εκπομπής με εύρος ζώνης μεγαλύτερο από το Resolution Bandwidth (RBW) της μέτρησης.



Εικόνα 3.5- Η λειτουργία της Φασματικής Ανάλυσης είναι χρήσιμη για την αναγνώριση των πηγών μέσα σε ένα εύρος συχνοτήτων

➤ **Εκτίμηση ασφάλειας (Safety Evaluation Mode)**

Σε αυτή τη λειτουργία, το SRM απεικονίζει τα αποτελέσματα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε μορφή πινάκων, έχοντας καταναίμει το συνολικό αποτέλεσμα στις ανεξάρτητες πηγές ακτινοβολίας. Επίσης απεικονίζεται και η συνολική έκθεση. Οι ζώνες συχνοτήτων για κάθε υπηρεσία είναι ρυθμιζόμενες από το χρήστη. Τα αποτελέσματα μπορούν να απεικονίζονται ως ποσοστά ενός ορίου έκθεσης ή ως απόλυτες τιμές σε V/m ή A/m ή W/m² ή mW/cm². Η λειτουργία αυτή παρέχει στο

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

χρήστη μία εύκολη και άμεση εκτίμηση της συνεισφοράς των ανεξάρτητων πηγών (υπηρεσιών) στη συνολική ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο στην περίπτωση εκείνη που πολλοί πάροχοι μοιράζονται τον ίδιο χώρο για τις κεραίες εκπομπής.

Battery: ██████████		Ant: 3AX75M - 3G Funkdienste D		Sel. first service
Mode: Safety Evaluation		Cbl: SRM 1,5m		
Meas.Range: 20 %		Std: ICNIRP Pub		
				Sel. last service
Service	Value	Frequency		Sel. all service
UKW	0.02128 %	87.500 MHz to 108.000 MHz		
Band II/DAB	0.01647 %	174.000 MHz to 230.000 MHz		
Band IV/V/DTVB	0.03157 %	470.000 MHz to 790.000 MHz		
GSM 900	0.22253 %	890.000 MHz to 960.000 MHz		
GSM 1800	14.53 %	1710.000 MHz to 1880.000 MHz		
UMTS	0.01499 %	1920.000 MHz to 2170.000 MHz		
Others	0.12204 %			Meas. Range
Total	14.96 %	87.500 MHz to 2170.000 MHz		Trace type
Isotropic result				
Fmin:	87.5 MHz	Process Time: 1.386 s		
Fmax:	2.17 GHz	No. of Runs: 33		
RBW:	5 MHz(Auto)	Trace: ACT		

Εικόνα 3.6- Η λειτουργία της «Εκτίμηση Έκθεσης» επιτρέπει τη σύγκριση των συνεισφορών διαφορετικών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών με τη συνολική ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Εδώ τα αποτελέσματα είναι στη μορφή ποσοστού επί των επιτρεπτών ορίων έκθεσης

Το SRM απεικονίζει τα αποτελέσματα ως ποσοστά επί των εκάστοτε ορίων έκθεσης. Η λειτουργία αυτή βασίζεται στη «Φασματική λειτουργία» (spectrum analysis mode) και ακολουθείται από ολοκλήρωση σε συγκεκριμένες φασματικές ζώνες. Η διαδικασία μετρήσεων είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Το SRM μετράει όλο το εύρος συχνοτήτων για κάθε επιλεγμένη υπηρεσία και ρυθμίζει αυτόματα το Resolution Bandwidth (RBW) ώστε να ταιριάζει με το μικρότερο φασματικό εύρος που πρόκειται να μετρηθεί. Αποθηκεύει τις απόλυτες τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου από τις επιλεκτικές μετρήσεις καθώς και τα αντίστοιχα όρια έκθεσης. Η ολοκλήρωση σε όλες τις φασματικές ζώνες για τις ανεξάρτητες υπηρεσίες, παρέχει την συνεισφορά. Το SRM ομαδοποιεί τις φασματικές ζώνες μεταξύ των επιλεγμένων υπηρεσιών ως ‘Others’ και τις συμπεριλαμβάνει στο τελικό συγκεντρωτικό αποτέλεσμα.

➤ **Λειτουργία Αποδιαμόρφωσης UMTS P-CPICH (Προαιρετική)**

Στη λειτουργία αυτή, το SRM μπορεί να αποκωδικοποιήσει τα πιλοτικά κανάλια “Primary common pilot (P-CPICH)” κάθε κυψέλης UMTS που ανιχνεύεται για εύρος ζώνης 5 MHz.

Battery: <input type="checkbox"/> Ant.: PCD 8250					Fcent
Mode: UMTS P-CPICH Dem. Cbl.: CFG-WA12					
Meas. Range: 0.1 % (Auto) Std.: ICNIRP OCC					
Index	Scr. Code	Value	Max. Value	Cell Name	Table Reset
1	232	< 0.000 000 1 %	0.000 000 5 %	Pfullingen Ost1	
2	1423	12.78 %	34.56 %	Pfullingen Ost3	
3	4535	0.023 5 %	0.123 5 %	Eningen Mitte1	
					Max. Reset
					Meas. Range
					Result Type
Total		12.91 %	34.62 %		
Analog		8.56 %	21.23 %		
Extr. Fact.: 16.4		Isotropic Result		OVERDRIVE	
		Fcent:	2.164 8 GHz	Process Time:	413 ms
			T-Mobile UMTS	No. of Runs:	11 234
		Result:	AVERAGE	AVG: 64	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 3.7- Η επιλογή «Αποδιαμόρφωση UMTS P – CPICH» επιτρέπει στο SRM-3000 να αποκωδικοποιήσει τα πιλοτικά κανάλια P – CPICH που περιέχονται σε εύρος ζώνης 5 MHz και έτσι να συσχετίσει τις μετρούμενες τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου με τα αντίστοιχα κανάλια

Το όργανο παρέχει τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα σύμφωνα με τους κωδικούς scrambling που χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίσουν κάθε κυψέλη. Το SRM απεικονίζει τα αποτελέσματα ως ποσοστά μίας τιμής ορίου ή σε απόλυτες τιμές σε V/m ή A/m ή W/m² ή mW/cm². Εκτός από το άθροισμα των εντάσεων ηλεκτρικού πεδίου των αποδιαμορφωμένων σημάτων (Total), το SRM υπολογίζει την πραγματική συνολική αναλογική ισχύ του καναλιού UMTS (Analog).

Για κάθε κυψέλη, το SRM απεικονίζει ταυτόχρονα τις τρέχουσες τιμές (Value) και τις μέγιστες τιμές από την τελευταία φορά που έγινε “Reset”. Στη συνέχεια εφαρμόζει έναν παράγοντα προσέγγισης – που καθορίζεται από τον χρήστη – τόσο στα επιμέρους όσο και στα συνολικά αποτελέσματα των μετρήσεων. Έτσι υπολογίζονται οι τιμές για την χειρότερη περίπτωση, οι οποίες θα εμφανίζονταν αν

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

όλα τα κανάλια που μεταφέρουν κίνηση (traffic channels) λειτουργούσαν στο μέγιστο φορτίο τους.

Η επιλογή καναλιού UMTS γίνεται δίνοντας την κεντρική συχνότητα ή τον αριθμό του καναλιού. Για μία γρήγορη και εύκολη αναγνώριση των διαφόρων κωδικών scrambling, μπορούν να επιλεγούν πίνακες με ονόματα κυψελών που έχουν εισαχθεί από τον χρήστη. Σε κάθε κώδικα μίας κυψέλης πρέπει να έχει αντιστοιχηθεί ένα όνομα.

3.3 Καθορισμός κρίσιμων περιοχών

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξάγονται και της επεξεργασίας τους, εντοπίζονται οι κρίσιμες περιοχές, δηλαδή οι περιοχές όπου οι μετρηθείσες τιμές πεδίου (προϋπάρχον ηλεκτρομαγνητικό υπόβαθρο) προσεγγίζουν ή υπερβαίνουν τα όρια ασφαλείας (που θέτουν οι ισχύουσες προδιαγραφές).

Στη συνέχεια, επαναλαμβάνεται η διαδικασία εντοπισμού τέτοιων περιοχών, με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης για το ηλεκτρομαγνητικό υπόβαθρο στο χώρο εκτέλεσης των μετρήσεων, όπου όμως λαμβάνεται υπόψη και η επιβάρυνση του υποβάθρου - μη ιονίζουσας ακτινοβολίας λόγω της πιθανής εγκατάστασης πρόσθετων πηγών ακτινοβολίας στο χώρο των μετρήσεων (π.χ. Radar).

Σε περίπτωση που στο χώρο διεξαγωγής των μετρήσεων (ή σε μικρή απόσταση) πρόκειται να εγκατασταθούν πηγές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και επιπλέον στο χώρο αυτό κατοικούν άνθρωποι ή στις εγκαταστάσεις αυτές θα απασχολείται μόνιμα ανθρώπινο δυναμικό, τότε προτείνεται η διεξαγωγή πρόσθετων μετρήσεων, μετά την εγκατάσταση και τη λειτουργία των νέων πηγών. Προκειμένου για τις μετρήσεις στον ίδιο χώρο, θα διερευνηθεί η αναγκαιότητα υιοθέτησης διαφορετικής μετρητικής μεθοδολογίας, που θα λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι η περιοχή μετρήσεων θα βρίσκεται στο «εγγύς πεδίο» των κεραιών εκπομπής.

Σε κάθε περίπτωση, στο παραδοτέο κείμενο της μελέτης διευκρινίζεται ότι τόσο για τους θεωρητικούς υπολογισμούς, όσο και για την επεξεργασία των μετρήσεων, έγιναν οι δυσμενέστερες παραδοχές (worst case scenario) ώστε τα αποτελέσματα που προκύπτουν να δίνουν μια «υπερτιμημένη» εκτίμηση του ηλεκτρομαγνητικού υποβάθρου - μη ιονίζουσας ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι, υπό οποιοσδήποτε συνθήκες, το ηλεκτρομαγνητικό υπόβαθρο στις περιοχές οι οποίες δεν χαρακτηρίζονται κρίσιμες, δεν υπερβαίνει τα όρια που θέτουν οι ισχύουσες προδιαγραφές.

Κεφάλαιο 4

4 Λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος

4.1 Ορισμός λειτουργικών απαιτήσεων

Ως λειτουργικές απαιτήσεις (**functional requirements**) ενός συστήματος στην Τεχνολογία Λογισμικού ορίζονται οι απαιτήσεις για το ποια θα είναι η λειτουργικότητα του συστήματος λογισμικού, κοινώς «τι κάνει το σύστημα». Ορίζουν, λοιπόν, τον λόγο ύπαρξης του συστήματος.

Σκοπός της διπλωματικής είναι να αναπτυχθεί ένα σύστημα λογισμικού που θα αυτοματοποιεί και θα αρχειοθετεί – οργανώνει την μέτρηση έντασης ηλεκτρικού πεδίου σε Geographical Information System (**GIS**) με χρήση επιλεκτικού μετρητή ακτινοβολίας.

Οι δυνατότητες που παρέχει το σύστημα στον χρήστη θα αναλυθούν με τις **περίπτώσεις χρήσης** (use cases) του συστήματος.

4.1.1 Ορισμός Περίπτωσης χρήσης (use case)

Μια περίπτωση χρήσης ορίζει και περιγράφει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους Δράστες (χρήστες) του συστήματος και συγκεκριμένα σημεία της εφαρμογής (υπηρεσίες του συστήματος). Δηλαδή μια περίπτωση χρήσης περιγράφει *συστηματικά* και *μεθοδικά* πως μια εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία σεναρίων. Πολλές περιπτώσεις χρήσεις καλύπτουν τελικά όλες τις απαιτήσεις και την επιθυμητή συμπεριφορά της εφαρμογής. Έχουμε σενάρια τα οποία είναι σενάρια ομαλής λειτουργίας του συστήματος, και παθολογικά σενάρια που ορίζουν ακραίες και μη ομαλές καταστάσεις του συστήματος. Το σύστημα θα υλοποιηθεί ούτως ώστε τα παθολογικά σενάρια να **μην** είναι δυνατά σενάρια χρήσης, δηλαδή το σύστημα, με κατάλληλους ελέγχους στις εισόδους του χρήστη (και τα απαραίτητα ενημερωτικά, σε περίπτωση λάθους εισόδου, μηνύματα προς τον χρήστη) δεν επιτρέπει, να εισαχθούν μη αποδεκτές εισόδους.

4.1.2 Περίπτωση χρήσης: είσοδος καινούργιου μηχανικού (χρήστη του συστήματος)

Σκοπός: να εισαχθεί ένας καινούργιος μηχανικός, με τα στοιχεία του, στην βάση δεδομένων του συστήματος, ώστε να μπορεί ο ίδιος να χειρίζεται το σύστημα, εφόσον θα του δοθεί username και password. Επίσης, ο καινούργιος μηχανικός θα μπορεί να τεθεί ως επιβλέπων μηχανικός κατά την εισαγωγή νέων μετρήσεων.

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει 'χειρισμό μηχανικών'
3. επιλέγει 'νέος χρήστης'
4. εισάγει τα στοιχεία του νέου χρήστη – μηχανικού
5. επιλέγει αποθήκευση
6. επικυρώνει τον κωδικό που θα ανατεθεί στον χρήστη

4.1.3 Περίπτωση χρήσης: αλλαγή στοιχείων μηχανικού

Σκοπός: να γίνουν αλλαγές στα στοιχεία ενός μηχανικού. Για να αποθηκευθούν οι αλλαγές, πρέπει να επικυρωθεί ο κωδικός χρήστη. Το σύστημα, για την ασφάλεια των στοιχείων δεν επιτρέπει την διαγραφή μηχανικού σε κάθε περίπτωση. Αν κρυθεί απαραίτητη η διαγραφή ενός μηχανικού, πρέπει να πραγματοποιηθεί από τον διαχειριστή του συστήματος απευθείας στην βάση δεδομένων.

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει 'χειρισμό μηχανικών'
3. πραγματοποιεί τις αλλαγές των στοιχείων που επιθυμεί
4. επιλέγει αποθήκευση
5. επικυρώνει τον κωδικό του μηχανικού, του οποίου τα στοιχεία άλλαξε

4.1.4 Περίπτωση χρήσης: είσοδος καινούργιων μετρήσεων

Σκοπός: να αρχειοθετηθούν οι μετρήσεις από τη διεξαγωγή μετρήσεων την οποία διεκπεραίωσε ένας μηχανικός.

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει 'εισαγωγή μετρήσεων'
3. εισάγει τα γενικά στοιχεία που αφορούν τις μετρήσεις ως σύνολο (υπεύθυνος μηχανικός, αναθέτουσα αρχή, ημερομηνία διεξαγωγής, κλπ.)
4. εισάγει, αν επιθυμεί, τα GIS δεδομένα, είτε από μετρήσεις που έγιναν με χρήση συσκευή GPS στο σημείο μέτρησης, είτε με επιλογή του σημείου από χάρτη
5. εισάγει της επιμέρους μετρήσεις που έγιναν, από τα αρχεία μετρήσεων που έχουν φορτωθεί στον υπολογιστή

4.1.5 Περίπτωση χρήσης: εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων

Σκοπός: να βρεθούν ήδη εισαχθέντες μετρήσεις

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει 'εύρεση μετρήσεων'
3. αναζητά τα γενικά στοιχεία των μετρήσεων είτε γραμμικά (ένα προς ένα), είτε εισάγοντας το όνομα του υπεύθυνου για αυτές τις μετρήσεις μηχανικού, είτε εισάγοντας την ημερομηνία διαξαγωγής των μετρήσεων
4. εαν επιθυμεί, βλέπει τις επιμέρους μετρήσεις

4.1.6 Περίπτωση χρήσης: εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων μέσω χάρτη

Σκοπός: να βρεθούν ήδη εισαχθέντες μετρήσεις με την χρήση χάρτη

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. ο κεντρικός χάρτης θα βρίσκεται στο κεντρικό παράθυρο του συστήματος, οπότε επιλέγει την περιοχή στην οποία έχει γίνει η μέτρηση και κάνει zoom στον χάρτη
3. βλέπει κάποια γενικά στοιχεία για την μέτρηση, αλλά και την ένταση ηλεκτρικού πεδίου που παρουσίασαν οι επιμέρους μετρήσεις

4.1.7 Περίπτωση χρήσης: αλλαγή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων

Σκοπός: να βρεθούν ήδη εισαχθέντες μετρήσεις. Προφανώς, δεν δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει τις τιμές του ηλεκτρικού πεδίου που έχουν εισαχθεί, διότι αυτό θα ήταν επικίνδυνο για την εγκυρότητα των μετρήσεων που έχουν εισαχθεί στο σύστημα.

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης πραγματοποιεί την περίπτωση χρήσης 'εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων' για τις μετρήσεις που θέλει να αλλάξει
2. πραγματοποιεί τις αλλαγές που επιθυμεί. Αν επιθυμεί να αλλάξει τα γεωγραφικά δεδομένα των μετρήσεων, μπορεί να το πραγματοποιήσει είτε εισάγοντας 'χειροκίνητα' τα νέα δεδομένα, είτε με την χρήση χάρτη.
3. επιλέγει αποθήκευση

4.1.8 Περίπτωση χρήσης: διαγραφή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων

Σκοπός: να διαγραφούν κάποιες μετρήσεις, ή μέτρηση ως σύνολο.

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης πραγματοποιεί την περίπτωση χρήσης ‘εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων’ για τις μετρήσεις που θέλει να διαγράψει
2. αν θέλει να διαγράψει την συγκεκριμένη μέτρηση ως σύνολο, επιλέγει ‘διαγραφή’ στο παράθυρο των γενικών στοιχείων της μέτρησης
3. αν θέλει να διαγράψει επιμέρους μετρήσεις, μπαίνει στο παράθυρο των συγκεκριμένων μετρήσεων και επιλέγει ‘διαγραφή’ σε κάθε μια που θέλει να διαγράψει

4.1.9 Περίπτωση χρήσης: εισαγωγή περισσότερων μετρήσεων που να αντιστοιχούν σε ήδη εισαχθέντα γενικά στοιχεία μέτρησης

Σκοπός: να εισαχθούν περισσότερες μετρήσεις που να αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα γενικά στοιχεία.

Περίπτωση χρήσης:

1. ο χρήστης πραγματοποιεί την περίπτωση χρήσης ‘εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων’ για τα γενικά στοιχεία στα οποία θέλει να εισάγει περισσότερες μετρήσεις
2. επιλέγει ‘εισαγωγή μετρήσεων’, είτε από το παράθυρο γενικών στοιχείων, είτε από το παράθυρο επιμέρους μετρήσεων
3. εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής αρχείων Excel και ο χρήστης εισάγει τα αρχεία που επιθυμεί, όπως και στην περίπτωση χρήσης: ‘εισαγωγή καινούργιων μετρήσεων’, βήμα 5

4.1.10 Δυνατές μελλοντικές επεκτάσεις διπλωματικής (οι περιπτώσεις χρήσης)

Στο σημείο αυτό θα δοθούν περιπτώσεις χρήσης για δυνατές – πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος, με στόχο την περαιτέρω αυτοματοποίηση λήψης των μετρήσεων και δημιουργία της αναφοράς.

4.1.10.1 Περίπτωση χρήσης: ρύθμιση μετρητικής συσκευής και λήψη μετρήσεων αυτοματοποιημένα

Σκοπός: να μπορεί ο χρήστης να εισάγει και να αποθηκεύει καινούργιες ρυθμίσεις για την μετρητική συσκευή, αλλά και να τις ‘φορτώνει’ στην συσκευή και να πραγματοποιεί μετρήσεις, αποθηκεύονται αυτόματα στην βάση δεδομένων, με τις ρυθμίσεις που επιλέγει.

Περίπτωση χρήσης:

- ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
- επιλέγει ‘λήψη μετρήσεων’
- συνδέει την συσκευή με τον υπολογιστή μέσω σειριακής θύρας
- επιλέγει ‘έλεγχος σύνδεσης’
- αν η σύνδεση είναι επιτυχής, λαμβάνει αντίστοιχο ενημερωτικό μήνυμα
- αν επιθυμεί, συνδέει μέσω σειριακής θύρας GPS δέκτη και επιλέγει ‘σύνδεση GPS δέκτη’
- αν η σύνδεση είναι επιτυχής, λαμβάνει αντίστοιχο ενημερωτικό μήνυμα
- αν επιθυμεί, επιλέγει ‘νέες ρυθμίσεις’ και καλείτε να συμπληρώσει τις νέες ρυθμίσεις και να επιλέξει ‘αποθήκευση’. Ειδικά, επιλέγει από την λίστα των ήδη εισαχθέντων ρυθμίσεων, ποια θα χρησιμοποιηθεί για τις προκείμενες μετρήσεις
- συμπληρώνει τα γενικά στοιχεία της μέτρησης και εφόσον έχει συνδέσει GPS επιλέγει ‘λήψη GIS στίγματος’
- επιλέγει λήψη μέτρησης, στα σημεία που επιθυμεί να πραγματοποιήσει μετρήσεις

4.1.10.2 Περίπτωση χρήσης: εξαγωγή αυτοματοποιημένης αναφοράς

Σκοπός: με χρήση των περισσότερων παραπάνω περιπτώσεων χρήσης να εξαχθεί πλήρως αυτοματοποιημένα αναφορά για κάποια ομάδα μετρήσεων. Ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει ποιο μοτίβο θα ακολουθεί η αναφορά, μέσα από μια ομάδα μοτίβων

Περίπτωση χρήσης:

- ο χρήστης πραγματοποιεί την περίπτωσης χρήσης ‘ρύθμιση μετρητικής συσκευής και λήψη μετρήσεων αυτοματοποιημένα’ ή την ‘εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων’
- επιλέγει ‘εξαγωγή αναφοράς’
- επιλέγει το μοτίβο της αναφοράς
- επιλέγει ‘εξαγωγή αναφοράς’

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

4.1.10.3 Περίπτωση χρήσης: εισαγωγή νέων μοτίβων

Σκοπός: να εισαχθεί νέο μοτίβο για την αυτοματοποιημένη εξαγωγή αναφοράς μετρήσεων. Ο χρήστης το μόνο που θα πρέπει να κάνει είναι να ετοιμάσει ένα αρχείο κειμένου που θα έχει την μορφή του μοτίβου, αλλά και ειδικά σύμβολα για τις πληροφορίες που θα εισάγονται δυναμικά από το σύστημα.

Περίπτωση χρήσης:

- ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
- επιλέγει 'εισαγωγή νέου μοτίβου'
- επιλέγει 'φόρτωση αρχείου'
- το σύστημα ελέγχει αν το αρχείο έχει σωστό format, και εμφανίζει το αντίστοιχο ενημερωτικό μήνυμα.

4.2 Ορισμός μη λειτουργικών απαιτήσεων

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις (**non functional requirements**) ενός συστήματος στην Τεχνολογία Λογισμικού ορίζουν πια χαρακτηριστικά θα έχει το σύστημα (ποιοτικά χαρακτηριστικά, ιδιότητες, κλπ.). Ορίζουν, λοιπόν, τους λόγους σύμφωνα με τους οποίους θα θεωρήσουμε το σύστημα πετυχημένο.

Πλατφόρμα υλοποίησης κυρίως μέρους (γλώσσα προγραμματισμού και περιβάλλον ανάπτυξης)

Ο επιλεκτικός μετρητής ακτινοβολίας με τον οποίο θα είναι συμβατό το σύστημα είναι ο SRM – 3000 που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3. Επομένως, η επιλογή αυτή, θέτει διάφορους περιορισμούς (συγκεκριμενοποιεί την διαδικασία για την ακρίβεια) στην επιλογή πλατφόρμας ανάπτυξης.

Πρώτον, τα αρχεία μετρήσεων που εξάγει το SRM – 3000 είναι αρχεία xls (Microsoft Office Excel ©). Επομένως, η γλώσσα προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει εύκολο χειρισμό αρχείων xls.

Δεύτερον, το SRM – 3000 συνδέεται με υπολογιστή μέσω σειριακής θύρας. Επομένως, χρειάζεται γλώσσα με εύκολο χειρισμό σειριακής θύρας.

Επιπλέον, το σύστημα της παρούσας διπλωματικής οφείλει να έχει εύκολο, όμορφο, πρακτικό και πλήρες γραφικό περιβάλλον χρήστη (Graphical User Interface – GUI), επομένως η πλατφόρμα υλοποίησης του συστήματος οφείλει να είναι συνεπής με την απαίτηση αυτή.

Τέλος, σε κάθε περίπτωση, τα GIS δεδομένα συμφέρει να επεξεργάζονται απο διαδικτυακή εφαρμογή, με την οποία το κυρίως πρόγραμμα θα συνδέεται φορτώνοντας την μέσα από web browser. Άρα η πλατφόρμα ανάπτυξης, οφείλει να παρέχει την δυνατότητα αυτή.

Λαμβάνοντας υπ όψιν όλα τα παραπάνω, καταλήξαμε ότι το ιδανικό περιβάλλον ανάπτυξης του συστήματος είναι το Microsoft Visual Studio 2008 © και γλώσσα προγραμματισμού η Visual Basic 2008 ©.

✚ **Επιλογή Βάσης Δεδομένων**

Με γνώμονα ότι η βάση δεδομένων στο σύστημα μας θα είναι αρκετά απλή (δεν απαιτείται κάτι πιο σύνθετο), η επιλογή της βάσης έγινε αφότου επιλέξαμε την πλατφόρμα ανάπτυξης.

Λόγο της 'πολιτικής' της Microsoft © ως προς την συνδεσιμότητα των προϊόντων τις με προϊόντα άλλων εταιριών, η επιλογή του Microsoft SQL Server © ήταν μονόδρομος. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε Microsoft SQL Server 2005 Express ©.

✚ **Επιλογή GIS συστήματος**

Για της εφαρμογές GIS επιλέχθηκαν Google-Maps ©, λόγω της ευκολίας χειρισμού και τη ευελιξίας που παρέχουν.

✚ **Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού για την εισαγωγή των δεδομένων στο GIS και server που θα τρέχουν οι εφαρμογές**

Οι πιο ευρέως διαδεδομένες γλώσσες για δυκτιακό προγραμματισμό είναι PHP, Java (servlets, jsp) και ASP .NET. Μεταξύ αυτών επιλέχθηκε η Java © και συγκεκριμένα, υλοποίηση με jsp λόγω της απλότητας της. Ο πίο διαδεδομένος server για jsp σελίδες - εφαρμογές είναι ο Apache Tomcat © ο οποίος και επιλέχθηκε.

✚ **Λειτουργικό σύστημα**

Το σύστημα που θα υλοποιηθεί στα πλαίσια τις διπλωματικής είναι σχεδιασμένο να τρέχει σε λειτουργικά Windows © XP & Vista. Ο περιορισμός αυτός είναι αποτέλεσμα της επιλογής της πλατφόρμας Microsoft Visual Studio 2008 ©.

✚ **Ελάχιστες απαιτήσεις υπολογιστικού συστήματος**

Το σύστημα είναι, σχετικά, ελαφρύ ως προς τους πόρους συστήματος. Ενδεικτικά, ελάχιστες απαιτήσεις:

- επεξεργαστής (CPU): συχνότητας μεγαλύτερης από 800 Mhz
- μνήμη RAM: χωρητικότητας μεγαλύτερη των 256 MB

Η μοναδική απαίτηση που παρουσιάζει το σύστημα ως προς το υπολογιστικό σύστημα στο οποίο τρέχει είναι η ανάγκη για σύνδεση με το διαδίκτυο και είναι αποτέλεσμα της χρήσης Google-Maps ©, που το απαιτούν.

5 Υλοποίηση του συστήματος και σχεδιαστικές επιλογές

5.1 Σχεδίαση και υλοποίηση της βάσης δεδομένων

Θα περιγραφεί πρώτα η Βάση Δεδομένων του συστήματος διότι η μορφή της καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την όλη οργάνωση του συστήματος. Ως ονομασία της βάσης επιλέχθηκε η **‘measurement_server’**. Η κατασκευή της βάσης δεδομένων έγινε με γνώμονα την απλότητα, την ευχρηστία, την πληρότητα αλλά και την έλλειψη επανάληψης πληροφορίας. Πρώτα θα εξηγήσουμε την χρησιμότητα του κάθε πίνακα και ακολούθως θα παραθέσουμε το σχεσιακό μοντέλο όπου θα φαίνονται όλοι οι πίνακες, με τις επιμέρους ιδιότητες τους (στήλες) και οι σχέσεις μεταξύ των πινάκων.

Οι πίνακες (tables) της βάσης με εξήγηση του λόγου ύπαρξης τους ακολουθούν:

- **mixanikos**

ο πίνακας αυτός χρησιμεύει για την αποθήκευση των στοιχείων των μηχανικών – χρηστών του συστήματος. Η ύπαρξη του πίνακα αυτού χρησιμεύει κατά 2 τρόπους. Πρώτον, ο μόνος τρόπος για να έχει ένας μηχανικός username και password είναι με την εγγραφή του ως μηχανικό από κάποιον ήδη εξουσιοδοτημένο χειριστή του συστήματος, και άρα ως εγγραφή στον πίνακα μας. Δεύτερον, ο επιβλέπων μηχανικός μίας μέτρησης, οφείλει να είναι ένας εκ των εισαχθέντων στην βάση, και άρα στον πίνακα αυτόν. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι παραφράσεις της μορφής ‘Βασίλειος Τριγωνάκης’, ‘Τριγωνάκης Βασίλειος’, ‘B. Τριγωνάκης’ κτλ. Που θα μπορούσαν να προκρίψουν και να δημιουργήσουν προβλήματα καθώς το σύστημα (η βάση δεδομένων) αυξάνει τον όγκο του.

- **site**

πρόκειται για τον πίνακα όπου εισάγονται οι γενικές πληροφορίες για μια ομάδα μετρήσεων, εννοώντας οι πληροφορίες που είναι κοινές για όλη την ομάδα (πχ. Επιβλέπων μηχανικός, Ανατέθουσα αρχή, κτλ.). Η ανάγκη για την ύπαρξη του πίνακα αυτού είναι προφανής, τα γενικά στοιχεία πρέπει να υπάρχουν **μόνο** μια φορά και να μην επαναλαμβάνονται σε κάθε επιμέρους μέτρηση.

- **measurement_set**

πρόκειται για τον πίνακα στον οποίο εισάγονται τα δεδομένα που έχει **κάθε** αρχείο μέτρηση Excel που εξάγει το SRM – 3000, δηλαδή τα στοιχεία που ξέρουμε από πριν ότι θα αντλήσουμε ως έχουν (ως προς τον τίτλο πάντα, και όχι ως προς την τιμή) σε κάθε περίπτωση αρχείου μέτρησης xls.

- **tab_values**

ο πίνακας αυτός σχεδιάστηκε σύμφωνα πάλι με τον τρόπο που εξάγει τις μετρήσεις σε αρχείο Excel το SRM. Επειδή ο πίνακας συχνοτήτων που μετράει το SRM είναι δυναμικός, και ρυθμιζόμενος από τον χρήστη, η υλοποίηση ως έγινε δίνει την δυνατότητα στο σύστημα να εισάγει όσες τιμές έντασης ηλ. Πεδίου, με τα όρια συχνότητας και το όνομα της μπάντας υπάρχουν στο αντίστοιχο αρχείο Excel.

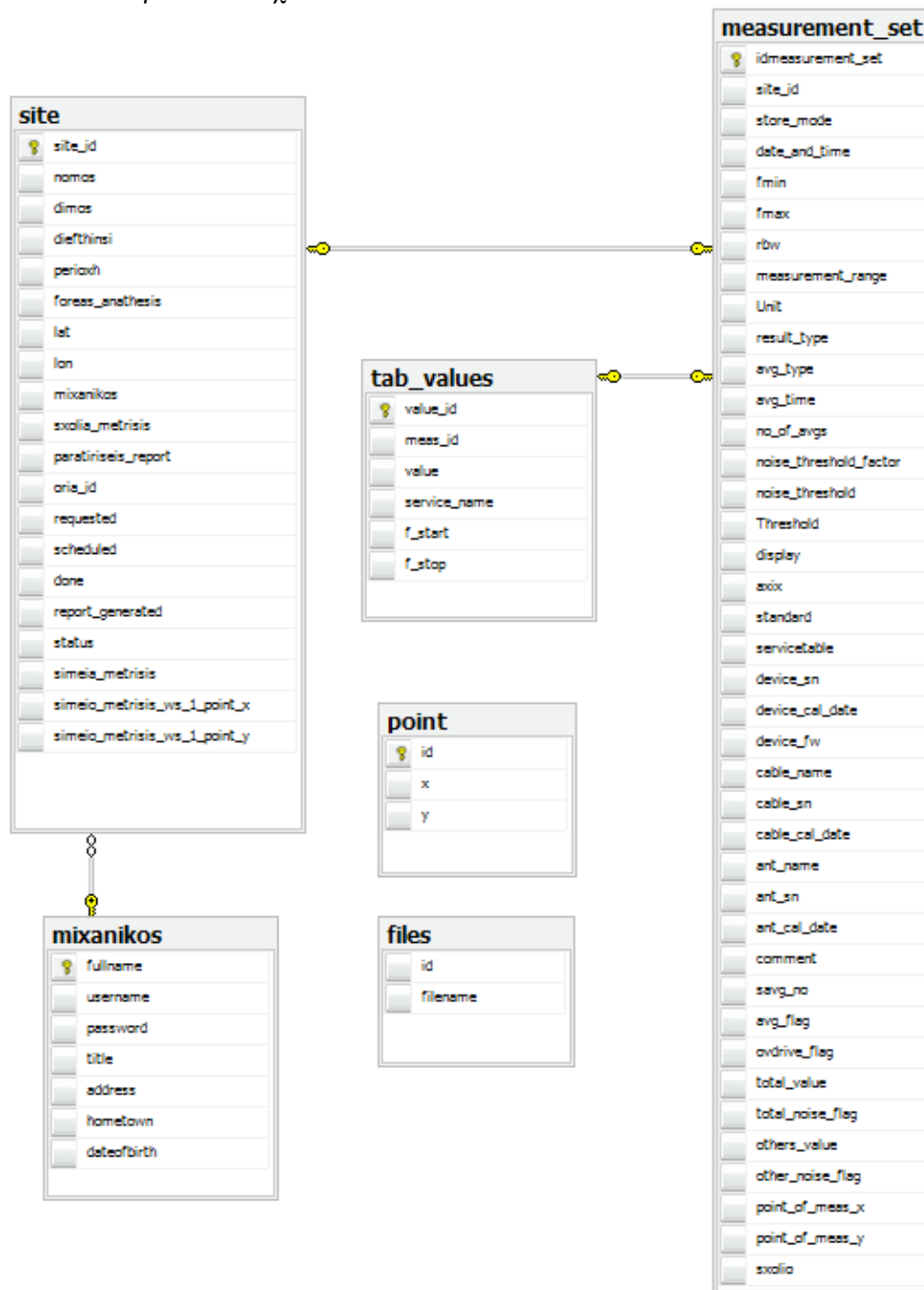
- **files**

βοηθητικός πίνακας που χρειάζεται για την αποθήκευση των ονομάτων των αρχείων που έχουν ήδη εισαχθεί στην βάση, ώστε το σύστημα να ενημερώνει τον χρήστη σε περίπτωση απόπειρα εισαγωγής διπλοτύπου.

- **point**

βοηθητικός πίνακας που επιτρέπει την προσωρινή αποθήκευση γεωγραφικών συντεταγμένων, για χρήση τους από το σύστημα αργότερα.

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί το σχεσιακό μοντέλο που περιγράφει πλήρως την βάση δεδομένων του συστήματος.



Εικόνα 5.1- Σχεσιακό μοντέλο, της βάσης δεδομένων του συστήματος.

Τό όνομα κάθε ιδιότητας σε ένα πίνακα περιγράφει και την χρησιμότητά του. Έχουν περιληφθεί και διάφορες ιδιότητες που δεν θα χρησιμοποιηθούν από το σύστημα στην φάση της προκείμενης διπλωματικής, αλλά περιλήφθηκαν ώστε να βοηθήσουν στην μελλοντική ανάπτυξη του συστήματος. (paratiriseis_report, oria_id, report_generated)

5.2 Σχεδίαση και υλοποίηση του GIS

Περισσότερες λεπτομέρειες, αλλά και screenshot από το GIS παρουσιάζονται ταυτόχρονα με την παρουσίαση του συστήματος (στο επόμενο κεφάλαιο). Το GIS, όπως υλοποιήθηκε δεν έχει υπόσταση χωρίς το κυρίως σύστημα. Εδώ θα δοθούν οι γενικές σχεδιαστικές αρχές που ακολουθήθηκαν.

Υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη σελίδων που κατασκευάστηκαν, της ‘παρουσίασης’ των μετρήσεων και της ‘εισαγωγής’ των γεωμετρικών στοιχείων για κάποια μέτρηση.

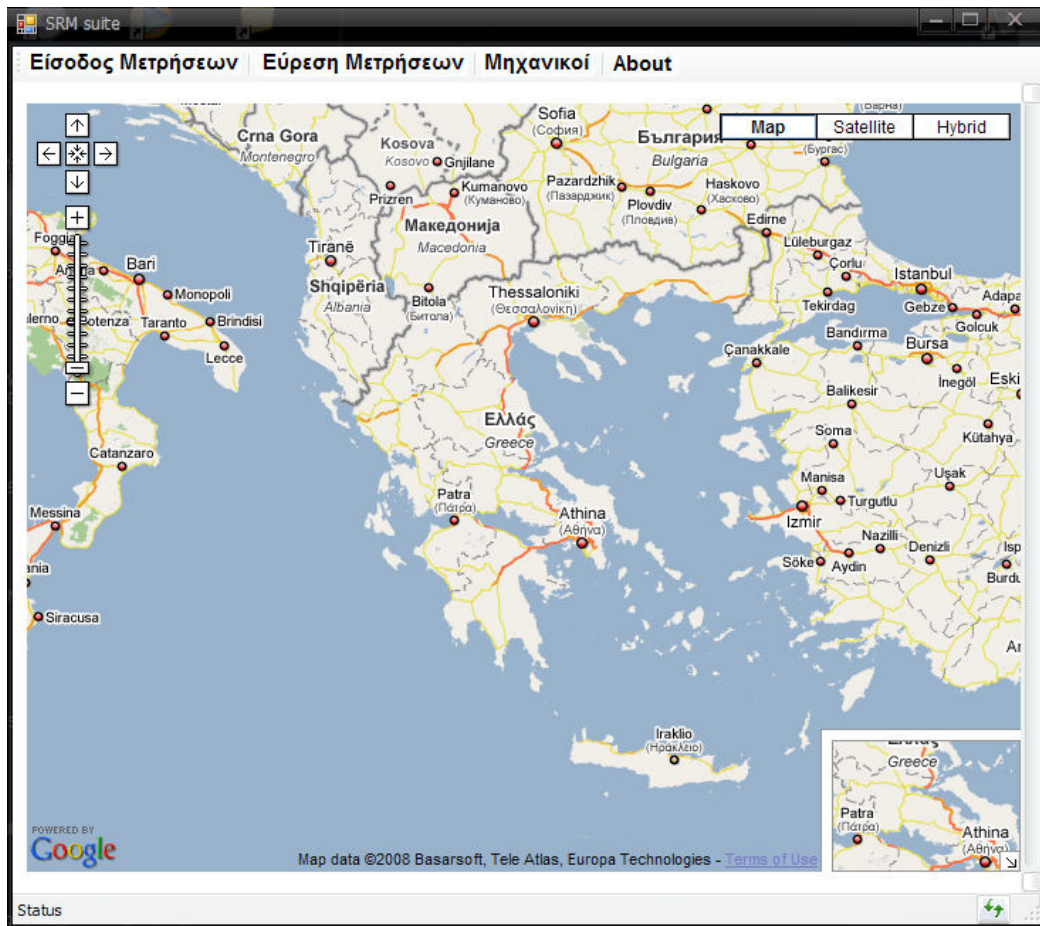
Για την παρουσίαση κατασκευάστηκε μια σελίδα jsp, την οποία θα φορτώνει το κυρίως πρόγραμμα από το κεντρικό του παράθυρο με την χρήση ενσωματωμένου Web browser. Η σελίδα, όπως φορτώνεται αρχικά, δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένας χάρτης ολόκληρης της Ελλάδας. Για να δει κανείς τις καταχωρήσεις των μετρήσεων πρέπει να κάνει zoom στο μέρος που επιθυμεί. Η επιλογή αυτή ήταν απαραίτητη διότι αν όλες οι μετρήσεις φαίνονταν σε κάθε επίπεδο zoom ο χάρτης θα ‘γέμιζε’ μετά από κάποιο αριθμό μετρήσεων.

Για την εισαγωγή κατασκευάστηκαν τρεις διαφορετικές σελίδες παρόμοιας φύσης που εξυπηρετούν τρεις διαφορετικές εισόδους. Ο χάρτης, σε κάθε περίπτωση, όταν φορτωθεί θα έχει κέντρο κάποιο σχετικό σημείο με την συγκεκριμένη μέτρηση (αν υπάρχουν δεδομένα, πχ. οι συντεταγμένες της γενικής καταχώρησης της μέτρησης). Αν δεν είναι δυνατόν, θα έχει απλά κέντρο, όπως και ο χάρτης παρουσίασης. Ο χρήστης απλά κάνει αριστερό click στον χάρτη για να εισάγει το σημείο. Η τελευταία επιλογή του χρήστη (μέχρι να επιλέξει ‘τέλος’) καταχωρείτε στην βάση δεδομένων.

Όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω, περισσότερες λεπτομέρειες ακολουθούν.

5.3 Σχεδίαση και υλοποίηση του συστήματος (SRM suite)

Ακολουθεί η παρουσίαση του συστήματος και παράλληλα το GIS, εφόσον όλες οι λειτουργίες του είναι ενσωματωμένες στο σύστημα. Το σύστημα ονομάστηκε **SRM suite**. Για αύξηση της χρηστικότητας, το 'πρόγραμμα' αποτελείται από ένα κεντρικό παράθυρο, το οποίο περιλαμβάνει κουμπιά που ανοίγουν υποπαράθυρα για να εκτελεστούν οι επιμέρους εργασίες και ένα κεντρικό Web browser στον οποίο γίνεται η παρουσίαση των μετρήσεων πάνω σε χάρτη. (MDI application - Multiple Document Interface application)



Εικόνα 5.2- Το κεντρικό παράθυρο του συστήματος

Δυνατοί χειρισμοί

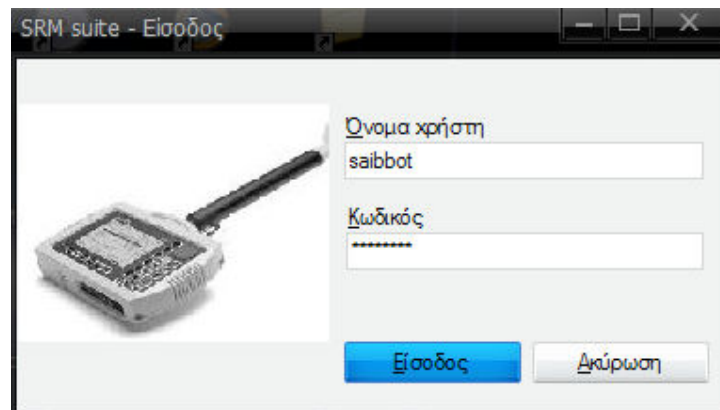
- 'Είσοδος Μετρήσεων', ανοίγει την φόρμα στην οποία γίνεται εισαγωγή μετρήσεων
- 'Εύρεση Μετρήσεων', ανοίγει την φόρμα στην οποία γίνεται εύρεση μετρήσεων
- 'Μηχανικοί', ανοίγει την φόρμα στην οποία γίνεται χειρισμός των μηχανικών

- ‘refresh button’ (κάτω δεξιά), φορτώνει ξανά τον χάρτη όπως είναι στην αρχική του κατάσταση (Εικόνα 5.2)
- χειρισμοί χάρτη: zoom και μετακίνηση, πάνω αριστερά αλλά και με το ποντίκι. Αλλαγή χάρτη από map σε δορυφορικό ή υβριδικό, πάνω δεξιά. Γρήγορη μετακίνηση χάρτη, κάτω δεξιά.
- ‘About’, ανοίγει το παράθυρο πληροφοριών συστήματος

Οι λειτουργία θα φανεί αναλυτικά στα παρακάτω υποκεφάλαια όπου θα δοθούν όλες οι περιπτώσεις χρήσης του Κεφαλαίου 4, υλοποιημένες. **Όσα βήματα είναι κοινά για περιπτώσεις χρήσης θα αναλύονται μόνο μία φορά, στην πρώτη τους εμφάνιση.**

5.3.1 Είσοδος καινούργιου μηχανικού (χρήστη του συστήματος)

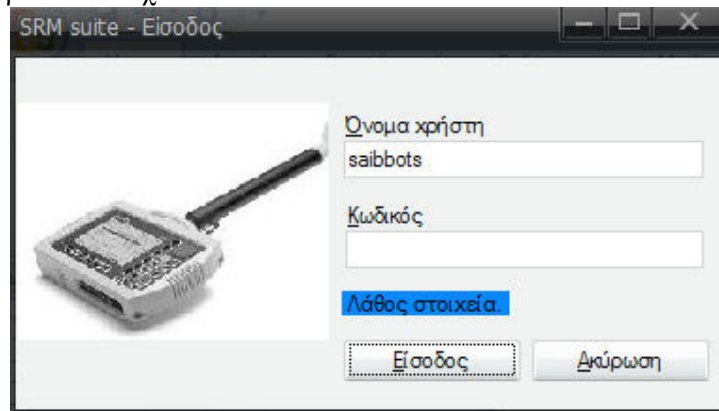
1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα



Εικόνα 5.3- Παράθυρο εισαγωγής username & password

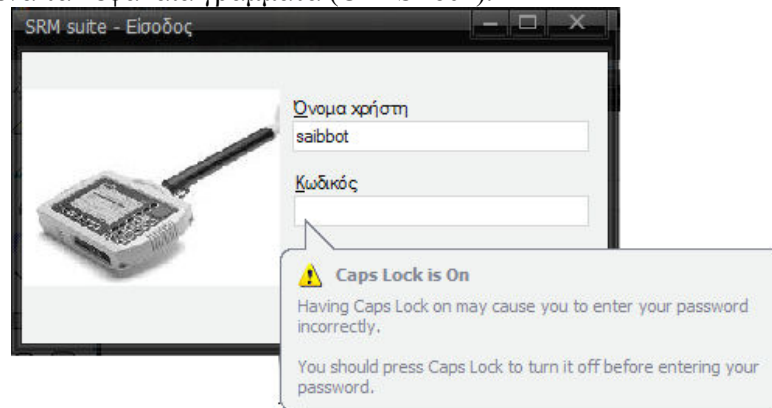
Δυνατοί χειρισμοί

- είσοδος username
- είσοδος κωδικού
- ‘Είσοδος’, για εξακρύβωση των στοιχείων. Σε περίπτωση λάθος στοιχείων ο χρήστης λαμβάνει μήνυμα λάθους



Εικόνα 5.4- Μήνυμα λάθους εισαγωγής στοιχείων

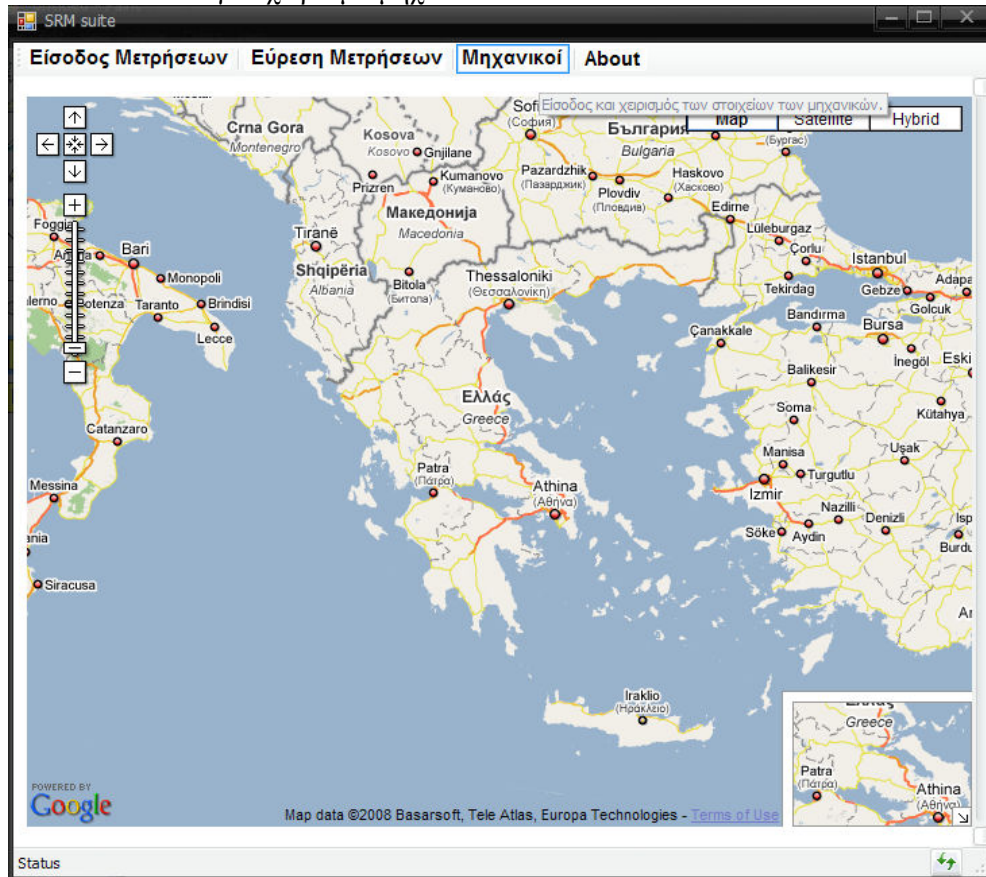
Επίσης, το σύστημα, ενημερώνει τον χρήστη σε περίπτωση που έχει ενεργοποιημένα τα κεφαλαία γράμματα (CAPS-lock).



Εικόνα 5.5- Ενημέρωση του χρήστη ότι τα CAPS-lock είναι ενεργοποιημένα

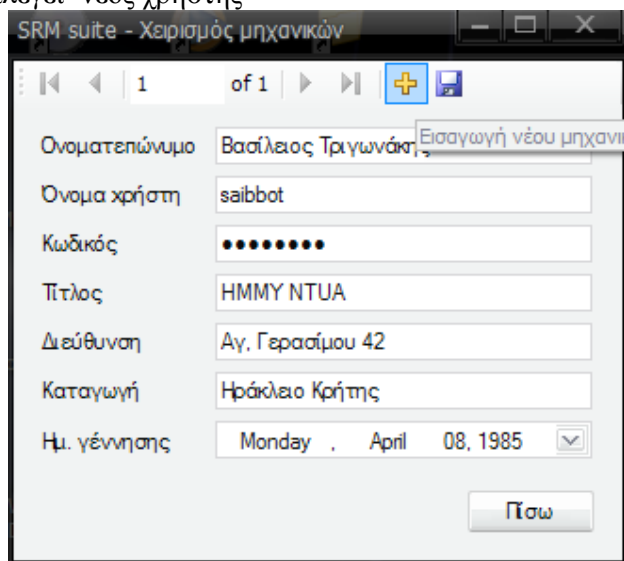
- 'Ακύρωση', για να κλείσει το σύστημα

2. επιλέγει ‘χειρισμό μηχανικών’



Εικόνα 5.6- Το κεντρικό παράθυρο του συστήματος, επιλογή ‘Μηχανικοί’

3. επιλέγει ‘νέος χρήστης’



Εικόνα 5.7- Το παράθυρο χειρισμού μηχανικών, επιλογή ‘νέος μηχανικός’

4. εισάγει τα στοιχεία του νέου χρήστη – μηχανικού

The screenshot shows a window titled "SRM suite - Χειρισμός μηχανικών". At the top, there are navigation icons and a page indicator "2 of 2". The main area contains a form with the following fields:

- Όνοματεπώνυμο: Νίκος Παπανικολάου
- Όνομα χρήστη: nikrap
- Κωδικός: ●●●●●●
- Τίτλος: HMMY NT
- Διεύθυνση: (empty)
- Κατηγορία: (empty)
- Ημ. γέννησης: Saturday, October 08, 1983

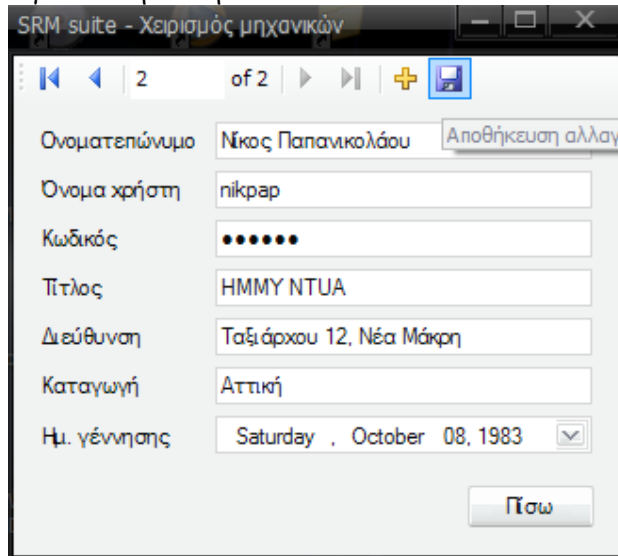
A "Πίσω" button is located at the bottom right of the form.

Εικόνα 5.8- Το παράθυρο χειρισμού μηχανικών, εισαγωγή στοιχείων νέου μηχανικού

Δυνατοί χειρισμοί

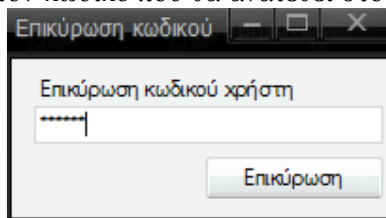
- είσοδος στοιχείων νέου μηχανικού
- 'Πίσω', για να μεταβεί πίσω στο κεντρικό παράθυρο του συστήματος (η εισαγωγή χρήστη θα ακυρωθεί)
- περιήγηση στους μηχανικούς (και επιστροφή για να ολοκληρώσει την είσοδο του νέου μηχανικού)
- 'νέος μηχανικός', για να δημιουργήσει εκ νέου νέο μηχανικό (ο προηγούμενος «νέος» μηχανικός δεν χάνεται, αλλά δεν έχει αποθηκευτεί)
- 'αποθήκευση', για να αποθηκευθεί ο νέος (νέοι) μηχανικός (-οί)

5. επιλέγει αποθήκευση



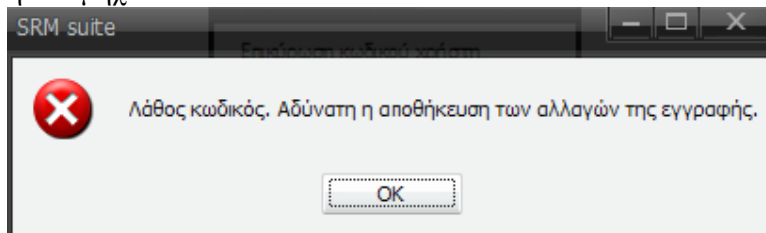
Εικόνα 5.9- Το παράθυρο χειρισμού μηχανικών, επιλογή ‘αποθήκευση’

6. επικυρώνει τον κωδικό που θα ανατεθεί στον χρήστη



Εικόνα 5.10- Επικύρωση κωδικού νέου χρήστη

Σε περίπτωση λάθος επικύρωσης, το σύστημα, δεν επιτρέπει την αποθήκευση του μηχανικού.



Εικόνα 5.11- Μήνυμα λάθους επικύρωσης κωδικού

5.3.2 Αλλαγή στοιχείων μηχανικού

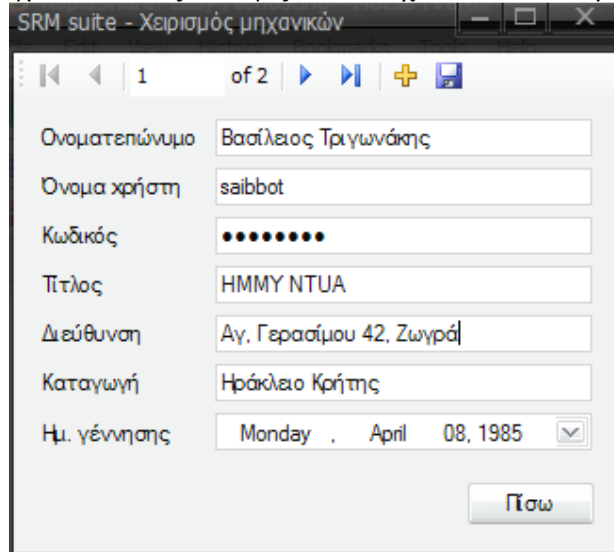
1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει ‘χειρισμό μηχανικών’

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

3. βρίσκει τον μηχανικό του οποίου τα στοιχεία επιθυμεί να αλλάξει κινούμενος ανάμεσα στους μηχανικούς πατώντας τα κουμπιά της toolbar



4. πραγματοποιεί τις αλλαγές των στοιχείων που επιθυμεί

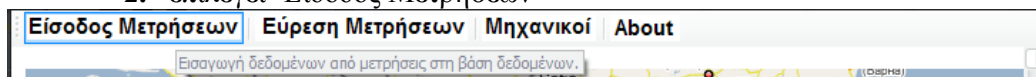


Εικόνα 5.12- Το παράθυρο χειρισμού μηχανικών, αλλαγή στοιχείων μηχανικού

5. επιλέγει αποθήκευση
6. επικυρώνει τον κωδικό του μηχανικού, του οποίου τα στοιχεία άλλαξε

5.3.3 Είσοδος καινούργιων μετρήσεων

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει 'Είσοδος Μετρήσεων'



- εισάγει τα γενικά στοιχεία που αφορούν τις μετρήσεις ως σύνολο (υπεύθυνος μηχανικός, αναθέτουσα αρχή, ημερομηνία διεξαγωγής, κλπ.)

SRM suite - Εισόδος Βασικών Στοιχείων Μέτρησης

Υπεύθυνος Μηχανικός: Βασίλειος Τριγωνάκης

Στοιχεία Περιοχής

Νομός:

Δήμος:

Περιοχή:

Διεύθυνση:

Φορέας Ανάθεσης:

Ενεπλέκουσες Ημερομηνίες

Ανάθεσης: 10/22/2008

Οργάνωσης: 10/22/2008

Πραγματοποίησης: 10/22/2008

Ώρα Πραγματοποίησης: 9:15:27 PM

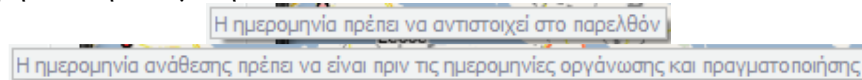
Σχόλια για την μέτρηση

Εικόνα 5.13- Παράθυρο εισόδου βασικών στοιχείων μέτρησης

Δυνατοί χειρισμοί

- είσοδος γενικών στοιχείων νέου σετ μετρήσεων
- 'Επόμενο', για να προχωρήσει στο επόμενο παράθυρο εισαγωγής γενικών στοιχείων
- 'Ακύρωση', για ακυρώσει την διαδικασία και να μην εισαχθούν τα στοιχεία στην βάση

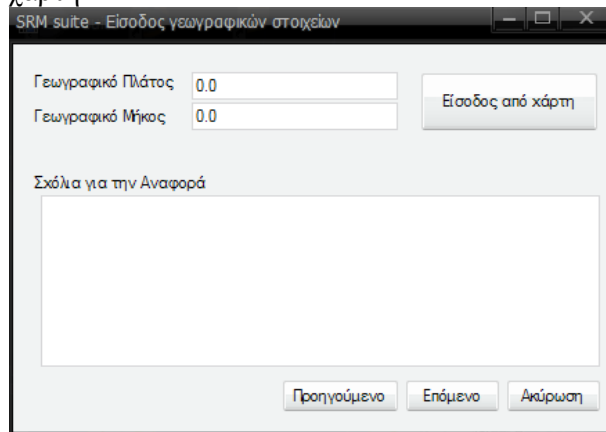
Σε περιπτώσεις λάθους εισόδου, το σύστημα δεν επιτρέπει στον χρήστη να προχωρήσει στην επόμενη σελίδα.



...

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

4. εισάγει, αν επιθυμεί, τα GIS δεδομένα, είτε από μετρήσεις που έγιναν με χρήση συσκευή GPS στο σημείο μέτρησης, είτε με επιλογή του σημείου από χάρτη

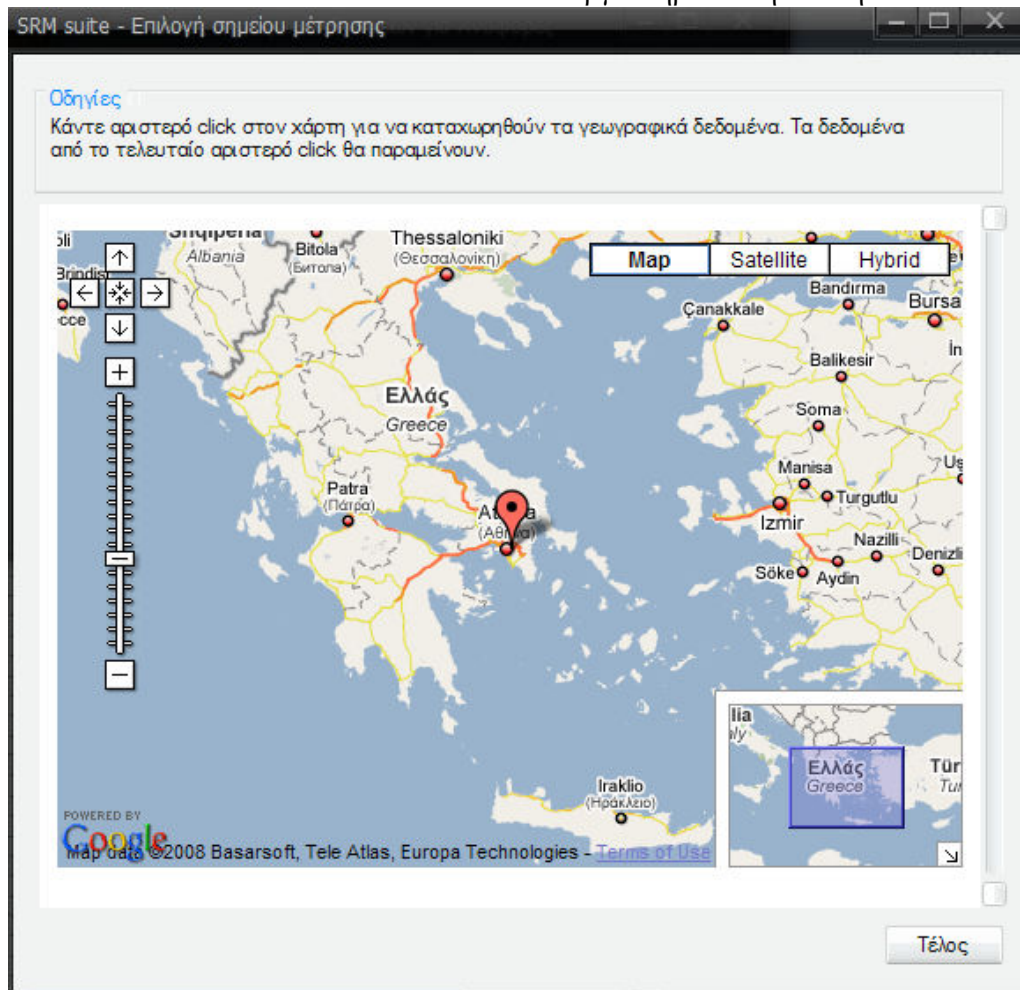


Εικόνα 5.14- Το παράθυρο εισόδου GIS δεδομένων και σχόλια για πιθανή αναφορά από τα δεδομένα του σετ αυτού

Δυνατοί χειρισμοί

- είσοδος γεωγραφικών δεδομένων «χειροκίνητα» από μετρήσεις που έχουν ληφθεί με συσκευή GPS
- 'Είσοδος από χάρτη', για να ανοίξει το παράθυρο επιλογής σημείου, είσοδος γεωγραφικών δεδομένων, από χάρτη
- 'Προηγούμενο', για να επιστρέψει στο βήμα 3 και να αλλάξει, πιθανώς, ή να δει τα στοιχεία που εισήγαγε προηγουμένως
- 'Επόμενο', για να προχωρήσει στο επόμενο παράθυρο (με την επιλογή αυτή, τα γενικά στοιχεία αποθηκεύονται στην βάση)
- 'Ακύρωση', για ακυρώσει την διαδικασία και να μην εισαχθούν τα στοιχεία στην βάση

Η είσοδος των γεωγραφικών δεδομένων των γενικών στοιχείων της μέτρησης **συνίσταται** διότι θα διευκολύνει την διαδικασία επιλογής (από χάρτη) των επιμέρους μετρήσεων. (ο χάρτης που θα ανοίγει, θα έχει ως κέντρο το σημείο αυτό, των γενικών στοιχείων)

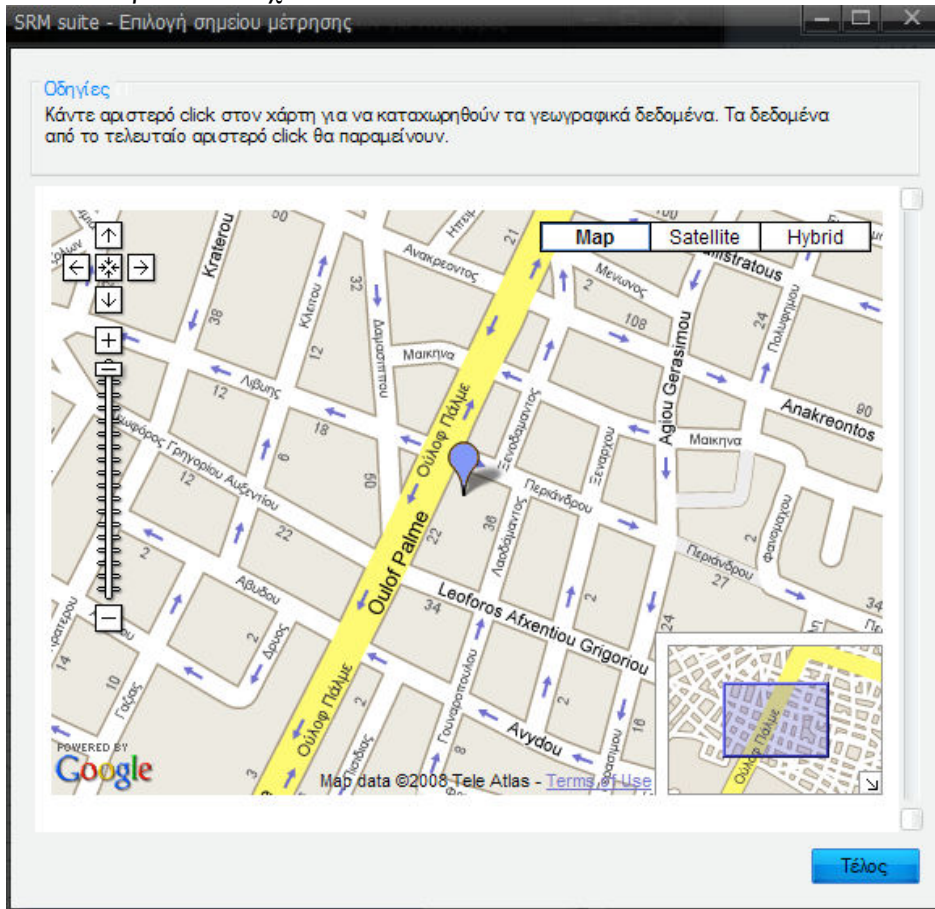


Εικόνα 5.15- Παράθυρο εισόδου γεωγραφικών δεδομένων από χάρτη

Δυνατοί χειρισμοί

- μετακίνηση του χάρτη είτε από την toolbar πάνω αριστερά, είτε με συνεχές πάτημα αριστερού click και drag
- zoom του χάρτη στο σημείο που θέλουμε να εισάγουμε το σημείο με χρήση της toolbar αριστερά
- click στον χάρτη (αριστερό) για να παρθούν τα δεδομένα του σημείου και να τοποθετηθεί μια μπλέ σημαία που δείχνει το σημείο που έχουμε επιλέξει
- 'Τέλος', για να κλείσει το παράθυρο. Αν δεν έχουμε επιλέξει σημείο πρώτα, δεν πρόκειται να παρθούν δεδομένα

Σημειώνεται ότι η **κόκκινη σημαία** στην συγκεκριμένη περίπτωση απλά σηματοδοτεί το κέντρο του χάρτη, δεν έχει κάποια άλλη σημασία. Αντίθετα, όταν υπάρχει σημείο αναφοράς, όπως όταν θα εισάγουμε τα επιμέρους σημεία για τις μετρήσεις, θα σηματοδοτεί το σημείο αναφοράς (σημείο των γενικών στοιχείων της μέτρησης)



Εικόνα 5.16- Παράθυρο εισόδου γεωγραφικών δεδομένων από χάρτη, μετά από click στο επιθυμητό σημείο και zoom ξανά στο σημείο αυτό

Δυνατοί χειρισμοί

- μετακίνηση του χάρτη είτε από την toolbar πάνω αριστερά, είτε με συνεχές πάτημα αριστερού click και drag
- zoom του χάρτη στο σημείο που θέλουμε να εισάγουμε το σημείο με χρήση της toolbar αριστερά
- εκ νέου click στον χάρτη (αριστερό) για να παρθούν τα δεδομένα του σημείου και να τοποθετηθεί μια μπλέ σημαία που δείχνει το σημείο που έχουμε επιλέξει
- 'Τέλος', για να κλείσει το παράθυρο και να φορτωθούν τα δεδομένα που επιλέχθηκαν

SRM suite - Είσοδος γεωγραφικών στοιχείων

Γεωγραφικό Πλάτος 37.9764009625062

Γεωγραφικό Μήκος 23.7617325782776

Είσοδος από χάρτη

Σχόλια για την Αναφορά

Προηγούμενο Επόμενο Ακύρωση

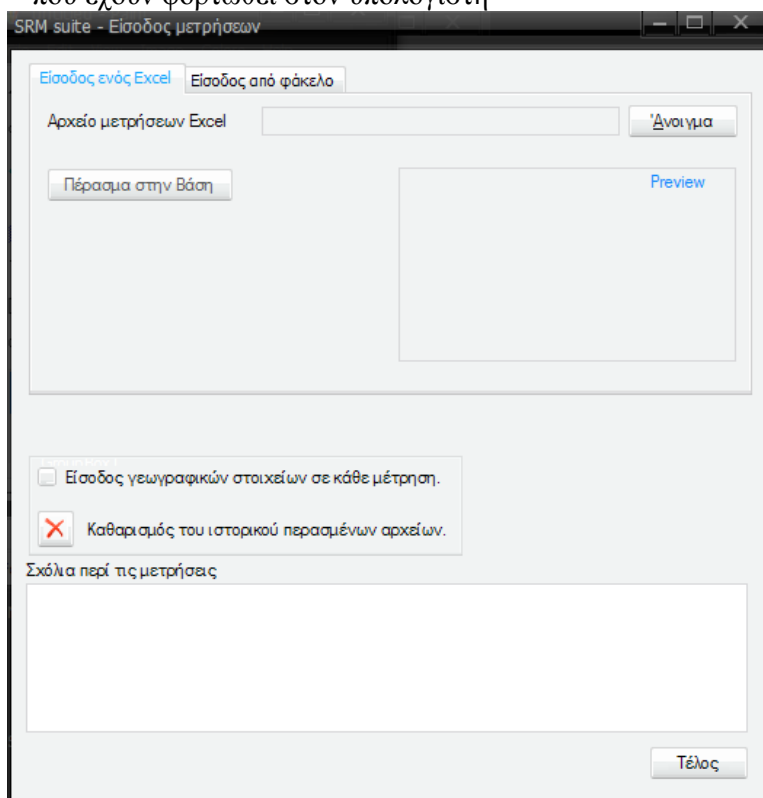
Εικόνα 5.17- Παράθυρο εισόδου γεωγραφικών δεδομένων, τα δεδομένα έχουν φορτωθεί από τον χάρτη

Δυνατοί χειρισμοί

- εκ νέου είσοδος γεωγραφικών δεδομένων «χειροκίνητα» από μετρήσεις που έχουν ληφθεί με συσκευή GPS
- εκ νέου 'Είσοδος από χάρτη', για να ανοίξει το παράθυρο επιλογής σημείου, είσοδος γεωγραφικών δεδομένων, από χάρτη
- 'Προηγούμενο', για να επιστρέψει στο βήμα 3 και να αλλάξει, πιθανώς, ή να δει τα στοιχεία που εισήγαγε προηγουμένως
- 'Επόμενο', για να προχωρήσει στο επόμενο παράθυρο (με την επιλογή αυτή, τα γενικά στοιχεία αποθηκεύονται στην βάση)
- 'Ακύρωση', για ακυρώσει την διαδικασία και να μην εισαχθούν τα στοιχεία στην βάση

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

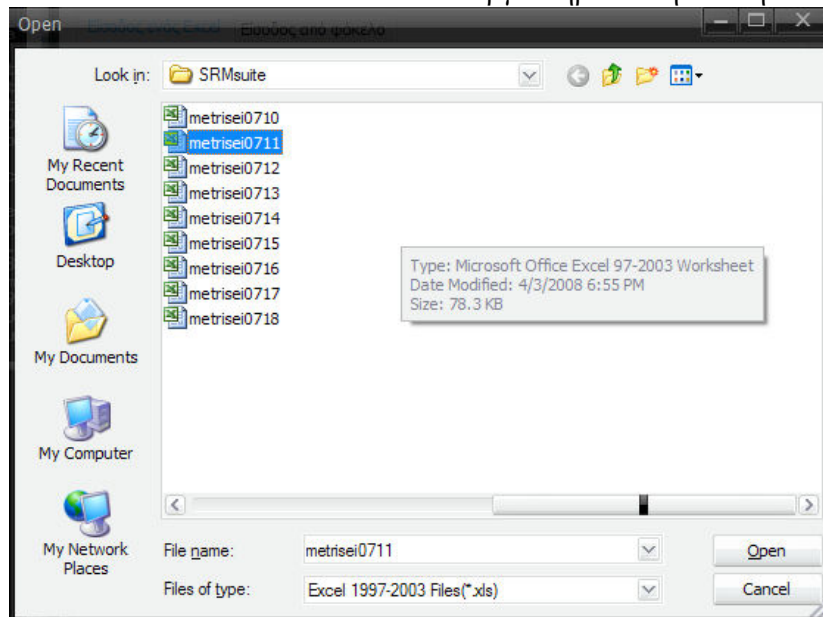
5. εισάγει της επιμέρους μετρήσεις που έγιναν, από τα αρχεία μετρήσεων που έχουν φορτωθεί στον υπολογιστή



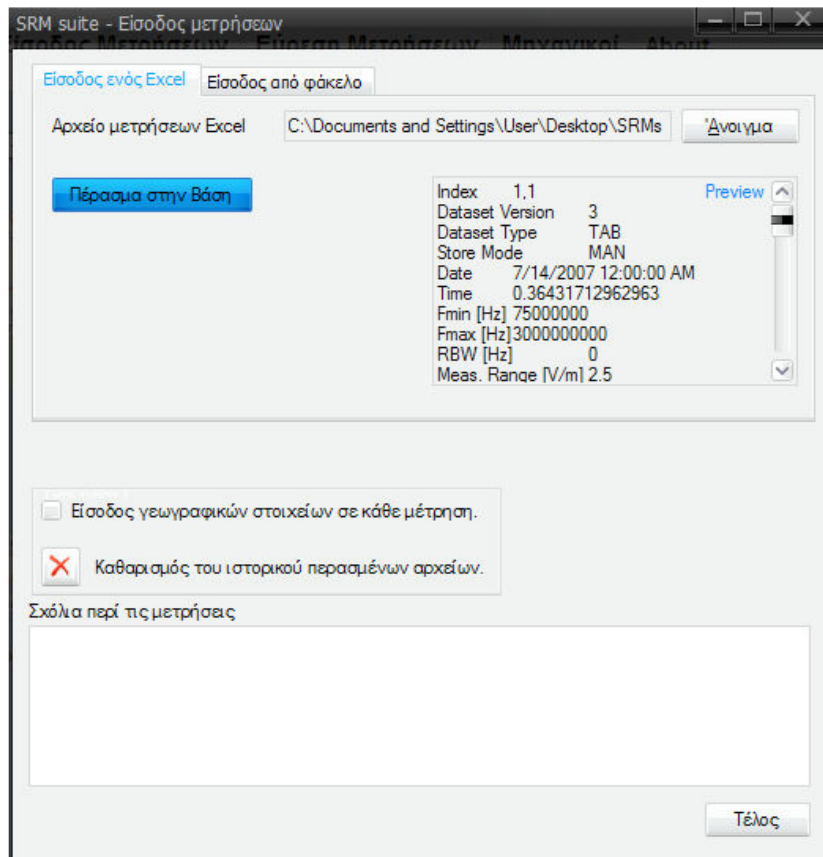
Εικόνα 5.18- Παράθυρο εισόδου μετρήσεων από αρχεία Excel

Δυνατοί χειρισμοί

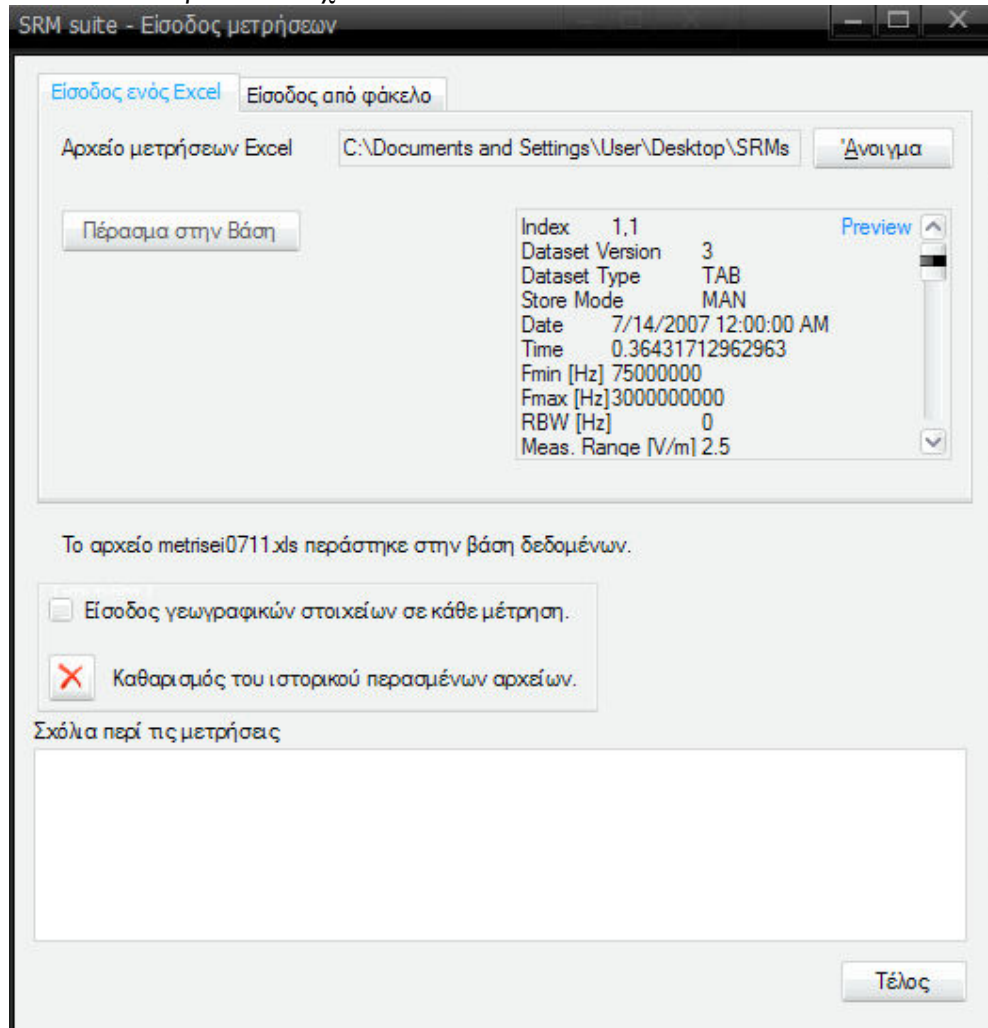
- 'Είσοδος ενός Excel', για την εισαγωγή ένα προς ένα των αρχείων με Excel . Σε αυτή την περίπτωση το κάθε αρχείο που φορτώνεται προβάλεται (το περιεχόμενό του) στο πλαίσιο preview. Στην εικόνα είναι η επιλεγμένη εισαγωγή.
- 'Άνοιγμα', για να εμφανιστεί το παράθυρο επιλογής αρχείου
- 'Πέρασμα στην Βάση', για να περαστεί το φορτωμένο αρχείο στην βάση (για να μπορεί το κουμπί να πατηθεί πρέπει πρώτα να φορτωθεί ένα αρχείο)
- 'Καθαρισμός του ιστορικού περασμένων αρχείων', για να διαγραφούν από την βάση τα ονόματα των περασμένων αρχείων τα οποία ελέγχει το σύστημα (έλεγχος για την αποφυγή εισαγωγής διπλοτύπων, παρουσιάζεται σε επόμενη εικόνα)
- 'Είσοδος γεωγραφικών στοιχείων σε κάθε μέτρηση', με την προφανή χρησιμότητα
- 'Τέλος', για να κλείσει το παράθυρο και να ολοκληρωθεί η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων
- 'Είσοδος από φάκελο', για να μεταβούμε στο αντίστοιχο tab το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να εισάγουμε πολλαπλά αρχεία ταυτόχρονα από ένα φάκελο. (παρουσιάζεται σε επόμενη εικόνα)



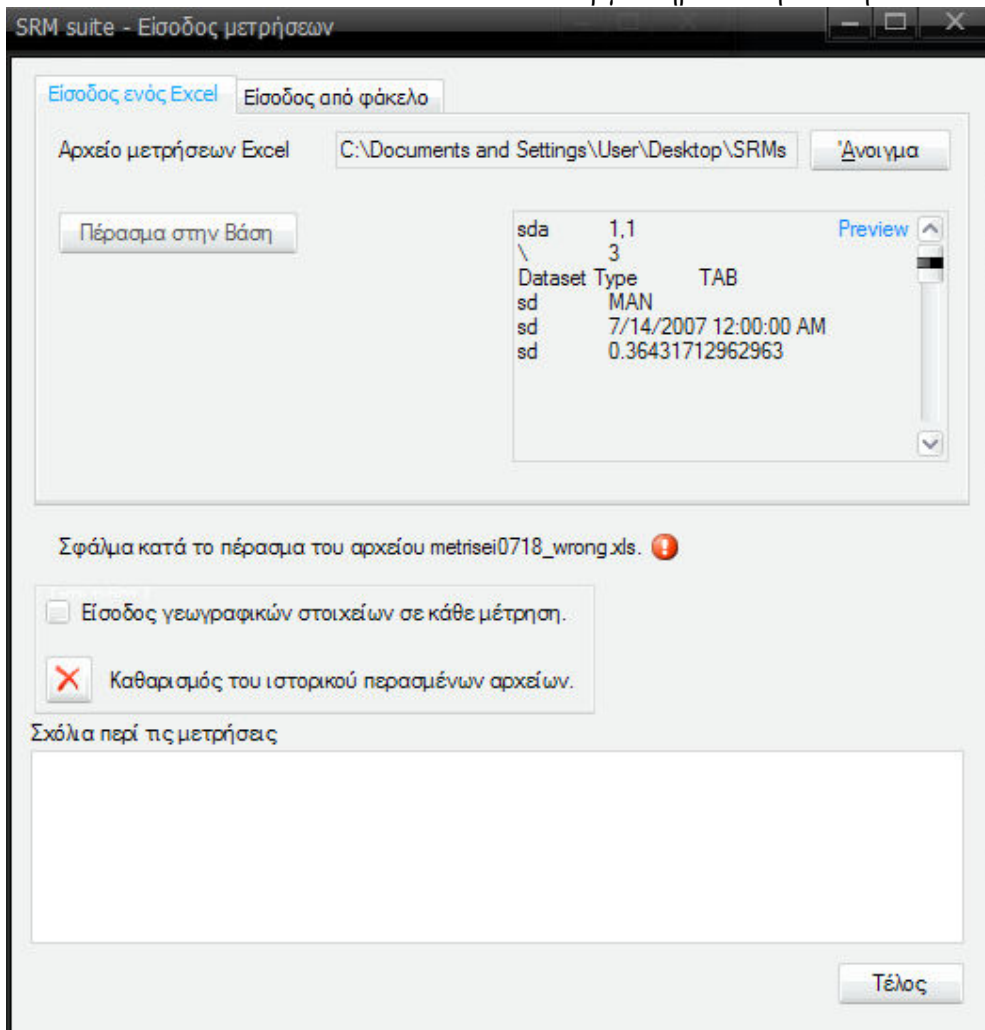
Εικόνα 5.19- Παράθυρο επιλογής αρχείου Excel (από την επιλογή ‘άνοιγμα’ της εισόδου ενός αρχείου Excel)



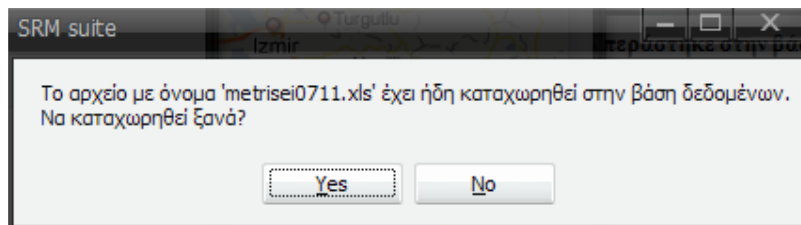
Εικόνα 5.20- Παράθυρο εισόδου ενός μόνο αρχείου, το αρχείο έχει φορτωθεί και είναι έτοιμο να περαστεί στην βάση



Εικόνα 5.21- Παράθυρο εισόδου ενός μόνο αρχείου, το αρχείο περάστηκε επιτυχώς στην βάση δεδομένων, όπως φαίνεται και από το μήνυμα



Εικόνα 5.22- Παράθυρο εισόδου ενός μόνο αρχείου, το αρχείο ΔΕΝ περάστηκε στην βάση διότι δεν είχε το σωστό format που έχουν οι μετρήσεις που εξάγει τοSRM – 3000

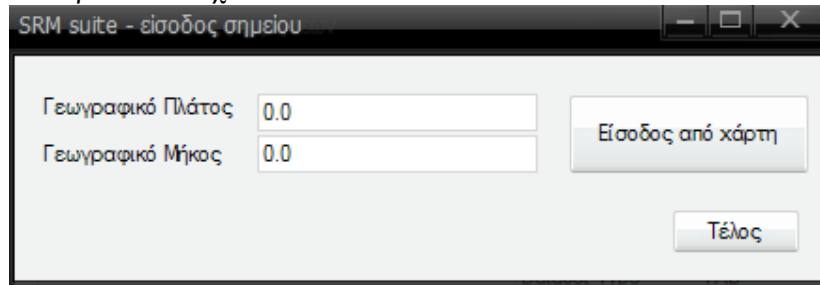


Εικόνα 5.23- Παράθυρο ερώτησης. Ο χρήστης επιλέγει για εισαγωγή ένα αρχείο το οποίο έχει ήδη καταχωρηθεί. Αν επιλέξει 'Yes' το αρχείο εισάγεται κανονικά στην βάση, ειδώλλως όχι

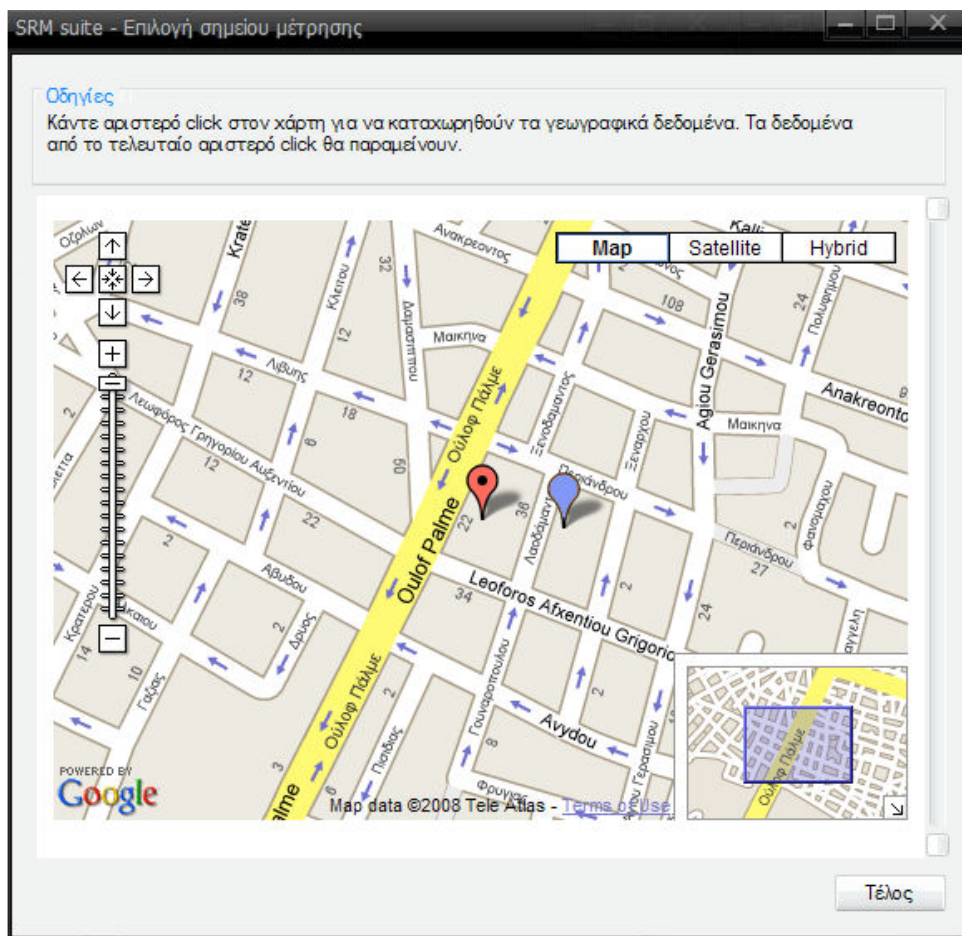
Το αρχείο metrisei0711.xls προϋπήρχε στην βάση δεδομένων.

Εικόνα 5.24- Ενημέρωση ότι το αρχείο υπήρχε και δεν περάστηκε ξανά σε επιλογή 'No'

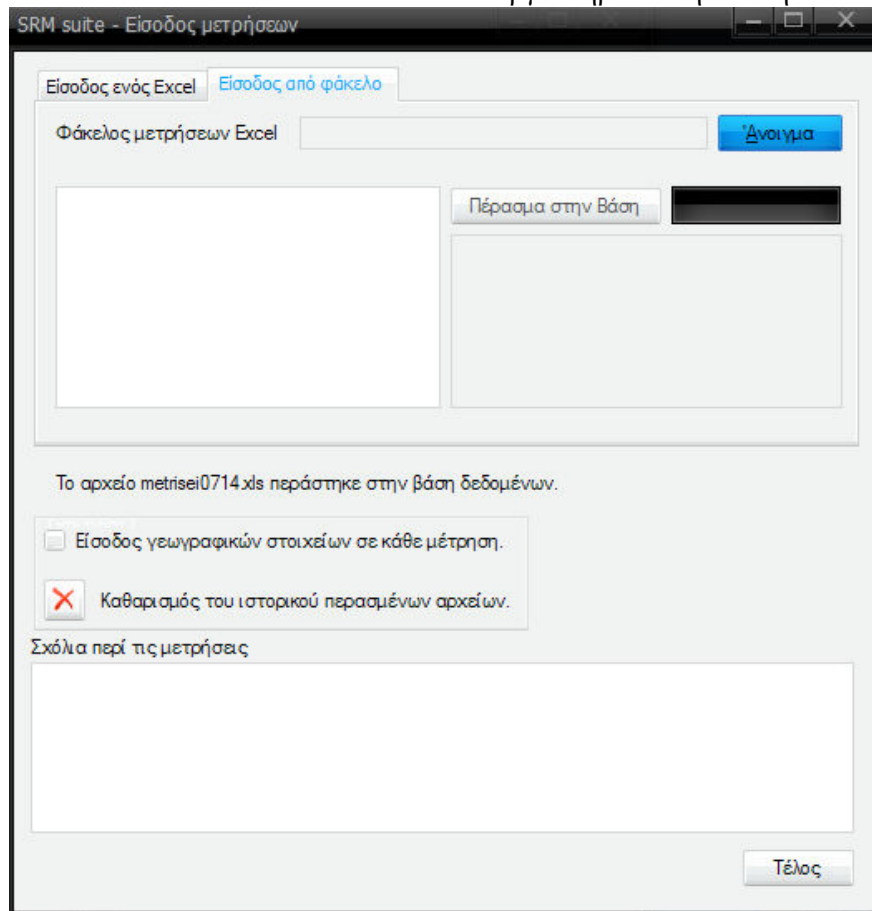
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Εικόνα 5.25- Παράθυρο για την εισαγωγή γεωγραφικών δεδομένων για συγκεκριμένη μέτρηση (ένα αρχείο Excel) εφόσον ο χρήστης έχει επιλεγμένο το 'Είσοδος γεωγραφικών δεδομένων σε κάθε μέτρηση'



Εικόνα 5.26- Παράθυρο για τη εισαγωγή γεωγραφικών δεδομένων για την συγκεκριμένη μέτρηση. Εδώ έχει γίνει ήδη η επιλογή του σημείου (μπλε σημαία). Παρατηρούμε ότι το σύστημα στην συγκεκριμένη περίπτωση, που είχε στοιχεία για το σημείο των γενικών στοιχείων της μέτρησης, «κέντραρε» τον χάρτη στο σημείο αυτό. Επομένως, με zoom οδηγούμαστε απευθείας στην περιοχή που έγινε (λογικά) η μέτρηση

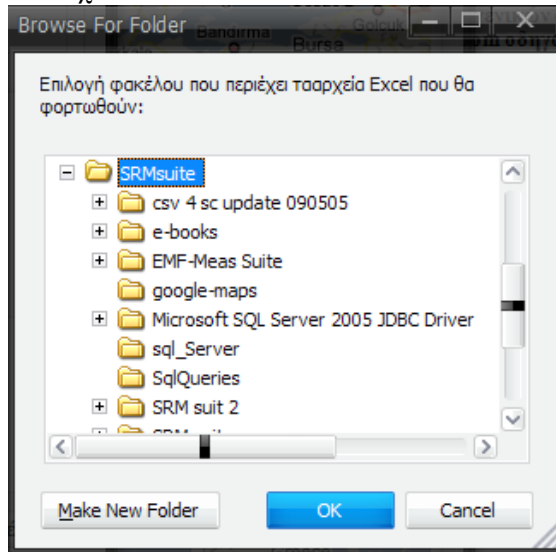


Εικόνα 5.27- Παράθυρο εισόδου μετρήσεων από αρχεία Excel, επιλογή για είσοδο πολλαπλών αρχείων μετρήσεων που υπάρχουν σε ένα φάκελο του υπολογιστή.

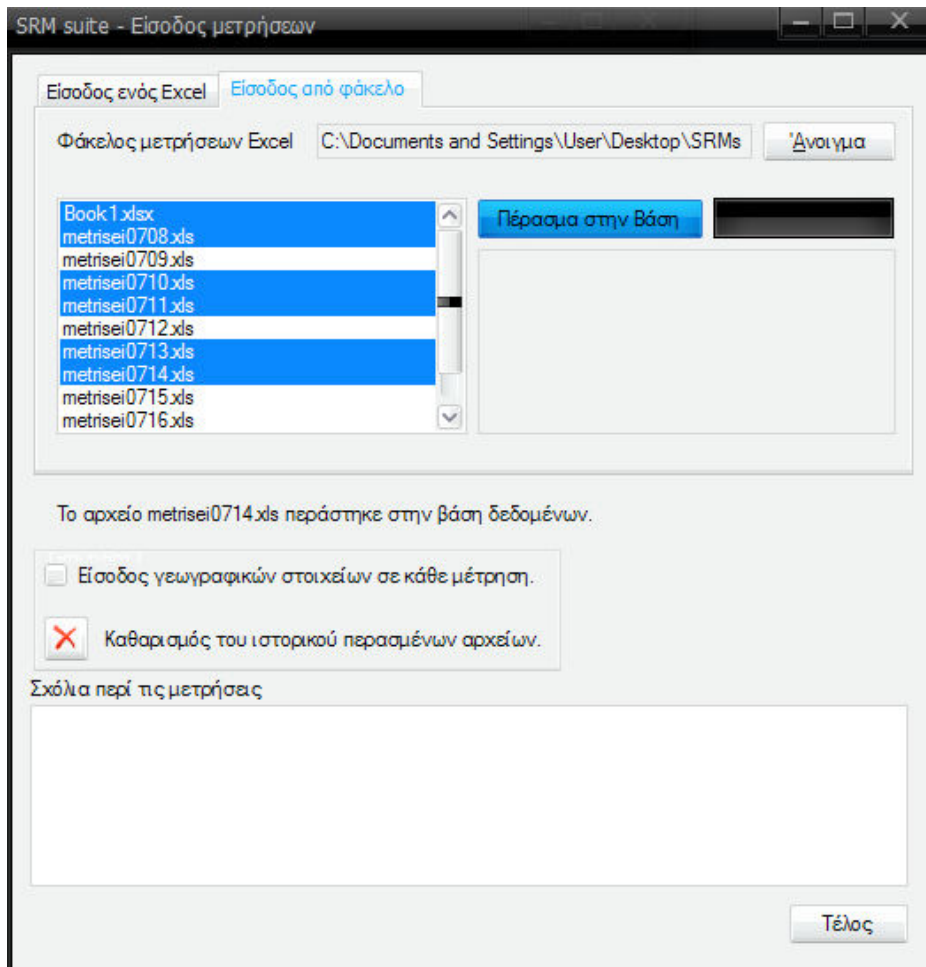
Δυνατοί χειρισμοί

- 'Είσοδος ενός Excel', για να μεταβούμε ξανά στη είσοδο ενός αρχείου μόνο
- 'Άνοιγμα', για να εμφανιστεί το παράθυρο επιλογής φακέλου από τον οποίο θα φορτωθούν τα αρχεία
- επιλογή αρχείων απο το πλαίσιο αριστερά (θα παρουσιαστεί σε επόμενη εικόνα)
- 'Πέρασμα στην Βάση', για να περαστούν τα επιλεγμένα αρχεία στην βάση (για να μπορεί το κουμπί να πατηθεί πρέπει πρώτα να φορτωθεί ένας φάκελος που περιέχει αρχεία Excel)
- 'Καθαρισμός του ιστορικού περασμένων αρχείων', για να διαγραφούν από την βάση τα ονόματα των περασμένων αρχείων τα οποία ελέγχει το σύστημα
- 'Είσοδος γεωγραφικών στοιχείων σε κάθε μέτρηση', με την προφανή χρησιμότητα
- 'Τέλος', για να κλείσει το παράθυρο και να ολοκληρωθεί η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων

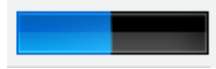
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



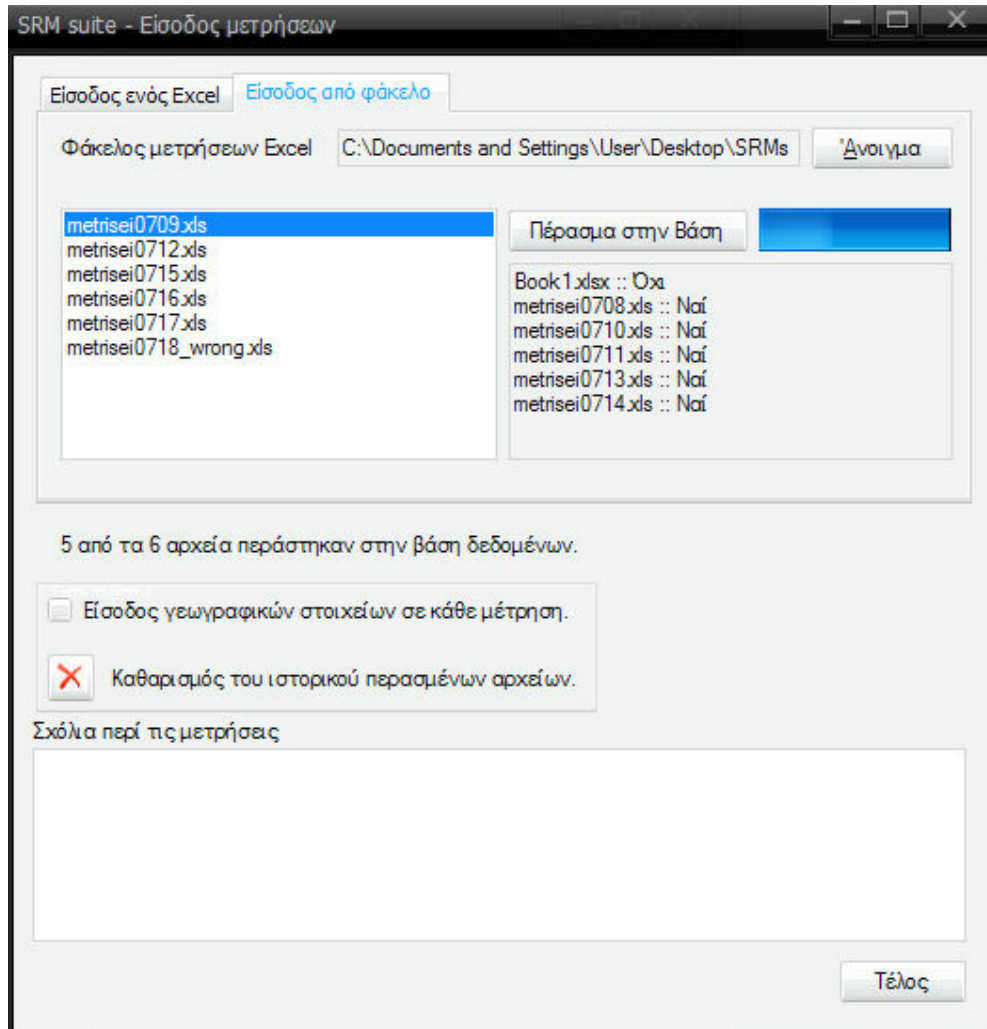
Εικόνα 5.28- Επιλογή φακέλου για την πολλαπλή είσοδο μετρήσεων



Εικόνα 5.29- Επιλογή των αρχείων που θέλουμε να εισαχθούν στην βάση δεδομένων



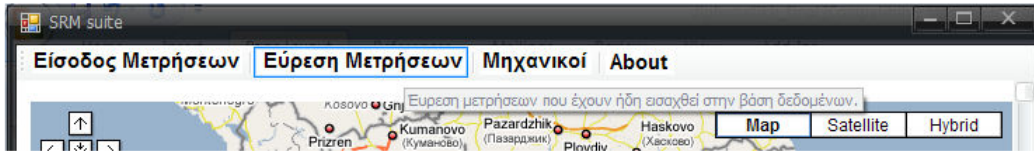
Εικόνα 5.30- Η progress bar γεμίζει καθώς το σύστημα επεξεργάζεται ένα προς ένα τα αρχεία που επιλέξαμε



Εικόνα 5.31- Η διαδικασία της εισαγωγής έχει τελειώσει. Το σύστημα ενημερώνει ποια αρχεία πέραστηκαν στην βάση και ποια όχι

5.3.4 Εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. επιλέγει 'εύρεση μετρήσεων'



3. αναζητά τα γενικά στοιχεία των μετρήσεων είτε γραμμικά (ένα προς ένα), είτε εισάγοντας το όνομα του υπεύθυνου για αυτές τις μετρήσεις μηχανικού, είτε εισάγοντας την ημερομηνία διαξαγωγής των μετρήσεων

SRM suite - Εύρεση μετρήσεων

1 of 1

Μηχανικός: Αναζήτηση

Ημερομηνία Πραγματοποίησης: Αναζήτηση

Γενικά Στοιχεία Μέτρησης

Κωδικός μέτρησης: 20

Φορέας Ανάθεσης: Δήμος Ζωγράφου

Υπεύθυνος Μηχανικός: Βασίλειος Τριγωνάκης

Στοιχεία Περιοχής

Νομός: Αττικής

Δήμος: Ζωγράφου

Περιοχή: Κάτω Ζωγράφου

Διεύθυνση: Ούλοφ Πάλμε 55

Ενεπλέκουσες Ημερομηνίες

Ανάθεσης: Thursday, October 02, 2008

Οργάνωσης: Sunday, October 12, 2008

Πραγματοποίησης: Wednesday, October 22, 2008

Σχόλια για την μέτρηση:

Παρατηρήσεις Αναφοράς:

Γ. πλάτος 37.9765954768843 Γ. μήκος 23.7618184089661

Αριθμός Μετρήσεων: 7

Προβολή

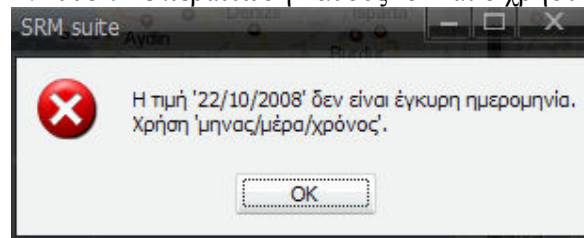
Κλείσιμο

Εικόνα 5.32- Παράθυρο εύρεσης μετρήσεων (γενικά στοιχεία)

Δυνατοί χειρισμοί

- περιήγηση ανάμεσα στα στοιχεία με την χρήση της toolbar
- αλλαγή στοιχείων της εγγραφής
- ‘Διαγραφή’, για να διαγραφεί οτιδήποτε αφορά αυτά τα γενικά στοιχεία μέτρησης από την βάση
- ‘Αποθήκευση’, για να αποθηκευθούν τυχόν αλλαγές που θα πραγματοποιηθούν στα στοιχεία
- ‘Ανανέωση’, για να ανανεωθούν όλες οι εγγραφές (πχ. αν θέλει ο χρήστης να δει πάλι όλες τις εγγραφές, ενώ προτείτερα είχε κάνει κάποιο search)

- ‘Αναζήτηση κατά μηχανικό’, για να βρεθούν οι εγγραφές που αφορούν ένα συγκεκριμένο μηχανικό (προφανώς απαιτείται πρώτα να συμπληρωθούν τα στοιχεία του μηχανικού. Αρκεί ένα μέρος των στοιχείων, πχ. ‘Βασίλ’ θα βρεί όλους τους μηχανικούς που το όνομα τους ξεκινάει με το κείμενο αυτό)
- ‘Αναζήτηση κατά ημερομηνία πραγματοποίησης’, για να βρεθούν όλες οι εγγραφές που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη ημερομηνία. Η μορφή της ημερομηνίας πρέπει να είναι ‘μήνας/μέρα/έτος’, πχ. ‘10/22/2008’. Σε περίπτωση λάθους format ο χρήστης ενημερώνεται:



- ‘Εισαγωγή γεωγραφικών στοιχείων από χάρτη’, ανοίγει το γνωστό παράθυρο και να αλλάξει τα GIS δεδομένα. (προσοχή: για τα γεωγραφικά δεδομένα **δεν** χρειάζεται να πατηθεί αποθήκευση για να σωθούν οι αλλαγές, σώζονται αυτόματα)
- ‘Προβολή’, για να ανοίξει το παράθυρο με τις επιμέρους μετρήσεις (θα παρουσιασθεί σε επόμενη εικόνα)
- ‘Εισαγωγή καινούργιων μετρήσεων από αρχεία Excel’, για να εισάγουμε περισσότερες μετρήσεις στο σετ μετρήσεων. Ανοίγει το παράθυρο τις Εικόνας 5.18, και έχει ακριβώς τον ίδιο χειρισμό
- ‘Κλείσιμο’, για να κλείσει το παράθυρο και να μεταβούμε πίσω στο κεντρικό παράθυρο

4. εαν επιθυμεί, βλέπει τις επιμέρους μετρήσεις

SRM suite - Στοιχεία μέτρησης

2 of 7

Στοιχεία ενός αρχείου μετρήσεων

Κωδικός Μέτρησης: 20 Κωδικός Εισαγωγής: 74 Antenna Calibration Date: 9/19/2006

Store Mode: MAN Threshold: 2.49999993684469E-05 Comment:

Date and Time: 7/14/2007 Display: DETAIL No. of SAVG: 0

Fmin [Hz]: 75000000 Axis: RSS Average Flag:

Fmax [Hz]: 3000000000 Standard Name: Overdrive Flag:

RBW [Hz]: 0 Service Table Name: Hemes Total Value [V/m]: 0.224639996886253

Meas. Range [V/m]: 2.5 Device Serial No.: E-0060 Total Noise Flag: UNCHECKED

Unit: V/m Device calibration Date: 4/28/2006 Others Value [V/m]: 0

Result Type: MAX Device Firmware Version: SRM-FW V1.4.10 Other Noise Flag: UNCHECKED

Average Type: NUMBER Cable Name: Γεωγραφικό πλάτος: 37.9765954768843

Average Time [s]: 60 Cable Serial No.: Γεωγραφικό μήκος: 23.7618184089661

Number of Averages: 4 Cable Calibration Date: 10/23/2008

Noise Threshold Factor: 0 Antenna Name: 3AX 75M-3G

Noise Threshold: OFF Antenna Serial No.: E-0036 Σχόλιο:

Service Name	Value [V/m]	Lower Frequency [Hz]	Upper Frequency [Hz]
	0.0362109988927841	75000000	87000000
FM	0.0441569983959198	87000000	109000000
TV [UHF] - CB	0.07761500030756	109000000	300000000
	0.0443970002233982	300000000	450000000
TV [UHF]	0.0621449984610081	450000000	860000000
GSM	0.0269280001521111	860000000	1000000000
	0.0627849996089935	1000000000	1700000000
GSM - UMTS	0.0742629989981651	1700000000	2200000000
	0.15862999856472	2200000000	3000000000

Προηγούμενο Κλείσιμο

Εικόνα 5.33- Παράθυρο επιμέρους μετρήσεων.

Δυνατοί χειρισμοί

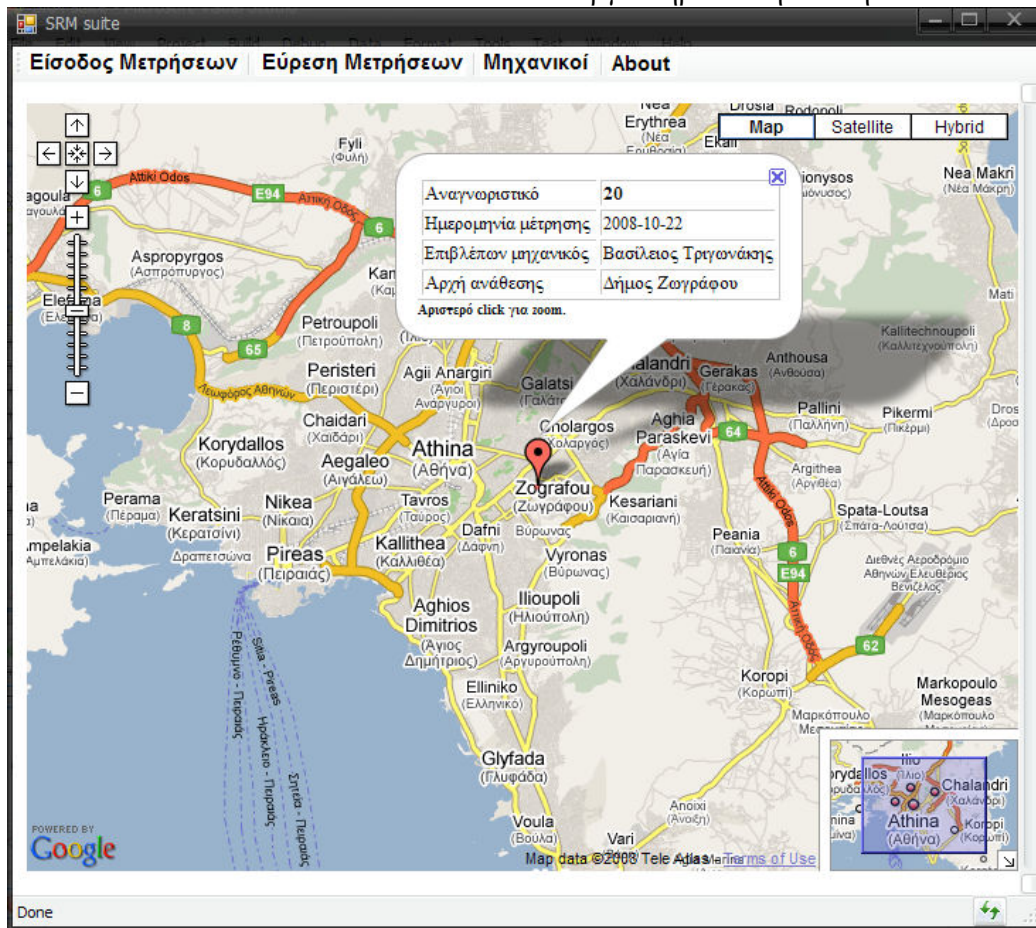
- περιήγηση ανάμεσα στα στοιχεία με την χρήση της toolbar
- αλλαγή στοιχείων της εγγραφής
- ‘Διαγραφή’, για να διαγραφεί η συγκεκριμένη εγγραφή
- ‘Αποθήκευση’, για να αποθηκευθούν τυχόν αλλαγές που θα πραγματοποιηθούν στα στοιχεία
- ‘Εισαγωγή γεωγραφικών στοιχείων από χάρτη’, ανοίγει το γνωστό παράθυρο και να αλλάξει τα GIS δεδομένα. (προσοχή: για τα γεωγραφικά δεδομένα δεν χρειάζεται να πατηθεί αποθήκευση για να σωθούν οι αλλαγές, σώζονται αυτόματα)
- ‘Εισαγωγή καινούργιων μετρήσεων από αρχεία Excel’, για να εισάγουμε περισσότερες μετρήσεις στο σετ μετρήσεων. Ανοίγει το παράθυρο τις Εικόνας 5.18, και έχει ακριβώς τον ίδιο χειρισμό

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

- ‘Κλείσιμο’, για να κλείσει το παράθυρο και να μεταβούμε πίσω στο κεντρικό παράθυρο
- ‘Προηγούμενο’, για να επιστρέψουμε στο παράθυρο εύρεσης μετρήσεων (γενικών στοιχείων)

5.3.5 Εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων μέσω χάρτη

1. ο χρήστης εισάγει username και password και μπαίνει στο σύστημα
2. ο κεντρικός χάρτης θα βρίσκεται στο κεντρικό παράθυρο του συστήματος, οπότε επιλέγει την περιοχή στην οποία έχει γίνει η μέτρηση και κάνει zoom στον χάρτη



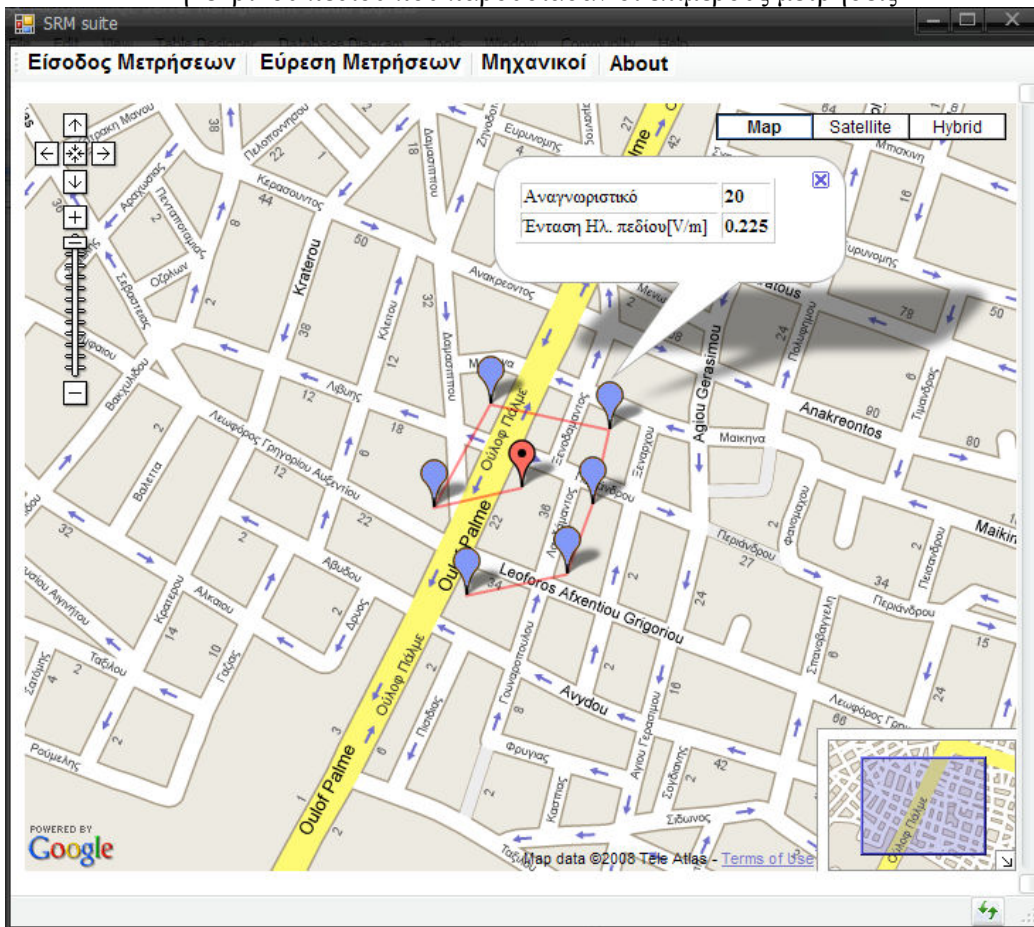
Εικόνα 5.34 – Κεντρικό παράθυρο συστήματος, χάρτης. Ο χρήστης έχει κάνει zoom στην περιοχή που τον ενδιαφέρει

Δυνατοί χειρισμοί

- μετακίνηση του χάρτη είτε από την toolbar πάνω αριστερά, είτε με συνεχές πάτημα αριστερού click και drag
- zoom του χάρτη στο σημείο που υπάρχουν οι μετρήσεις που ψάχνουμε. Στην εικόνα έχει γίνει ήδη zoom. Επιλέχθηκε οι σημαίες που αντιστοιχούν στα γενικά στοιχεία (κόκκινες) να εμφανίζονται μετά από κάποιο επίπεδο zoom και όχι σε κάθε επίπεδο, διότι διαφορετικά ο χάρτης θα γέμιζε σημαίες μετά από κάποιο αριθμό μετρήσεων. Οι σημαίες των επιμέρους μετρήσεων (μπλε) εμφανίζονται σε ακόμα μεγαλύτερο επίπεδο zoom.
- ‘δείκτης πάνω σε κόκκινη σημαία’, για να εμφανιστούν τα γενικά στοιχεία, όπως στην εικόνα
- ‘click πάνω σε κόκκινη σημαία’, για να γίνει zoom στην περιοχή της σημαίας και να εμφανιστούν και οι επιμέρους μετρήσεις (μπλέ σημαίες, επόμενη εικόνα)
- ‘Refresh’, για να επιστρέψει ο χάρτης στην αρχική του κατάσταση

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

3. βλέπει κάποια γενικά στοιχεία για την μέτρηση, αλλά και την ένταση ηλεκτρικού πεδίου που παρουσίασαν οι επιμέρους μετρήσεις



Εικόνα 5.35 – Κεντρικό παράθυρο συστήματος, χάρτης. Ο χρήστης έχει κάνει click σε κόκκινη σημαία

Δυνατοί χειρισμοί

- μετακίνηση του χάρτη είτε από την toolbar πάνω αριστερά, είτε με συνεχές πάτημα αριστερού click και drag
- zoom του χάρτη
- ‘δείκτης πάνω σε κόκκινη σημαία’, για να εμφανιστούν τα γενικά στοιχεία για την μέτρηση
- ‘click πάνω σε μπλε σημαία’, για να εμφανιστούν στοιχεία για την συγκεκριμένη μέτρηση, όπως στην εικόνα. Επιλέχθηκε να εμφανίζεται μόνο το αναγνωριστικό και η συνολική ένταση ηλ. Πεδίου κάθε μέτρησης, για να αποφευχθούν οι μεγάλες καθυστερήσεις στο φόρτωμα του χάρτη καθώς τα δεδομένα αυξάνονται
- ‘Refresh’, για να επιστρέψει ο χάρτης στην αρχική του κατάσταση

Το κόκκινο polyloline ενώνει τις σημαίες που αντιστοιχούν σε ένα σετ για να τονίσει ποιες σημαίες ανήκουν στο συγκεκριμένο σετ.

5.3.6 Αλλαγή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων

1. ο χρήστης πραγματοποιεί την περίπτωση χρήσης ‘εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων’ για τις μετρήσεις που θέλει να αλλάξει
2. πραγματοποιεί τις αλλαγές που επιθυμεί. Αν επιθυμεί να αλλάξει τα γεωγραφικά δεδομένα των μετρήσεων, μπορεί να το πραγματοποιήσει είτε εισάγοντας ‘χειροκίνητα’ τα νέα δεδομένα, είτε με την χρήση χάρτη.

SRM suite - Εύρεση μετρήσεων

1 of 1

Μηχανικός: Αποθήκευση αλλαγών.

Ημερομηνία Πραγματοποίησης: Αναζήτηση

Γενικά Στοιχεία Μέτρησης

Κωδικός μέτρησης:

Φορέας Ανάθεσης:

Υπεύθυνος Μηχανικός:

Στοιχεία Περιοχής

Νομός:

Δήμος:

Περιοχή:

Διεύθυνση:

Ενεπλέκουσες Ημερομηνίες

Ανάθεσης:


Οργάνωσης:


Πραγματοποίησης:

Σχόλια για την μέτρηση:

Παρατηρήσεις Αναφοράς:

Γ. πλάτος: Γ. μήκος:



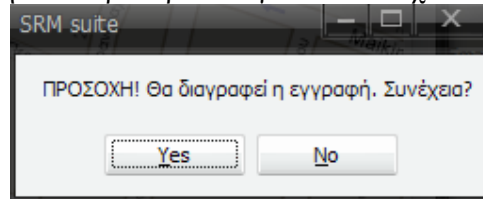
Αριθμός Μετρήσεων: Προβολή 

Εικόνα 5.36 – Ο χρήστης έχει αλλάξει τα στοιχεία που επιθυμεί

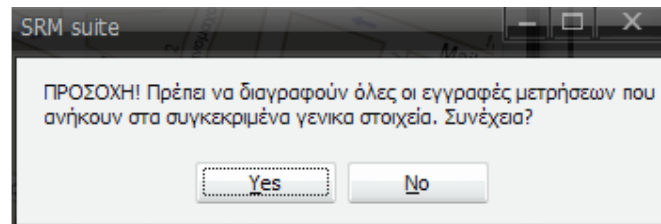
3. επιλέγει ‘αποθήκευση’

5.3.7 Διαγραφή δεδομένων ήδη εισαχθέντων μετρήσεων

1. ο χρήστης πραγματοποιεί ‘εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων’ για τις μετρήσεις που θέλει να διαγράψει
2. αν θέλει να διαγράψει την συγκεκριμένη μέτρηση ως σύνολο, πατάει διαγραφή στο παράθυρο των γενικών στοιχείων της μέτρησης

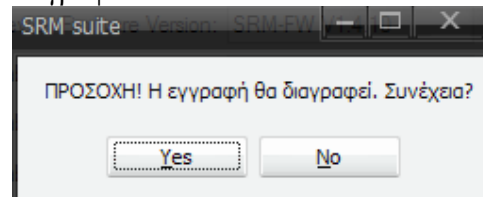


Εικόνα 5.37 – Επικύρωση διαγραφής την γενικής εγγραφής μετρήσεων



Εικόνα 5.38 – Επικύρωση διαγραφής. Γίνονται δύο επικυρώσεις, διότι η επιλογή διαγραφής των γενικών στοιχείων επιφέρει την διαγραφή των επιμέρους μετρήσεων

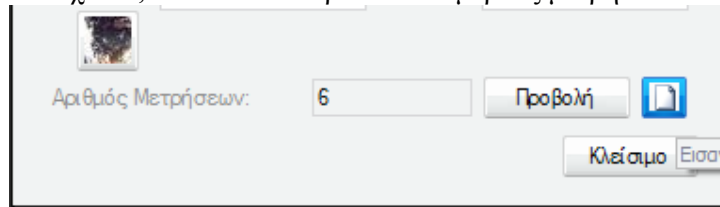
3. αν θέλει να διαγράψει επιμέρους μετρήσεις, μπαίνει στο παράθυρο των συγκεκριμένων μετρήσεων και επιλέγει διαγραφή σε κάθε μια που θέλει να διαγράψει



Εικόνα 5.39– Επικύρωση διαγραφής επιμέρους μέτρησης

5.3.8 Εισαγωγή περισσότερων μετρήσεων που να αντιστοιχούν σε ήδη εισαχθέντα γενικά στοιχεία μέτρησης

1. ο χρήστης πραγματοποιεί την περίπτωση χρήσης ‘εύρεση ήδη εισαχθέντων μετρήσεων’ για τα γενικά στοιχεία στα οποία θέλει να εισάγει περισσότερες μετρήσεις
2. επιλέγει ‘εισαγωγή μετρήσεων’, είτε από το παράθυρο γενικών στοιχείων, είτε από το παράθυρο επιμέρους μετρήσεων



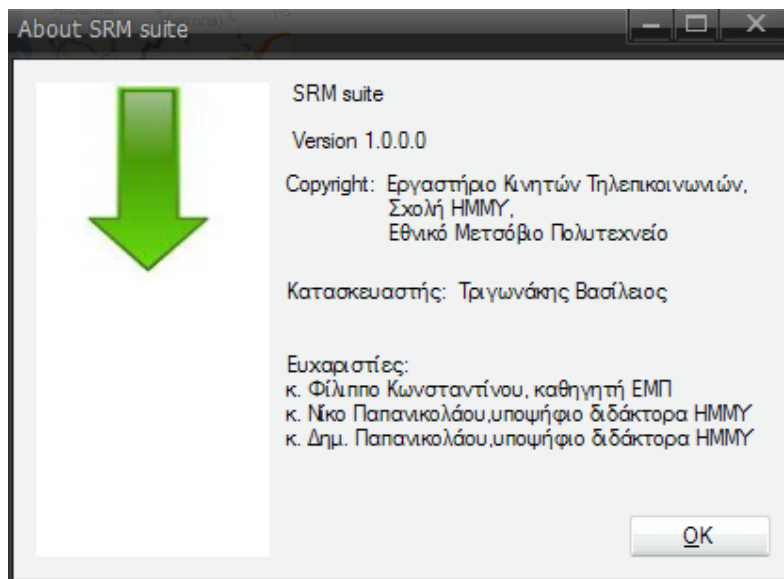
Εικόνα 5.40– Επιλογή εισαγωγής περισσότερων μετρήσεων από το παράθυρο γενικών μετρήσεων



Εικόνα 5.41– Επιλογή εισαγωγής περισσότερων μετρήσεων από το παράθυρο επιμέρους μετρήσεων

3. εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής αρχείων Excel και ο χρήστης εισάγει τα αρχεία που επιθυμεί, όπως και στην περίπτωση χρήσης: ‘εισαγωγή καινούργιων μετρήσεων’, βήμα 5

5.3.9 Παράθυρο πληροφοριών (About box)



Εικόνα 5.42– About box

Βιβλιογραφία

- [1] Πρόγραμμα συστηματικών μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας-“Ερμής”:http://www.hermes-program.gr/gr/emrinfo_basic.html
- [2] ΑΤΗΚ-CΥΤΑ- Ειδική έκδοση από το Medlook «Ηλεκτρομαγνητικά πεδία πρόσφατες εξελίξεις»: <http://www.medlook.net/emf2/fovos.asp>
- [3] ΕΕΤΤ, «Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και κινητή τηλεφωνία-Τα επιστημονικά δεδομένα», 1-12-06
- [4] Κοινή Απόφαση υπ’ αριθ. 53571/3839 των Υπουργών Ανάπτυξης, Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000), « Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά»
- [5] ΕΕΑΕ-«Υπόδειγμα τεχνικής μελέτης ραδιοεκπομπών μικροκυματικών κεραιών σημειακών ζεύξεων και κεραιών επίγειων δορυφορικών σταθμών»: http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/misc/_applications
- [6] Οδηγία 1999/519/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης, “Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)“
- [7] ELF Gateway, First Semi-Annual Executive Update, October 2006-March 2007
- [8] Νόμος 3431 (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006) «Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις»
- [9] ΕΕΑΕ, «Καθορισμός ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του Ν. 3431/2006 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006)», Αγ. Παρασκευή, 12.01.2007
- [10] ΕΕΑΕ-«Υπόδειγμα τεχνικής μελέτης ραδιοεκπομπών κεραιών σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας»: http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/misc/_applications
- [11] Nesrin Seyhan, “Limitations to EMF exposure worldwide and the situation in Turkey”, IEEE, 2003