

6^ο ΕΠΑ.Λ. ΑΘΗΝΑΣ

Σχολικό Έτος : 2011-2012

Α' Τετράμηνο

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ: «ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ – ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ»

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Τμήμα: Α1Π

Υπεύθυνοι καθηγητές:

- Σταυρόπουλος Γεώργιος, Τεχν. Ηλεκτρονικός Μηχανικός, ΠΕ17.08
- Μπαλάσκας Αθανάσιος , Φυσικός Ραδιοηλεκτρολόγος, ΠΕ12.10

Αθήνα, Ιανουάριος 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	3
2. Οδηγίες Έκθεσης.....	3
3. Νομικό πλαίσιο.....	3
4. Εξοπλισμός μετρήσεων	5
5. Αποτελέσματα μετρήσεων.....	5
5.1. Εισαγωγή.....	5
5.2. Θέση και χρόνος μετρήσεων.....	6
5.3. Εκτίμηση μέγιστης έκθεσης	7
Μέτρηση 1: Γραφείο καθηγητών	7
Μέτρηση 2: Γραφείο Διευθυντή	8
Μέτρηση 3: Αναρρωτήριο.....	9
Μέτρηση 4: Κεντρική είσοδος	10
Μέτρηση 5: Προαύλιο	11
Μέτρηση 6: Εργαστήριο Ηλεκτρονικής.....	12
Μέτρηση 7: Εργαστήριο Πληροφορικής (επί της οδού Μιχαλακοπούλου).....	13
5.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα όλων των μετρήσεων	14
6. Συμπεράσματα	16
7. Βιβλιογραφία.....	18

1. Εισαγωγή

Το πρώτο μέρος της ερευνητικής εργασίας αφορά τη μέτρηση των επιπέδων της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από οποιαδήποτε πηγή στο συχνοτικό φάσμα από 50MHz έως 3.5GHz. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από τις τρεις ομάδες του τμήματος (NOKIA, SONY ERICSSON, LG), που αφορούσαν την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος εντός του σχολικού συγκροτήματος του 6^{ου} Επαγγελματικού Λυκείου Αθηνών. Σκοπός ήταν ο έλεγχος από πλευράς ακτινοπροστασίας, ώστε να διαπιστωθεί η συμμόρφωση ή όχι με τα όρια ασφαλούς έκθεσης όπως αυτά καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία.

2. Οδηγίες Έκθεσης

Οι οδηγίες για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στοχεύουν στην προστασία της ανθρώπινης υγείας, θεσπίζοντας όρια (επίπεδα αναφοράς) σε κατάλληλα φυσικά μεγέθη. Μεταξύ άλλων φυσικών μεγεθών θεσπίζονται όρια για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E), την ένταση του μαγνητικού πεδίου (H) και την πυκνότητα ροής ισχύος (S) (Παράρτημα Α). Δεδομένου ότι η αρχή της προφύλαξης επιτάσσει «καλύτερα ασφαλής παρά μετανιωμένος» οι οργανισμοί που ασχολούνται με την ανάπτυξη οδηγιών έκθεσης (ηχ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για την αποφυγή πιθανών επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπων. Παράλληλα, πραγματοποιούνται εργαστηριακές και επιδημιολογικές μελέτες προκειμένου να αναλυθούν σε πραγματική κλίμακα ποιες είναι οι επιπτώσεις από την έκθεση των ανθρώπων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

3. Νομικό πλαίσιο

Με Κοινή Υπουργική Απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης, ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, Υγείας-Πρόνοιας και Μεταφορών-Επικοινωνιών [5], θεσπίστηκαν για πρώτη φορά στην Ελλάδα τα όρια έκθεσης για την προστασία του γενικού πληθυσμού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά. Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει τα επίπεδα αναφοράς στο ζητούμενο συχνοτικό φάσμα, με τα οποία θα συγκριθούν τα μετρούμενα μεγέθη.

Πίνακας 1. Επίπεδα αναφοράς στη ζητούμενη συχνοτική περιοχή βάσει της υπ' αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ.

Συχνότητες	Ένταση ηλ. πεδίου, rms (E σε V/m)	Ένταση μαγν. πεδίου, rms (H σε A/m)	Ισοδύναμη πυκνότητα ροής ισχύος επίπεδου κύματος (S_{eq} σε W/m^2)
10-400 MHz	28	0.073	2
400-2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0.16	10

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 ως 10GHz, οι τιμές των S_{eq} , E^2 , και H^2 πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας έξι λεπτών (6min).

Μετά την έκδοση, όμως του νόμου 3431/2006 [6] και σύμφωνα με το άρθρο 31, §9 αυτού, τα όρια έκθεσης ορίζονται στο 70% των τιμών που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της αρχικής κοινής υπουργικής απόφασης. Επιπλέον, στην §10 του παραπάνω άρθρου, αναφέρεται ότι σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραιάς σε απόσταση **μέχρι 300μέτρων** από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, **σχολείων**, γηροκομείων και νοσοκομείων, τα όρια έκθεσης του κοινού απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των τιμών της αρχικής κοινής υπουργικής απόφασης. Συνεπώς ο Πίνακας 1 στην αυστηρότερη περίπτωση (60%) μετασχηματίζεται ως ακολούθως:

Πίνακας 2. Επίπεδα αναφοράς στη ζητούμενη συχνοτική περιοχή βάσει του Ν.3431/2006.

Συχνότητες	Ένταση ηλ. πεδίου, rms (E σε V/m)	Ένταση μαγν. πεδίου, rms (H σε A/m)	Ισοδύναμη πυκνότητα ροής ισχύος επίπεδου κύματος (S_{eq} σε W/m^2)
10-400 MHz	21.7	0.0565	1.2
400-2000 MHz	$1.065 f^{1/2}$	$0.00287 f^{1/2}$	$f/333$
2-300 GHz	47.2	0.124	6

4. Εξοπλισμός μετρήσεων

Για την μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χρησιμοποιούμε τον ισοτροπικό αισθητήρα ευρέος φάσματος M480836 της εταιρείας Extech Instruments (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β), έτσι ώστε να καταγράφεται οποιαδήποτε συνεισφορά στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο από κεραίες – πομπούς (κινητής τηλεφωνίας, ραδιοφωνικές, τηλεοπτικές κλπ), οι οποίες εκπέμπουν στην περιοχή συχνοτήτων 50 MHz – 3.5 GHz και ενδεχομένως βρίσκονται εγκατεστημένες στην ευρύτερη περιοχή.



Σχήμα 1. Ισοτροπικός αισθητήρας M480836 Extech Instruments.

5. Αποτελέσματα μετρήσεων

5.1. Εισαγωγή

Όταν βρισκόμαστε στο μακρινό πεδίο της κεραίας – πομπού το κύμα θεωρείται επίπεδο και αρκεί η μέτρηση της έντασης μόνο του ηλεκτρικού (E) ή του μαγνητικού (H) πεδίου. Αντίθετα στο κοντινό πεδίο είναι αναγκαία η μέτρηση της έντασης τόσο του ηλεκτρικού όσο και του μαγνητικού πεδίου. Στην παρούσα εργασία μετρήσαμε στο μακρινό πεδίο την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E) από όπου προέκυψαν με κατάλληλο υπολογισμό η ένταση του μαγνητικού πεδίου (H) και η ισοδύναμη πυκνότητα ροής ισχύος (S). Μάλιστα μετρήσαμε μία φορά με τον ισοτροπικό αισθητήρα σε λειτουργία MAX για να καταγράψουμε τη μέγιστη τιμή της έντασης και μία φορά σε λειτουργία AVG για να καταγράψουμε τη μέση τιμή της. Η χρονική περίοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης τιμής της έντασης είναι αυτή των 6min. Το ύψος στο οποίο είχε τοποθετηθεί ο ισοτροπικός αισθητήρας ήταν περίπου στα 1.70 μέτρα από το δάπεδο.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται σε κατάλληλα γραφήματα η μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E), η μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (H) και η μέγιστη πυκνότητα ροής ισχύος

5.3. Εκτίμηση μέγιστης έκθεσης

Μέτρηση 1: Γραφείο καθηγητών

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **37 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



Σχήμα 3. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 1.

Πίνακας 3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 1.

	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	0,593	2,73%	0,00157	2,78%	0,00093	0,08%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	0,445	2,05%	0,00118	2,09%	0,00053	0,04%

Μέτρηση 2: Γραφείο Διευθυντή

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **47 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



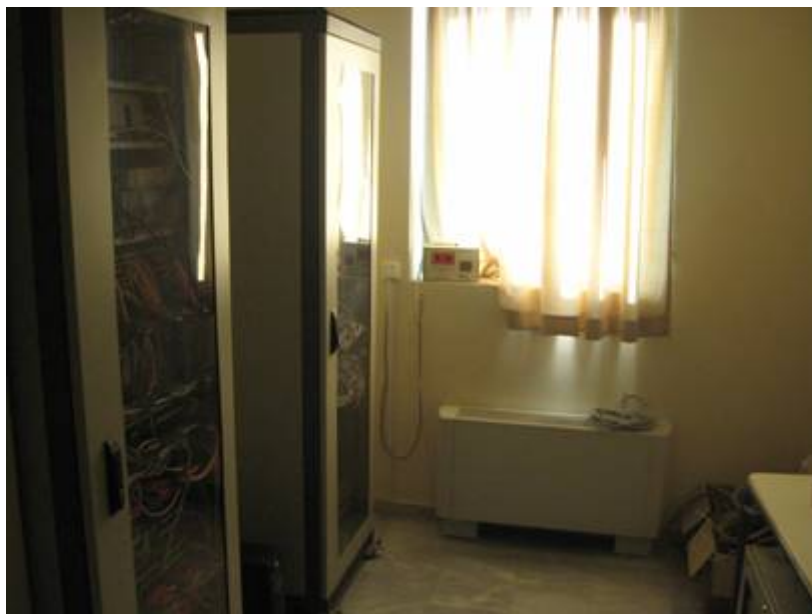
Σχήμα 4. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 2.

Πίνακας 4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 2.

	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ Ε (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ Η (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	0,465	2,14%	0,00123	2,18%	0,00057	0,05%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	0,402	1,85%	0,00107	1,89%	0,00043	0,04%

Μέτρηση 3: Αναρρωτήριο

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **20 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



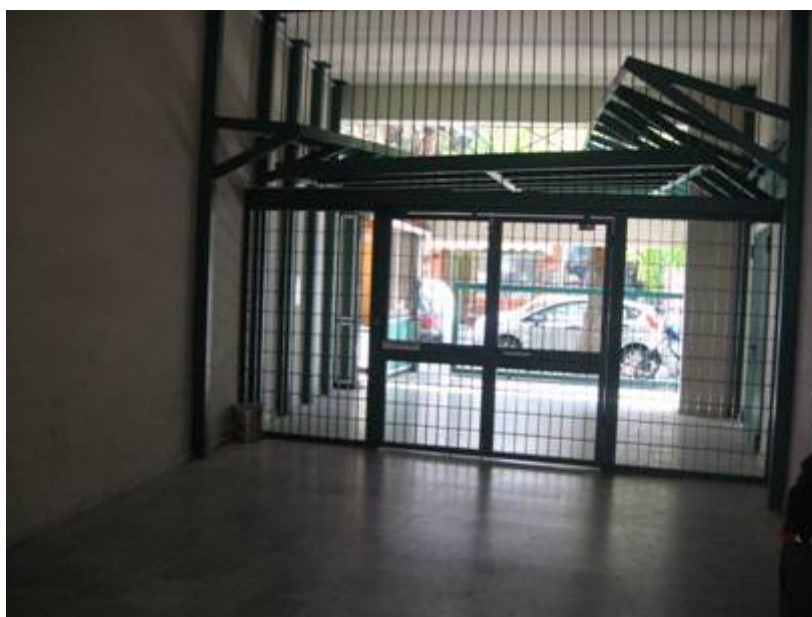
Σχήμα 5. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 3.

Πίνακας 5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 3.

	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	1,074	4,95%	0,00285	5,04%	0,00306	0,25%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	0,720	3,32%	0,00191	3,38%	0,00138	0,11%

Μέτρηση 4: Κεντρική είσοδος

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **748 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



Σχήμα 6. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 4.

Πίνακας 6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 4.

	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	0,029	0,13%	0,00008	0,14%	0,000002	0,0002%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	0,023	0,11%	0,00006	0,11%	0,000001	0,0001%

Μέτρηση 5: Προαύλιο

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **24 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



Σχήμα 7. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 5.

Πίνακας 7. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 5.

	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	0,029	0,13%	0,00008	0,14%	0,000002	0,0002%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	0,023	0,11%	0,00006	0,11%	0,000001	0,0001%

Μέτρηση 6: Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **25 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



Σχήμα 8. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 6.

Πίνακας 8. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 6.

Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ						
	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	0,858	3,95%	0,00228	4,03%	0,00195	0,16%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	0,208	0,96%	0,00055	0,98%	0,00011	0,01%

Μέτρηση 7: Εργαστήριο Πληροφορικής (επί της οδού Μιχαλακοπούλου)

Από τον Πίνακα που ακολουθεί προκύπτει ότι η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3.5GHz στην παραπάνω θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης ήταν **13 φορές μικρότερη** από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



Σχήμα 9. Φωτογραφία θέσης μέτρησης 7.

Πίνακας 9. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μέτρησης 7.

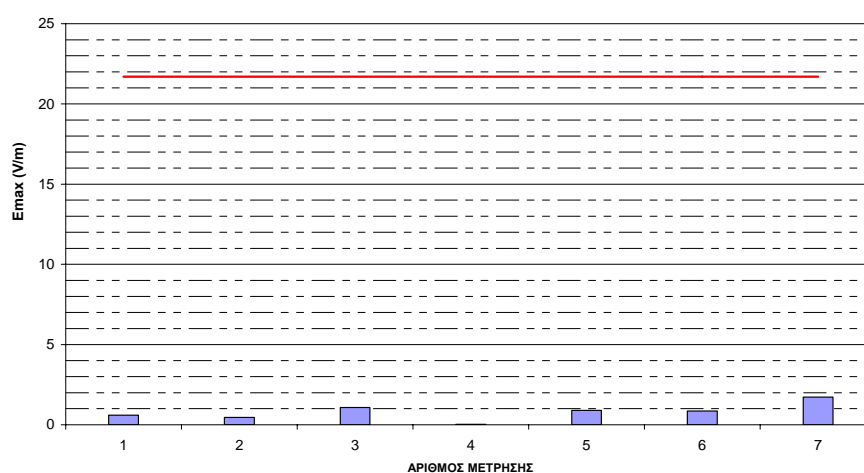
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ						
	ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ Ε (V/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ Η (A/m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΑΥΤΗΡΟΤΕΡΟΥ ΟΡΙΟΥ
MAX (ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ)	1,723	7,94%	0,00457	8,09%	0,00787	0,66%
AVG (ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ)	1,588	7,32%	0,00421	7,46%	0,00669	0,56%

5.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα όλων των μετρήσεων

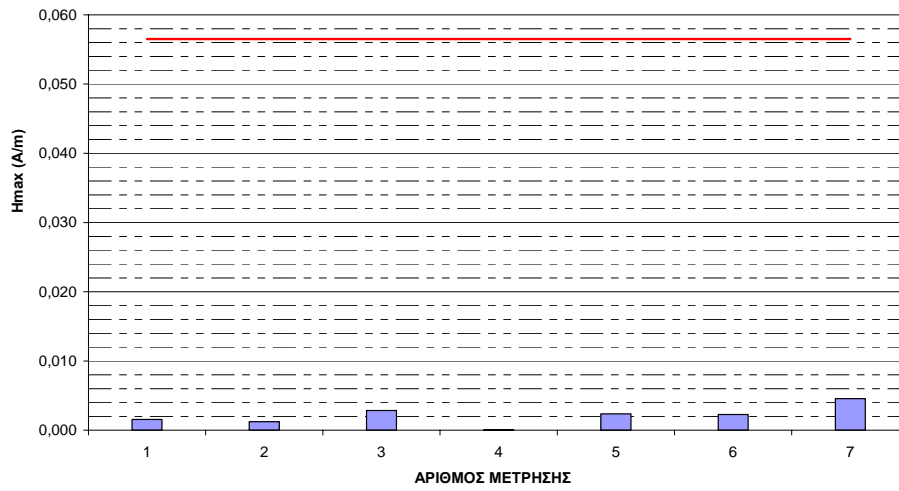
Στον παρακάτω πίνακα και διαγράμματα παρατίθενται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Πίνακας 10. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα όλων των μετρήσεων.

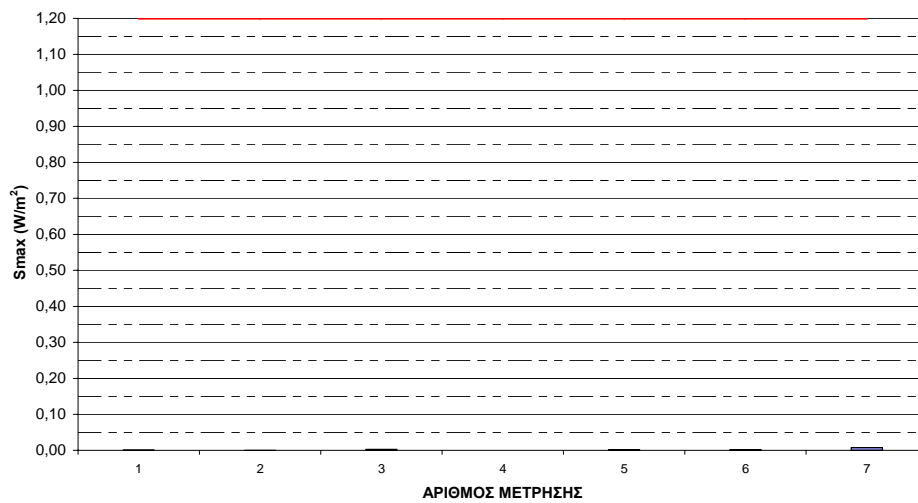
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ						
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)	ΑΥΣΤΗΡΟΤΕΡΟ ΟΡΙΟ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΑΥΣΤΗΡΟΤΕΡΟ ΟΡΙΟ ΕΝΤΑΣΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ H (A/m)	ΑΥΣΤΗΡΟΤΕΡΟ ΟΡΙΟ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ S (W/m ²)
1	0,593	0,00157	0,000933	21,700	0,0565	1,2
2	0,465	0,00123	0,000574	21,700	0,0565	1,2
3	1,074	0,00285	0,003060	21,700	0,0565	1,2
4	0,029	0,00008	0,000002	21,700	0,0565	1,2
5	0,893	0,00237	0,002115	21,700	0,0565	1,2
6	0,858	0,00228	0,001953	21,700	0,0565	1,2
7	1,723	0,00457	0,007875	21,700	0,0565	1,2



Σχήμα 10: Τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E).



Σχήμα 11: Τιμές της έντασης του μαγνητικού πεδίου (H).

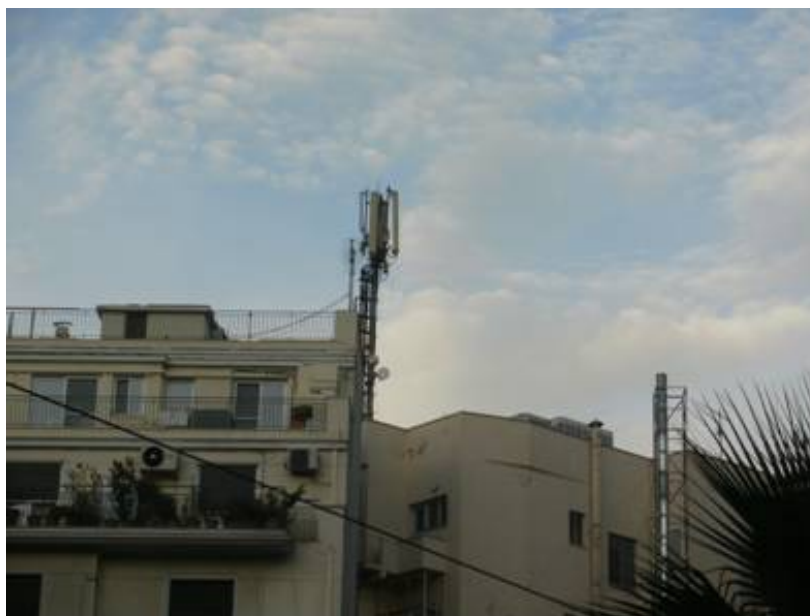


Σχήμα 12: Τιμές της πυκνότητας ροής ισχύος (S).

6. Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου $E(V/m)$, η ένταση του μαγνητικού πεδίου $H(A/m)$ και η πυκνότητα ροής ισχύος $S(W/m^2)$ παρουσιάζουν τιμές εντός των ορίων όπως αυτές καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία. Επομένως, δεν παρουσιάζεται υπέρβαση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού (μαθητών και εκπαιδευτικού προσωπικού) σε εκπομπές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Βέβαια θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η περιοχή λειτουργίας του σχολείου είναι ιδιαίτερα επιβαρυνόμενη ηλεκτρομαγνητικά καθώς σε κοντινή απόσταση από 100 έως και 300 μέτρα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολλές και διαφορετικές πηγές (κεραίες κινητής τηλεφωνίας στον «Πύργο Αθηνών», κεραίες κινητής τηλεφωνίας στην οδό Μιχαλακοπούλου, κεραίες κινητής τηλεφωνίας στην πλατεία Μαβίλη, πομποδέκτες στην Αμερικάνικη πρεσβεία, κεραίες ραδιόφωνου και τηλεόρασης στον Υμηττό κτ). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι υπάρχει καταγεγραμμένη μέγιστη τιμή της πυκνότητας ροής ισχύος από το σταθμό μέτρησης του σχολείου μας (βλέπε <http://www.hermes-program.gr/station.aspx?stationID=S012001>) η οποία είναι μόνο τρεις φορές κάτω από το όριο.



Σχήμα 13: Κεραίες κινητής τηλεφωνία στην πλατεία Μαβίλη.



Σχήμα 14: Κεραίες κινητής τηλεφωνία στον «Πύργο Αθηνών».



Σχήμα 15: Κεραίες εκπομπής ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού σήματος στον Υμηττό.

Επιπλέον, ανάμεσα στα σημεία που έγιναν μετρήσεις, το πιο επιβαρυνμένο είναι αυτό έξω από το Εργαστήριο Πληροφορικής (Μέτρηση 6). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην παρουσία των κεραιών κινητής τηλεφωνίας που βρίσκονται εγκατεστημένες σε κτίριο επί της οδού Μιχαλακοπούλου, ακριβώς απέναντι από το σημείο μέτρησης (Σχήμα 9).

7. Βιβλιογραφία

- [1] <http://emf.physics.auth.gr/index.htm>
- [2] <http://www.pedion24.gr/index.jsp>
- [3] <http://www.hermes-program.gr/>
- [4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", Health Physics, vol. 74, pp. 494-522, 1998. European Commission, "Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)".
- [5] Υπ' αριθμόν 53571/3839/6-9-2000 Κοινή υπουργική Απόφαση με θέμα: «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά», (ΦΕΚ 1105/Β/06-09-2000).
- [6] Υπ' αριθμόν Π/105/014/12-01-2007 εγκύκλιος της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας με θέμα: «Καθορισμός ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του Ν. 3431/2006 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Έκθεση: Προκύπτει όπου ένα άτομο υπόκειται σε ηλεκτρικά, μαγνητικά ή ηλεκτρομαγνητικά πεδία ή ρεύματα επαφής διαφορετικά από αυτά που προέρχονται από φυσιολογικές διαδικασίες του σώματος και άλλα φυσικά φαινόμενα.

Πρότυπο Έκθεσης: Κανονισμοί, συστάσεις ή ένα πρότυπο που ασχολείται με όρια επιτρεπόμενης έκθεσης, που εκδόθηκε από μία υπεύθυνη Αρχή.

Μη ιονίζουσα ακτινοβολία: Οποιαδήποτε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι ανίκανη να αποσπάσει ηλεκτρόνια από άτομα ή μόρια για να παράγει άμεσα ή έμμεσα ιόντα ή ιονισμένα μόρια.

Περιοχή μακρινού πεδίου: Ονομάζεται εκείνη η περιοχή του πεδίου μιας κεραίας όπου η γωνιακή πεδιακή κατανομή είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από την απόσταση από την κεραία. Σ' αυτήν την περιοχή, το πεδίο έχει επικρατέστερο χαρακτήρα επίπεδου κύματος, δηλαδή με ομοιόμορφες τοπικές κατανομές έντασης ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου σε επίπεδα εγκάρσια της διεύθυνσης της διάδοσης.

Πυκνότητα ροής ισχύος (S): Πρόκειται για την ισχύ ακτινοβολίας που προσπίπτει κάθετα προς μια επιφάνεια, διαιρούμενη δια το εμβαδόν της επιφάνειας, εκφράζεται δε σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2). Για επίπεδα κύματα, η πυκνότητα ροής ισχύος (S), η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και η ενεργός τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου συνδέονται με την εμπέδηση του ελεύθερου χώρου (377Ω) με την ακόλουθη σχέση: $S=E^2/377=377\cdot H^2$.

Ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E): Είναι το διανυσματικό μέγεθος που αντιστοιχεί στη δύναμη που ασκείται σε ένα φορτισμένο σωματίδιο, ανεξάρτητα από την κίνησή του στο χώρο. Εκφράζεται σε βολτ ανά μέτρο (V/m).

Ένταση μαγνητικού πεδίου (H): Είναι ένα διανυσματικό μέγεθος (H), το οποίο, σε συνδυασμό με την πυκνότητα μαγνητικής ροής, ορίζει ένα μαγνητικό πεδίο σε κάθε σημείο του χώρου. Εκφράζεται σε αμπέρ ανά μέτρο (A/m). Η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E) και η ενεργός τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου (H) συνδέονται με την εμπέδηση του ελεύθερου χώρου (377Ω) με την ακόλουθη σχέση: $E=377\cdot H$.

Πυκνότητα μαγνητικής ροής (B): Είναι ένα διανυσματικό μέγεθος (B), από το οποίο εξαρτάται η δύναμη που ασκείται σε κινούμενα φορτία εκφράζεται σε τέσλα (T). Στον κενό χώρο και στα βιολογικά υλικά, μπορεί να γίνει μετατροπή της πυκνότητας μαγνητικής ροής σε ένταση του μαγνητικού πεδίου και αντίστροφα, βάσει του τύπου $1 A m^{-1} = 4\pi 10^{-7} T$. Στην βιβλιογραφία η πυκνότητα μαγνητικής ροής συναντάται και ως μαγνητική επαγωγή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΙΣΟΤΡΟΠΙΚΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ M480836 ΤΗΣ EXTECH INSTRUMENTS

3.0 - Specifications

3-1 General Specifications

- **Measurement method:** Digital, triaxial measurement.
- **Directional characteristic:** Isotropic, triaxial.
- **Measurement range selection:** One continuous range.
- **Display resolution:** 0.1mV/m, 0.1μA/m, 0.001μW/m², 0.001μW/cm²
- **Setting time:** Typically 1s (0 to 90% of measurement value).
- **Display refresh rate:** Typically 0.5 seconds
- **Display type:** Liquid-crystal display (LCD), 4 digit.
- **Audible alarm:** Buzzer.
- **Units:** mV/m, V/m, μA/m, mA/m, μW/m², mW/m², μW/cm²
- **Display value:** Instantaneous measured value, maximum value, or maximum average value.
- **Alarm function:** Adjustable threshold with ON/OFF.
- **Manual data memory and read storage:** 99 data sets.
- **Dry batteries:** 9V NEDA 1604/1604A
- **Battery life:** > 15 hours
- **Auto power off:** 15 minutes.
- **Operating temperature range:** 0°C to +50°C
- **Operating humidity range:** 25% to 75%RH
- **Storage temperature range:** -10°C to +60°C
- **Storage humidity range:** 0% to 80%RH
- **Dimensions:** Approx. 60(W)×60(T)×237(L)mm.
- **Weight (including battery):** Approx. 200g
- **Accessories:** Instruction manual, battery, carrying case.

3-2 Electrical Specifications

- Unless otherwise stated, the following specifications hold under the following conditions:
 - The meter is located in the far-field of a source, the sensor head is pointed towards the source.
 - Ambient temperature: $+23^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$
 - Relative air humidity: 25% to 75%
- Sensor type: Electrical field (E)
- Frequency range: 50MHz to 3.5GHz
- Specified measurement range:
 - CW signal ($f > 50\text{MHz}$): 20mV/m to 108.0V/m ,
53 $\mu\text{A}/\text{m}$ to 286.4mA/m,
1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ to 30.93W/m²,
0 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ to 3.093mW/cm²
- Dynamic range: Typically 75dB
- Absolute error at 1 V/m and 50 MHz: $\pm 1.0\text{dB}$
- Frequency response:
 - Sensor (taking into account typical CAL factors):
 - $\pm 1.0\text{dB}$ (50MHz to 1.9GHz)
 - $\pm 2.4\text{dB}$ (1.9GHz to 3.5GHz)
 - Isotropy deviation: Typically $\pm 1.0\text{dB}$ ($f > 50\text{MHz}$)
 - Overload limit: 0.42mW/cm² (40V/m)
 - Thermal response (0 to 50°C): $\pm 0.2\text{dB}$