

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ 20KV/0,4KV**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF
HUMAN EXPOSURE TO MAGNETIC
FIELDS GENERATED BY 20KV/0,4KV
DISTRIBUTION SUBSTATIONS THROUGH
MEASUREMENTS**

ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΑΜΑΡΑΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΠΑΡΜΠΑΓΙΑΝΝΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΙΜΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

Πρόλογος

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι ο προσδιορισμός των τιμών της μαγνητικής επαγωγής των υποσταθμών διανομής 20KV/0,4KV του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) στην περιοχή του δήμου Πατρών σε σχέση με τα κοινώς αποδεκτά όρια ασφαλείας για επαγγελματίες και πολίτες.

Στην πτυχιακή εργασία αρχικά θα περιγραφούν τα μαγνητικά πεδία (Πεδιακές Εντάσεις) συχνότητας 50Hz. Θα δοθούν τα επίπεδα έκθεσης των ανθρώπων (εργαζομένων και κοινού) για τα πεδία αυτά. Θα περιγραφεί η μεθοδολογία μετρήσεων των Πεδιακών Εντάσεων με βάση τον κανονισμό μετρήσεων IEC 61786. Τέλος θα δοθούν τα αποτελέσματα μετρήσεων της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον υποσταθμών διανομής 20KV/0,4KV, σε αποστάσεις προσιτούς στο κοινό όπου και θα συγκριθούν με τα επιτρεπόμενα όρια ασφαλούς έκθεσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των μαγνητικών πεδίων και ποιο συγκεκριμένα για την συχνότητα των 50Hz.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα δοθούν τα επίπεδα έκθεσης των ανθρώπων (εργαζομένων και κοινού) σε μαγνητικά πεδία συχνότητας 50Hz. Θα παρουσιαστούν οι Εθνικοί και Διεθνείς Κανονισμοί προστασίας των ανθρώπων έναντι των Πεδιακών Εντάσεων. Ειδικότερα θα παρουσιαστούν οι κανονισμοί προστασίας του κοινού έναντι των πεδιακών εντάσεων της Οδηγίας της ICNIRP, της NRPB, της CENELEC, της Σύστασης του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελληνικής ΚΥΑ 3060 (ΦΟΡ) 238, ΦΕΚ 512/Β/25-04-02.

Τέλος θα παρουσιαστούν και οι κανονισμοί προστασίας κατά την επαγγελματική απασχόληση της Οδηγίας της ICNIRP και της Οδηγίας του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα περιγράψει η μεθοδολογία μετρήσεων μαγνητικών πεδίων βάση του κανονισμού ΕΛΟΤ IEC 61786 «Κανονισμός μετρήσεων ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση του ανθρώπου», και τα όργανα μέτρησης που θα χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα περιγραφούν τα είδη των υποσταθμών διανομής (με το κιβώτιο διανομής στον αέρα και με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος). Στη συνέχεια θα περιγραφούν τα βασικά μέρη που απαρτίζουν αυτούς τους υποσταθμούς διανομής 20KV/0,4KV του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) και θα δοθούν οι άξονες των μετρήσεων. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον υποσταθμών διανομής 20KV/0,4KV, σε αποστάσεις προσιτές στο κοινό. Οι τιμές αυτές θα συγκριθούν με τα επιτρεπόμενα όρια ασφαλείας του κεφαλαίου δύο. Στο τέλος θα δοθούν τα συμπεράσματα.

Περίληψη

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην αστική και περιαστική περιοχή του δήμου Πατρών, σε ώρες αιχμής, ώστε οι μετρούμενες τιμές να είναι οι μέγιστες δυνατές και να έχουν μετρηθεί διαφόρων τύπων υποσταθμοί.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε σύμφωνα με τον πρότυπο κανονισμό ΕΛΟΤ IEC 61786 και το όργανο EMDEX II που επίσης πληροί τον πρότυπο κανονισμό ΕΛΟΤ IEC 61786

Οι θέσεις μετρήσεων της μαγνητικής επαγωγής μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

Μετρήσεις σε θέσεις μη προσιτές στο κοινό (αποστάσεις σε επαφή με τον εξοπλισμό), όπου οι μετρούμενες τιμές της μαγνητικής επαγωγής συγκρίνεται με τα ανώτατα όρια ασφαλείας της επαγγελματικής απασχόλησης που είναι τα 1000μT, και

Μετρήσεις σε θέσεις προσιτές στο κοινό (αποστάσεις μεγαλύτερες από 30cm από τον εξοπλισμό), όπου οι μετρούμενες τιμές της μαγνητικής επαγωγής συγκρίνονται με τα εθνικά όρια ασφαλείας έκθεσης του κοινού που είναι τα 100μT.

Μετρήθηκαν 15 υποσταθμοί διανομής 20/0.4 kV στην ευρύτερη περιοχή του δήμου Πατρών.

Από τις μετρήσεις μπορούμε να κατατάξουμε τους υποσταθμούς διανομής σε δύο βασικές κατηγορίες, σε σχέση με το μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν ανάλογα με το που είναι τοποθετημένο το κιβώτιο διανομής :

-υποσταθμοί διανομής με το κιβώτιο διανομής στον αέρα, είναι υποσταθμοί με αποκλειστικά εναέριο δίκτυο στους οποίους παρατηρήθηκε ως μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στον υποσταθμό 3 ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ (41.28 μT) μικρότερη του μισού από τα προκαθορισμένα όρια για το κοινό(100μT). Η ελάχιστη τιμή μετρήθηκε στον υποσταθμό 6ΚΟΥΚΟΥΛΙ (0.06 μT) τιμή 1666 φορές μικρότερη του επιτρεπόμενου ορίου (100μT).

- με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος, όπου η μέγιστη τιμή μαγνητικής επαγωγής για τους εργαζόμενους (απόσταση 0cm) είναι 381,4μT μικρότερη από το μισό του προβλεπόμενου ορίου (1000μT) και βρίσκεται στον υποσταθμό 1005 στην περιοχή της Ταραμπούρας ενώ η ελάχιστη τιμή στην αντίστοιχη απόσταση σύμφωνα με τις μετρήσεις βρέθηκε στον υποσταθμό 6 Κ.ΚΑΣΤΡΙΤΣΙ (10,58μT) 94 περίπου φορές μικρότερη από το επιτρεπτό όριο (1000μT). Για την περίπτωση της τιμής της μαγνητικής επαγωγής που υπάρχει πρόσβαση του κοινού (απόσταση ≥ 30 cm) η μέγιστη τιμή είναι 23,68μT περίπου 4 φορές μικρότερη του επιτρεπόμενου ορίου(100μT) βρέθηκε στον υποσταθμό 609 στην πλατεία Παπανδρέου και η ελάχιστη είναι 1,14μT 87.7 φορές μικρότερη του αποδεκτού ορίου (100μT) όπου και μετρήθηκε στον υποσταθμό 6 Κ.ΚΑΣΤΡΙΤΣΙ.

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος	iii
Περίληψη	iv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
1. Βασικές ιδιότητες ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας	1
1.1 Ορισμοί ηλεκτρικού-μαγνητικού πεδίου	1
1.2 Διαχωρισμός σε χαμηλόσυχνα και υψηλόσυχνα πεδία	1
1.3 Μορφή ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	9
2. Κανονισμός προστασίας έναντι ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων συχνότητας 50Hz	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	13
3. Κανονισμός μετρήσεων IEC 61786 και περιγραφή οργάνου μέτρησης.....	13
3.1 Προδιαγραφές των οργάνων μέτρησης μαγνητικού πεδίου	14
Αβεβαιότητα του οργάνου μέτρησης.....	14
Ζώνη διέλευσης	14
Εύρη θερμοκρασίας και υγρασίας λειτουργίας.....	14
Παροχή ενέργειας	14
Αναγνωσιμότητα της κλίμακας.....	14
Διαστάσεις του οργάνου	15
Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα	15
Συντελεστής κορυφής	15
Ανθεκτικότητα	16
Βάρος	16
3.2 Βαθμονόμηση των οργάνων και στις δοκιμές επαλήθευσης.....	16
3.3 Διαδικασία των μετρήσεων - μέτρηση ανθρώπινης έκθεσης.....	16
3.4 Όργανο μέτρησης – Αρχές λειτουργίας.....	16
EMDEX II.....	16
Δομή - Αρχές λειτουργίας του οργάνου.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	22
4.Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου υποσταθμών 20kV/0,4kV εξωτερικού χώρου ...	22
4.1 Εισαγωγή	22
4.2 Μετρήσεις.....	24
1 ^η Μέτρηση Υ/Σ 6 Κ.ΚΑΣΤΡΙΤΣΙ.....	24

2 ^η Μέτρηση Υ/Σ 18 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ.....	27
3 ^η Μέτρηση Υ/Σ 14 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ.....	30
4 ^η Μέτρηση Υ/Σ 13 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ.....	33
5 ^η Μέτρηση Υ/Σ 1 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ(β).....	36
6 ^η Μέτρηση Υ/Σ 18 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ.....	39
7 ^η Μέτρηση Υ/Σ 1005.....	42
8 ^η Μέτρηση Υ/Σ 6 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ.....	45
9 ^η Μέτρηση Υ/Σ 609.....	48
10 ^η Μέτρηση Υ/Σ 145.....	51
11 ^η Μέτρηση Υ/Σ 3 ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ.....	54
12 ^η Μέτρηση Υ/Σ 55 ΡΙΟΥ.....	57
13 ^η Μέτρηση Υ/Σ 10 Β.ΠΟΛΕΩΣ.....	60
14 ^η Μέτρηση Υ/Σ 6ΚΟΥΚΟΥΛΙ.....	63
15 ^η Μέτρηση Υ/Σ 1 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	71
5. Συμπεράσματα	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Βασικές ιδιότητες ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας

1.1 Ορισμοί ηλεκτρικού-μαγνητικού πεδίου

Τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία είναι πεδία δυνάμεων, δηλαδή χώροι, στους οποίους ασκούνται δυνάμεις επί καταλλήλων “υποθεμάτων”. Για το ηλεκτρικό πεδίο το υπόθεμα είναι ένα μη κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο, ενώ για το μαγνητικό πεδίο το υπόθεμα είναι ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο (ηλεκτρικό ρεύμα). Το ηλεκτρικό πεδίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, με μονάδες μέτρησης στο SI τις: Newton προς Coulomb (N/ C) ή, ισοδύναμα, Volt προς meter (V/ m). Το μαγνητικό πεδίο είναι επίσης ένα διανυσματικό μέγεθος. Η μαγνητική επαγωγή ή ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει μονάδα μέτρησης το Τέσλα (T)

1.2 Διαχωρισμός σε χαμηλόσυχνα και υψηλόσυχνα πεδία

Ένα πολύ συχνό λάθος, είναι η σύγχυση των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στο περιβάλλον χαμηλόσυχνων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και δικτύων, με την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από ασύρματες μικροκυματικές τηλεπικοινωνιακές διατάξεις.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ανεξαρτήτως συχνότητας, περιγράφονται από τις εξισώσεις του Maxwell στις οποίες τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία είναι αλληλένδετα. Στις πολύ χαμηλές συχνότητες όμως, όπως είναι η συχνότητα των 50Hz, δεν υπάρχει ουσιαστικά ζεύξη μεταξύ των δύο αυτών πεδίων και επομένως δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Πιο συγκεκριμένα, από την ηλεκτρομαγνητική θεωρία:

πεδίο που ικανοποιεί τον όρο $f \ll c/l$, (f η συχνότητα του πεδίου, c η ταχύτητα του φωτός και l η μέγιστη διάσταση της διάταξης που παράγει το πεδίο), δεν παρουσιάζει ουσιαστικά κυματικά φαινόμενα.

Το πεδίο δηλαδή εξελίσσεται στο χρόνο ωσάν να ήταν στατικό και για το λόγο αυτό, τα πεδία αυτής της κατηγορίας ονομάστηκαν “οιονεί στατικά πεδία”.

Για τη συχνότητα των 50Hz , ακόμα και αν θεωρήσουμε την περίπτωση όπου μια ηλεκτρική εγκατάσταση-γραμμή φτάνει τα 6000km(στην πράξη συνήθως είναι και μικρότερες), ισχύει: $c/l = [3 \cdot 10^8 \text{ m/s}] / [6000 \cdot 10^3 \text{ m}] = 500/\text{s} = 500\text{Hz} \gg f=50\text{Hz}$

Μια άλλη οπτική είναι αυτή σύμφωνα με την οποία, όταν ο χρόνος που κάνει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα να διανύσει τη μέγιστη διάσταση της εγκατάστασής μας είναι μικρός σε σχέση με την περίοδο του πεδίου, τότε, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπει η εγκατάστασή μας είναι αμελητέα.

Για τη συχνότητα των 50Hz , αν θεωρήσουμε πάλι την περίπτωση όπου μια ηλεκτρική εγκατάσταση-γραμμή φτάνει τα 600km, ο χρόνος που κάνει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα να φτάσει από τη μία άκρη στην άλλη, ταξιδεύοντας με την ταχύτητα του φωτός, είναι: $t=l/c=[6000\cdot 10^3\text{m}]/[3\cdot 10^8\text{m/s}]\rightarrow t=2\text{ms} \ll 20\text{ms}$ που είναι η περίοδος για τα 50Hz.

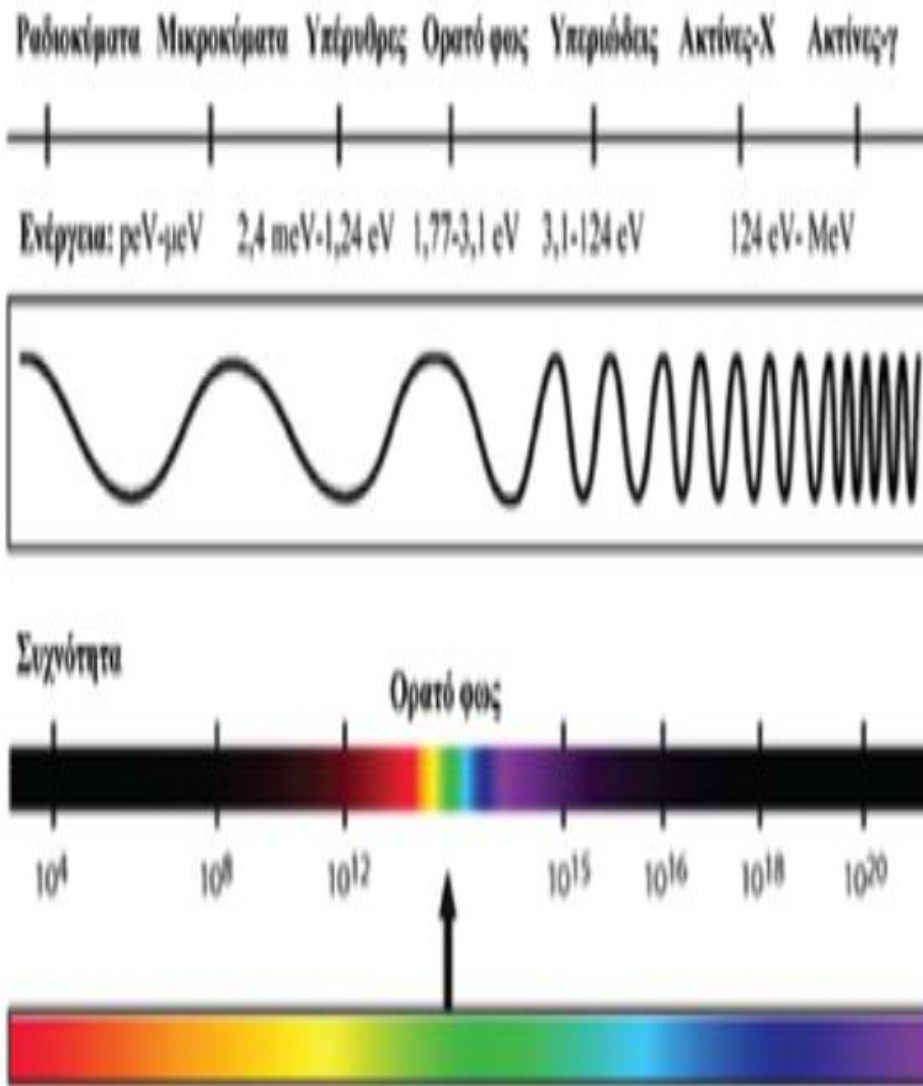
Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία συχνότητας ισχύος κοντά στις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας και τις συσκευές είναι παραδείγματα στατικών πεδίων.

Από τις εξισώσεις του Maxwell προκύπτει ότι το ρεύμα μετατοπίσεως δεν παίζει κανένα ιδιαίτερο ρόλο, αφού στη συχνότητα των 50 Hz το ρεύμα μετατοπίσεως είναι πολύ μικρότερο από το ρεύμα αγωγιμότητας.

Συνεπώς, στις χαμηλές συχνότητες υπάρχουν δύο ανεξάρτητα πεδία:

1. το ηλεκτρικό πεδίο που προκαλείται από τις τάσεις των αγωγών και
2. το μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από τις εντάσεις των αγωγών.

Ακολουθεί μια ταξινόμηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σύμφωνα με τη συχνότητα. Όπως γίνεται φανερό, οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ισχύος ανήκουν στην κατηγορία των εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 1.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [6]

Στην περίπτωση υψηλότερων συχνοτήτων (πάνω από 100kHz περίπου), υπάρχει το φαινόμενο της εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η μελέτη του οποίου χρήζει διαφορετικής αντιμετώπισης, τόσο από τεχνική άποψη, όσο και σε θέματα που αφορούν στην προστασία των ανθρώπων.

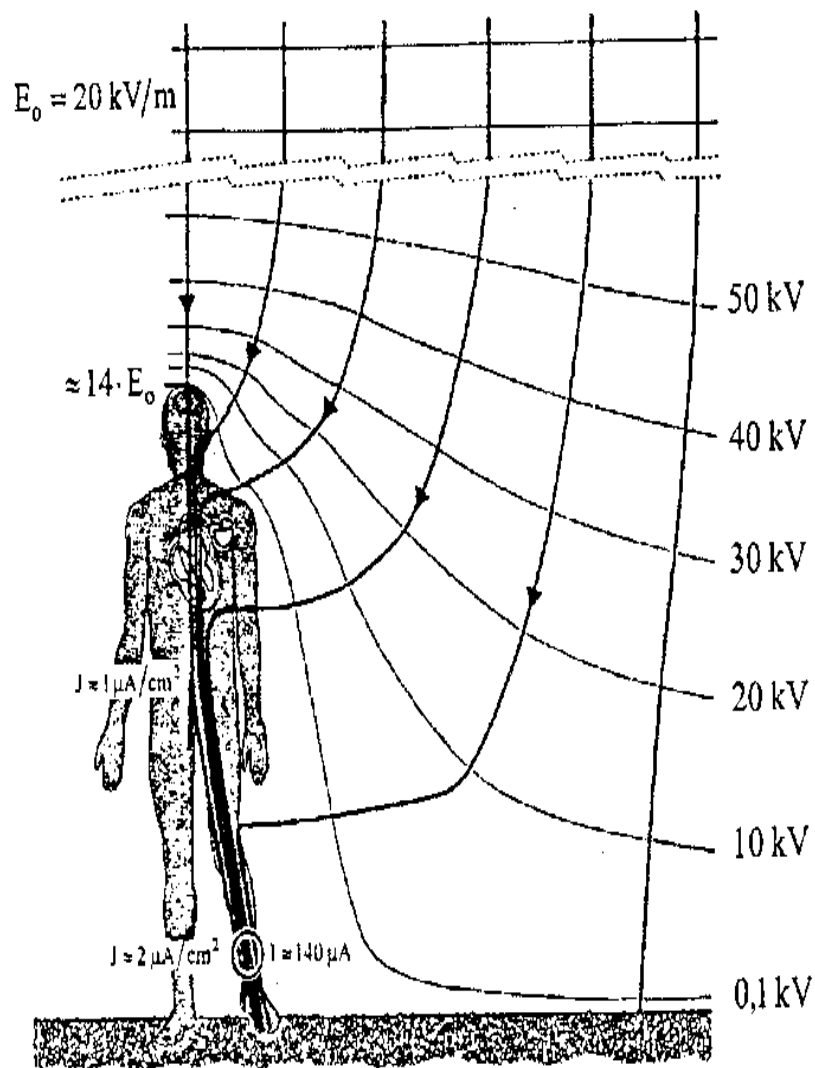
1.3 Μορφή ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας

Το χαρακτηριστικό μέγεθος του ηλεκτρικού πεδίου είναι η έντασή του, η οποία μετράται σε V/m (Volt ανά μέτρο) ή σε kV/m (1kV/m = 1000V/m). Το χαρακτηριστικό μέγεθος του μαγνητικού πεδίου είναι η μαγνητική επαγωγή(ή πυκνότητα μαγνητικής ροής) με μονάδα μετρήσεως το T(Τέσλα) ή το G(Gauss), $1\text{G} = 10^{-4}\text{T}$. Συνήθως χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσια $1\mu\text{T} = 10^{-6}\text{T}$ και $1\text{mG} = 10^{-3}\text{G}$, $1\mu\text{T} = 10\text{mG}$.

Δεν είναι η υψηλή τάση ή η μεγάλη ένταση του ρεύματος τα μεγέθη που θα μπορούσαν να έχουν επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία, αλλά το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο τα οποία και εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους. Αρκεί να σημειώσουμε ότι δύο γραμμές μεταφοράς με την ίδια τάση και ένταση αλλά διαφορετική διάταξη των αγωγών, προκαλούν διαφορετική τιμή μαγνητικού πεδίου στην ίδια απόσταση από αυτές.

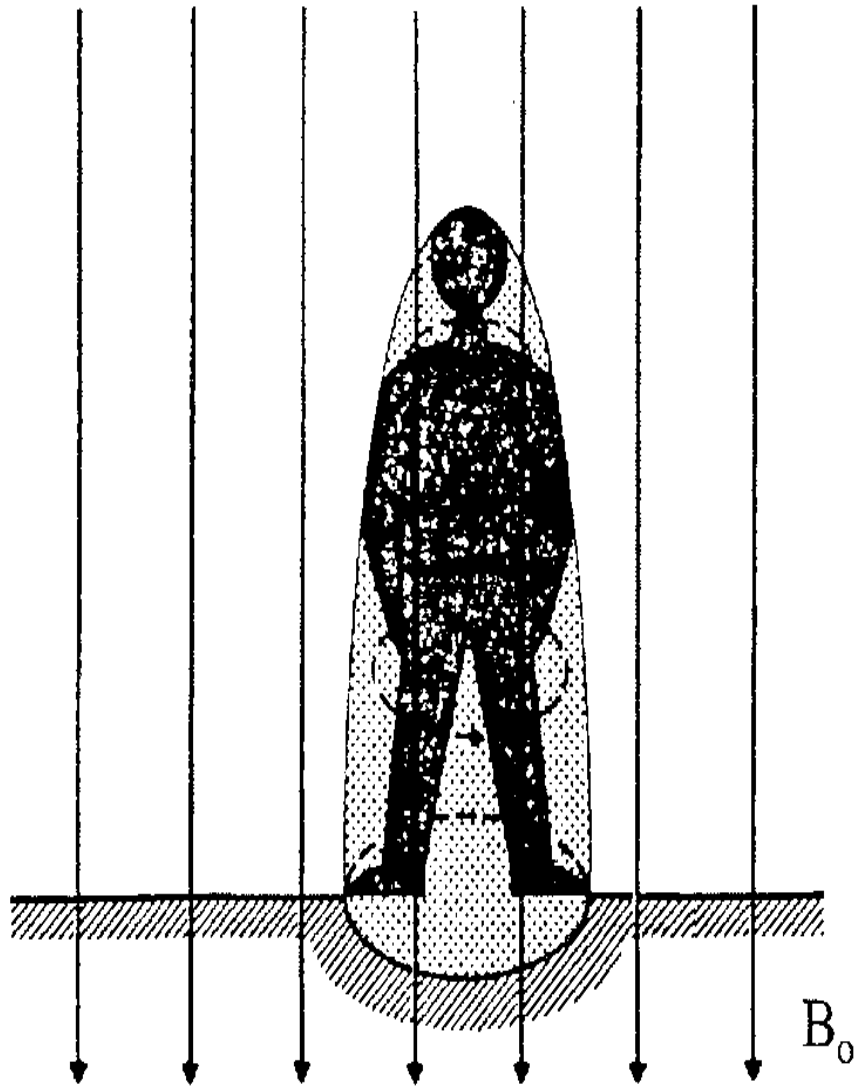
Μικρές εντάσεις ρεύματος σε συνδυασμό με μικρές αποστάσεις, όπως είναι οι αποστάσεις μεταξύ ηλεκτρικών συσκευών και ανθρώπων στα σπίτια, προκαλούν μαγνητικά πεδία, τα οποία πολλές φορές είναι μεγαλύτερα από εκείνα που οφείλονται στις εναέριες γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας, όπου υπάρχουν μεγάλες εντάσεις αλλά και μεγάλες αποστάσεις.

Τα ηλεκτρικά πεδία παραμορφώνονται με την είσοδο σε αυτά αγωγίμων διατάξεων. Με την παρουσία του και μόνο δηλαδή ο άνθρωπος, παραμορφώνει τα ηλεκτρικά πεδία. Το εσωτερικό ενός ηλεκτρικά αγωγίμου σώματος είναι πρακτικά ελεύθερο από ηλεκτρικό πεδίο(κλωβός Faraday) και άρα με αγωγήμη επένδυση ενός χώρου μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική θωράκισή έναντι ηλεκτρικών πεδίων.



Σχήμα 1.2 Άνθρωπος σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο [6]

Αντίθετα, τα χαμηλόσυχνα μαγνητικά πεδία διαπερνούν πρακτικά χωρίς παραμόρφωση τα μη μαγνητικά υλικά, όπως είναι ο άνθρωπος. Η αποτελεσματική θωράκιση επομένως από τα μαγνητικά πεδία είναι πρακτικά αδύνατη. Αυτή είναι και η βασική αιτία που η σύγχρονη έρευνα, όσον αφορά στις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, είναι στραμμένη κυρίως προς το μαγνητικό πεδίο. Η θωράκιση μόνο σχετικά μικρών χώρων μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση ειδικών μαγνητικών υλικών σε κατάλληλη διάταξη.



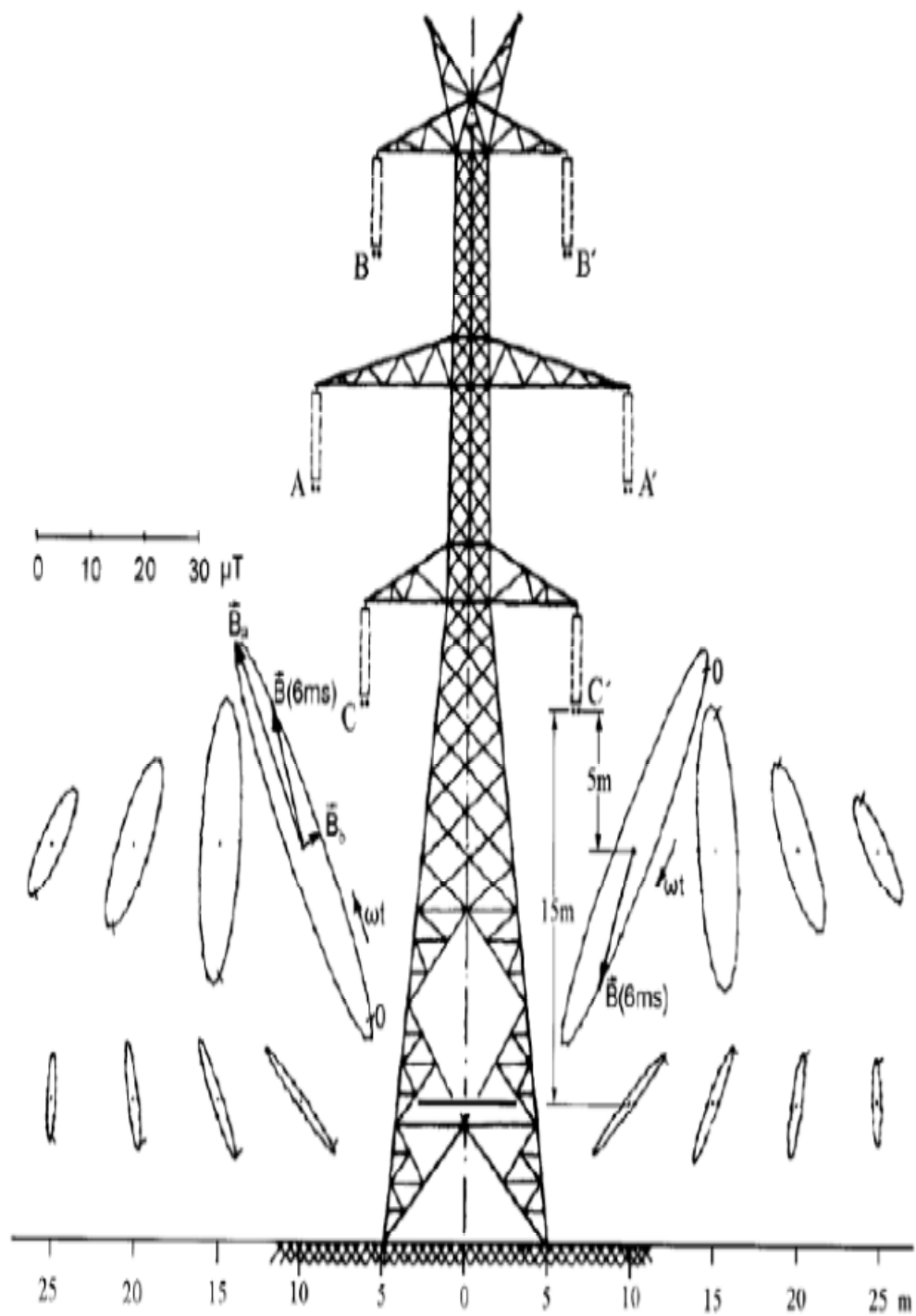
Σχήμα 1.3
Άνθρωπος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο [6]

Από τα μονοφασικά συστήματα δημιουργούνται εναλλασσόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Ένα ή περισσότερα τριφασικά συστήματα δημιουργούν ένα στρεφόμενο ελλειπτικό ηλεκτρικό πεδίο και ένα στρεφόμενο ελλειπτικό μαγνητικό πεδίο. Τα στρεφόμενα ανύσματα των πεδιακών εντάσεων μεταξύ κέντρων και περιφερειών των ελλείψεων διαγράφουν μία πλήρη τροχιά σε χρονικό διάστημα μιας περιόδου (20ms για τη συχνότητα των 50Hz), σχήμα 1.

Από τους μεγάλους ημιάξονες B_a και E_a και τους μικρούς ημιάξονες B_b και E_b προκύπτουν τα χαρακτηριστικά μεγέθη των πεδίων:

$$B = (B_a^2 + B_b^2)^{0,5} \text{ και } E = (E_a^2 + E_b^2)^{0,5}$$

Τα μεγέθη αυτά προκύπτουν από υπολογισμούς ή μετρήσεις και χρησιμοποιούνται για την σύγκριση με τα επιτρεπόμενα όρια των κανονισμών.



Σχήμα 1.4

Στρεφόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο από ένα ή περισσότερα τριφασικά συστήματα [6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Κανονισμός προστασίας έναντι ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων συχνότητας 50Hz

Πολλά κείμενα και μελέτες έχουν γραφτεί για ποια θα πρέπει να είναι τα όρια για την προστασία των εργαζομένων και κοινού έναντι ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Τα επίσημα και αναγνωρισμένα όρια προκύπτουν από τους διεθνείς μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς όπως είναι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας και η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας έναντι Μη Ιονίζουσας Ακτινοβολίας (ICNIR) ύστερα από την διεξοδική μελέτη και αντιστάθμιση των επιστημονικών δημοσιεύσεων από ομάδες με διεπιστημονική σύνθεση. Η ICNIRP είναι ο διεθνής, μη κυβερνητικός οργανισμός, επίσημα αναγνωρισμένος από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) για την προστασία των ανθρώπων έναντι ηλεκτρικών, μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, δηλαδή ο πλέον αρμόδιος οργανισμός.

Το 1998 δημοσιεύθηκαν οι οδηγίες της ICNIR «International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (1998): “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz)”, Health Physics, Vol. 74, No 4, pp. 494 –522»[20]. Για την συχνότητα των 50Hz τα όρια για την συνεχή έκθεση του κοινού ανέρχονταν σε 5kV/m για το ηλεκτρικό πεδίο και 100μT για το μαγνητικό πεδίο. Αντίστοιχα τα όρια για την επαγγελματική απασχόληση ανέρχονται σε 10kV/m και 500μT.

Το 1999 δημοσιεύθηκε η σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz – 300GHz), 1999/519/EK, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L199,σελ.59-70, 30/7/1999 όπου καθιερώθηκαν τα όρια της ICNIRP του 1998 για την συνεχή έκθεση του κοινού (5kV/m και 100μT) [3].

Το 2002 δημοσιεύθηκε η Κοινή Υπουργική Απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και του Υπουργού Υγείας και Πρόνοιας «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία διατάξεων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων», ΦΕΚ Φύλλο 512/25-4-2002, ΚΥΑ 3060 (ΦΟΡ)238, στην οποία υιοθετούνται τα όρια της σύστασης του συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την συνεχή έκθεση του κοινού (5kV/m και 100μT) [4].

Το 2004 δημοσιεύτηκε Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (2004): «Περί των ελαχίστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (ηλεκτρομαγνητικά πεδία)», Οδηγία 2004/40/EK, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L159, σελ. 1 – 26, στην οποία υιοθετούνται τα επιτρεπόμενα όρια κατά την επαγγελματική απασχόληση της ICNIRP του 1998 (10kV/m και 500μT) [5].

Το 2010 η ICNIRP δημοσίευσε νέες Οδηγίες «International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010): “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz To 100kHz)”, Health Physics, Vol. 99, No 6, pp. 818 –836» [13]. Στις οδηγίες αυτές για την συχνότητα των 50Hz τα όρια της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου για την συνεχή έκθεση του κοινού και για την επαγγελματική απασχόληση παρέμειναν αμετάβλητα (5kV/m και 10kV/m) σε σχέση με τα όρια των οδηγιών του 1998. Τα όρια της μαγνητικής επαγωγής για την συνεχή έκθεση του κοινού και για την επαγγελματική απασχόληση, για την συχνότητα των 50Hz, διπλασιάστηκαν σε σχέση με τα όρια των οδηγιών του 1998 (200μT και 100μT).

Το 2013 δημοσιεύθηκε η Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (2013): «Περί των ελαχίστων απαιτήσεων υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (ηλεκτρομαγνητικά πεδία)», (20ή ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ) και περί καταργήσεως της Οδηγίας 2004/40/ΕΚ, Οδηγία 2013/35/ΕΕ, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L179, σελ. 1 – 21 [14]. Στην οδηγία αυτή υιοθετούνται τα όρια της οδηγίας της ICNIRP του 2010 για την επαγγελματική απασχόληση. (10kV/m και 1000μT).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα όρια για το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο για την συχνότητα των 50Hz όχι μόνο δεν έχουν μειωθεί, αλλά έχουν μείνει τα ίδια για το ηλεκτρικό πεδίο και διπλασιάστηκαν για το μαγνητικό πεδίο!

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια των παραπάνω κανονισμών και οδηγιών δεν είναι όρια επικινδυνότητας αλλά εμπεριέχουν μεγάλους συντελεστές ασφαλείας.

Ο ΠΟΥ έχει δημοσιεύσει στο site του [21]

Τυπικές τιμές της μαγνητικής επαγωγής οικιακών συσκευών για διάφορες αποστάσεις.

Από το παρακάτω πίνακα βλέπουμε ότι κάποιες οικιακές συσκευές ξεπερνούν τα όρια της έκθεσης του κοινού κατά την χρήση τους όπως είναι το στεγνωτήριο μαλλιών και η ηλεκτρική ξυριστική μηχανή.

Τυπικές εντάσεις του μαγνητικού πεδίου των οικιακών συσκευών σε διάφορες αποστάσεις

Ηλεκτρική Συσκευή	3 cm απόσταση (μΤ)	30 cm απόσταση (μΤ)	1 m απόσταση (μΤ)
Στεγνωτήριο μαλλιών	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Ηλεκτρική ξυριστική μηχανή	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03
Ηλεκτρική σκούπα	200 – 800	2 – 20	0.13 – 2
Λάμπα φθορισμού	40 – 400	0.5 – 2	0.02 – 0.25
Φούρνος μικροκυμάτων	73 – 200	4 – 8	0.25 – 0.6
Ραδιόφωνο	16 – 56	1	< 0.01
Ηλεκτρική κουζίνα	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04
Πλυντήριο ρούχων	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15
Ηλεκτρικό σίδερο	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03
Πλυντήριο πιάτων	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	0.5 – 30	< 0.01	
Ψυγείο	0.5 – 1.7	0.01 – 0.25	<0.01
Τηλεόραση	2.5 - 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15
Στις περισσότερες οικιακές συσκευές η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε απόσταση 30 cm είναι αρκετά κάτω από το επιτρεπόμενο όριο για το ευρύ κοινό(100μΤ). (Η κανονική απόσταση λειτουργίας δίνετε με bold) [22]			

Πρέπει να σημειωθεί ότι το όριο για την έκθεση του κοινού έναντι της μαγνητικής επαγωγής, είναι το εθνικό όριο της ΚΥΑ του 2002 (100μT) και όχι το όριο της ICNIRP του 2010 (200μT) αφού δεν έχει ακόμα υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία. Αντίθετα όμως το όριο για την επαγγελματική απασχόληση είναι το όριο της ICNIRP του 2010 (1000μT) το οποίο έχει υιοθετηθεί από την Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου του 2013.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι όρια για το αδιατάρακτο ηλεκτρικό πεδίο, δηλαδή το πεδίο χωρίς την παρουσία σωμάτων, τα οποία το διαταράσσουν, όπως π.χ. η παρουσία του ανθρώπου, που φαίνεται και στο σχήμα 1.2 του κεφαλαίου 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Κανονισμός μετρήσεων IEC 61786 και περιγραφή οργάνου μέτρησης.

Ο κανονισμός μετρήσεων ΕΛΟΤ IEC 61786 ,είναι η μετάφραση του κανονισμού IEC 61786(,Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings-Special requirements of instruments and guidance for measurement).Ο κανονισμός αυτός παρέχει οδηγίες για τη μέτρηση των ενεργών τιμών των μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων συχνότητας από 15Hz-9kHz.Η περιοχή των μέτρων που καλύπτονται από τον κανονισμό είναι για το μαγνητικό πεδίο 100nT έως 30mT αντίστοιχα για το ηλεκτρικό πεδίο είναι 1V/m έως 50kV/m. Επισημαίνεται ότι για μετρήσεις έξω από αυτές τις περιοχές οι περισσότερες προβλέψεις του κανονισμού ακόμα θα εφαρμόζονται αλλά προβλέψεις όπως π.χ. η προσδιορισμένη αβεβαιότητα ή η διαδικασία βαθμονόμησης μπορεί να χρειάζονται διαμόρφωση .Συγκεκριμένα ο κανονισμός :

- καθορίζει την ορολογία ,
- αναγνωρίζει τις απαραίτητες προδιαγραφές των μετρητών ,
- υποδεικνύει μεθόδους βαθμονόμησης,
- καθορίζει τις ανάγκες στην ολική αβεβαιότητα της μέτρησης ,
- περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά των πεδίων,
- μελετά τις αρχές λειτουργίας του οργάνου,
- περιγράφει τις μεθόδους μέτρησης που επιτυγχάνουν τους προσδιορισμένους σκοπούς.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι ο κανονισμός αυτός μας καθορίζει τα όργανα τα όποια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις μετρήσεις ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου, τη διαδικασία βαθμονόμησης τους ώστε τα όργανα να μετράνε σωστά, καθορίζει την διαδικασία της μέτρησης ανάλογα με το σκοπό και τέλος καθορίζει την ολική αβεβαιότητα της μέτρησης. Με βάση τα προηγούμενα εάν πληρείται ο παραπάνω κανονισμός τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι αποδεκτά με επιθυμητή αβεβαιότητα μέτρησης

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έγινε χρήση του διεθνούς προτύπου IEC 61786 "Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων - Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις".

Ο μετρητής που χρησιμοποιήθηκε για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις που συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν την εργασία είναι ο μετρητής: " EMDEX II " της "ENERTECH CONSULTANTS".

Σημειώνουμε εδώ ότι τόσο το όργανο που χρησιμοποιήθηκε, όσο και η διαδικασία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, συμμορφώνονται με το πρότυπο IEC 61786.

Παρακάτω παρατίθενται οι βασικές προδιαγραφές των οργάνων μέτρησης της μαγνητικής επαγωγής βάση του παραπάνω πρότυπου

3.1 Προδιαγραφές των οργάνων μέτρησης μαγνητικού πεδίου

Αβεβαιότητα του οργάνου μέτρησης

Το μετρητικό σύστημα για εναλλασσόμενα μαγνητικά πεδία πρέπει να απεικονίζει την ενεργό τιμή του ομογενούς μαγνητικού πεδίου με μια αβεβαιότητα μικρότερη από $\pm(10\%$ της ένδειξης $+20\text{nT})$ και αφού έχουν εφαρμοστεί συντελεστές διόρθωσης, αν χρειάζεται.

Ζώνη διέλευσης

Η απόκριση συχνότητας του οργάνου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η απαίτηση για την αβεβαιότητα του οργάνου να ικανοποιείται σε όλη την περιοχή συχνοτήτων στην οποία πρόκειται αυτό να χρησιμοποιηθεί.

Εύρη θερμοκρασίας και υγρασίας λειτουργίας

Τα εύρη της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για τα οποία το όργανο λειτουργεί με την καθορισμένη αβεβαιότητα δεν πρέπει να είναι μικρότερα από 0°C έως 45°C και από 5% έως 95% αντίστοιχα. Ξαφνικές αλλαγές θερμοκρασίας που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε υγροποίηση μέσα στο όργανο πρέπει να αποφεύγονται.

Παροχή ενέργειας

Εάν χρησιμοποιούνται μπαταρίες, πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη, ώστε να φαίνεται αν η κατάσταση των μπαταριών είναι επαρκής για την κατάλληλη λειτουργία του μετρητή του πεδίου. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται στην καταγραφή της προσωπικής έκθεσης πρέπει να είναι ικανά για λειτουργία τουλάχιστον 8 ωρών με την εκτιμημένη αβεβαιότητα πριν η αντικατάσταση ή επαναφόρτιση των μπαταριών γίνει αναγκαία. Εάν χρησιμοποιούνται επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, καλό είναι να μην χρησιμοποιείται το όργανο όταν είναι συνδεδεμένο με την παροχή ρεύματος.

Αναγνωσιμότητα της κλίμακας

Τα σήματα χειρισμού του μετρητή ή οι ψηφιακές προβολές των μετρητών επισκόπησης του μαγνητικού πεδίου πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα, ώστε να είναι εύκολο να διαβαστούν στην απόσταση ενός χεριού,

Διαστάσεις του οργάνου

Η μέγιστη διάσταση του χώρου που περιέχει το συνδυασμό των τριών ανιχνευτών πηνίων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,2m. Οι ανιχνευτές πηνίου πρέπει να είναι είτε κυκλικοί είτε ορθογώνιοι στη διατομή μικρές αποκλίσεις από αυτά τα σχήματα, για παράδειγμα όταν τα ομοκεντρικά πηνία διασταυρώνονται, επιτρέπονται.

Οι περιοχές και οι προσανατολισμοί των ανιχνευτών που συνδυάζονται, μέσα στις συσκευασίες των μετρητών των μαγνητικών πεδίων πρέπει να δείχνονται με σαφήνεια πάνω στο όργανο ή στο εγχειρίδιο οδηγιών.

Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

Τα όργανα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην περιοχή εξοπλισμού υψηλής τάσεως που λειτουργεί στη συχνότητα ισχύος, δεν πρέπει να επηρεάζονται σημαντικά από περιβαλλοντικά ηλεκτρικά πεδία της τάξης των 20kV/m, δηλαδή η επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου στην ένδειξη του μαγνητικού πεδίου πρέπει να είναι μικρότερη από 20nT.

Η λειτουργία του εξοπλισμού δεν πρέπει να επηρεάζεται από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή συχνοτήτων από 150kHz έως 1GHz, δηλαδή στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων.

Κατά τη διάρκεια των περισσότερων μετρητικών εφαρμογών δεν προβλέπονται ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις προς και από τον εξοπλισμό. Όμως, το εξωτερικό περίβλημα του εξοπλισμού πρέπει να είναι άτρωτο σε μια τάση επαφής ή εκφόρτισης τιμής 2kV τουλάχιστον. Καμία πτώση της απόδοσης του εξοπλισμού δεν πρέπει να συμβεί.

Συντελεστής κορυφής

Το μετρητικό σύστημα πρέπει να μετρά σωστά την πραγματική ενεργό τιμή του πεδίου, ακόμα και όταν ο συντελεστής κορυφής του μαγνητικού πεδίου είναι 3.(συντελεστής κορυφής είναι ο λόγος της μέγιστης τιμής της κυματομορφής προς την ενεργό τιμή της, για περιοδικές συναρτήσεις)

Ανθεκτικότητα

Το όργανο ένδειξης της μέτρησης και τα άλλα μέρη του συστήματος μέτρησης πρέπει να είναι καλά καλυμμένα, ώστε να αντέχουν τις ταλαντώσεις και τα χτυπήματα που προέρχονται από τη μεταφορά. Μια βαλίτσα μεταφοράς είναι επιθυμητή.

Βάρος

Το βάρος του εξοπλισμού μέτρησης πρέπει να δίνεται. Το βάρος των φορητών οργάνων πρέπει να κρατείται όσο πιο χαμηλά γίνεται πρακτικά, ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία τους κρατώντας τα με το χέρι κάτω από περιοριστικές συνθήκες, π.χ. σε κάποια βιομηχανικά περιβάλλοντα.

3.2 Βαθμονόμηση των οργάνων και στις δοκιμές επαλήθευσης

Ο κανονισμός επίσης αναφέρεται στη βαθμονόμηση των οργάνων και στις δοκιμές επαλήθευσης διαδικασίες οι οποίες γίνονται είτε από την κατασκευάστρια εταιρία είτε από διαπιστευμένα εργαστήρια τα οποία πιστοποιούν αν το όργανο μετρήσεων πληροί τον κανονισμό.

3.3 Διαδικασία των μετρήσεων - μέτρηση ανθρώπινης έκθεσης

Ο κανονισμός αναφέρεται επίσης στην διαδικασία των μετρήσεων όπου για μετρήσεις μαγνητικού πεδίου θα πρέπει να γίνεται με τριαξονικά όργανα και να αποδίδουν το συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο. Ο κανονισμός επίσης περιγράφει πως πρέπει να γίνονται οι μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής (ανάπτυξη πρωτόκολλου μέτρησης) για τον προσδιορισμό της ανθρώπινης έκθεσης έναντι μαγνητικού πεδίου [8],[10].

3.4 Όργανο μέτρησης – Αρχές λειτουργίας

EMDEX II

Το Emdex II είναι ένα ισχυρό σύστημα μέτρησης του μαγνητικού πεδίου με βάση την αρχική συχνότητα ισχύος EPRI για την καταγραφή φωτόμετρων σε έκθεση μαγνητικών πεδίων. Το Emdex II και το πακέτο του λογισμικού EMCALC μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της έκθεσης, για ερευνητικά προγράμματα καθώς και για γενικότερες μετρήσεις συχνότητας ισχύος μαγνητικών πεδίων. Το Emdex II μπορεί να εφαρμοστεί και σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και, με βάση τις παραμέτρους που ορίζονται από τον ίδιο το χρήστη, να γίνει ακόμα και λήψη των δεδομένων-αποτελεσμάτων στον αντίστοιχο υπολογιστή για ευκολότερη ανάλυση. Είναι εφικτό να συλλεχθούν έως είκοσι διακριτά σύνολα δεδομένων τα οποία μπορούν να διαρκέσουν σε περίοδο πολλών ημερών πριν την αποθήκευσή τους στην μονάδα όπου λειτουργεί με την μπαταρία. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα καλώδιο διασύνδεσης και το λογισμικό EMCALC για τη μεταφορά, την αποθήκευση και την ανάλυση των αρχείων δεδομένων σε ένα προσωπικό υπολογιστή καθώς και ένα εγχειρίδιο χρήσης. Αξεσουάρ είναι επίσης διαθέσιμα για το Emdex II, συμπεριλαμβανομένου του LINDA (Linear Data Acquisition-Γραμμική Λήψη Δεδομένων) που επιτρέπει την χαρτογράφηση των

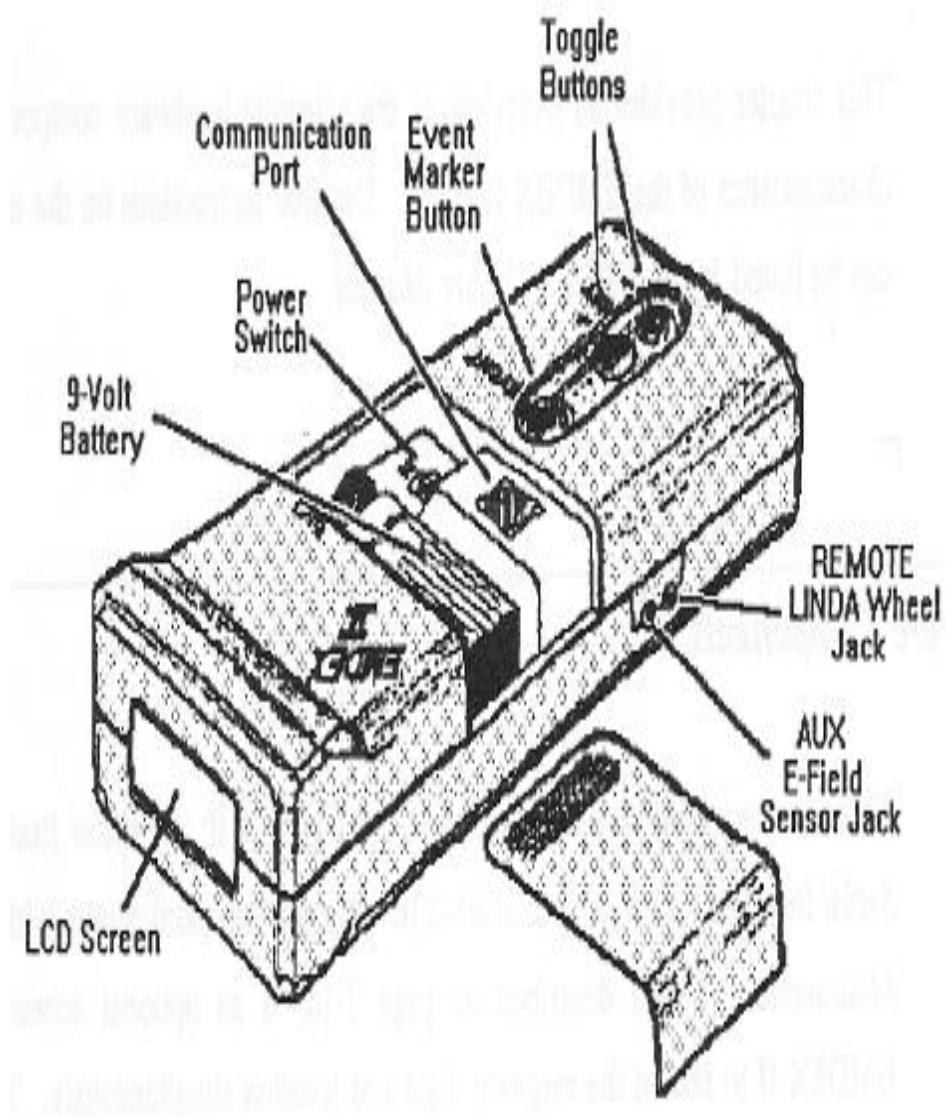
περιοχών των πεδίων σε καμπύλες-περιγράμματα και 3-D χάρτες) αλλά και του AMP-LOGGER (AMP-ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ -έναν δηλ. σφικτήρα τύπου αμπερόμετρου που συνδέεται στην υποδοχή του Emdex II και ταυτόχρονα κάνει την τρέχουσα καταγραφή σε αγωγό χαμηλής τάσης).



Σχήμα 3.4.1

Το EMDEX II είναι ένας προγραμματιζόμενος μετρητής απόκτησης δεδομένων, που μετρά τις ορθογώνιες διανυσματικές συνιστώσες μαγνητικών πεδίων συχνότητας ισχύος μέσω των εσωτερικών του αισθητήρων (ανιχνευτών πηνίων) και με τη βοήθεια ενός επιπλέον εξωτερικού αισθητήρα, το μέγεθος των ηλεκτρικών πεδίων συχνότητας ισχύος.

Οι μετρήσεις αποθηκεύονται στη μνήμη του μετρητή και μπορούν αργότερα να μεταφερθούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για αποθήκευση, αναπαράσταση και ανάλυση.



Σχήμα 3.4.2

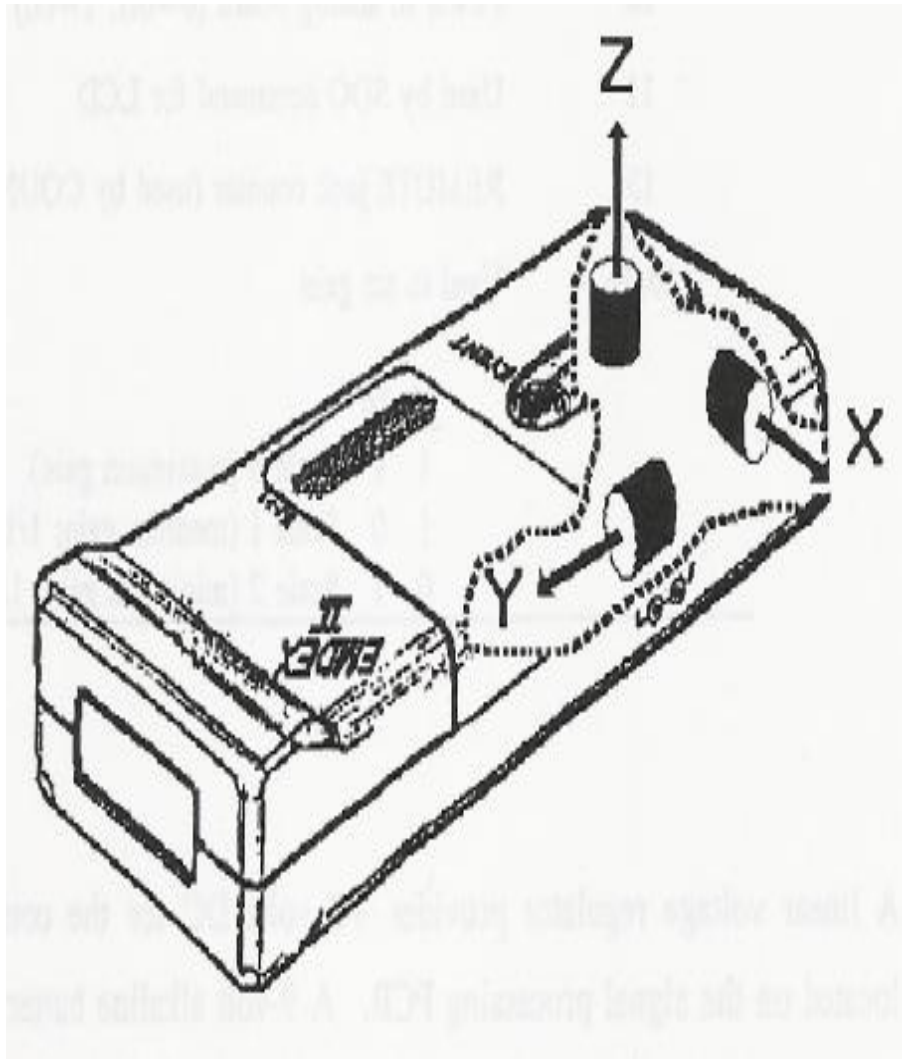
Δομή - Αρχές λειτουργίας του οργάνου

Ο μετρητής του μαγνητικού πεδίου αποτελείται από δύο τμήματα, τον ανιχνευτή ή αισθητήριο στοιχείο και τον φωρατή, ο οποίος επεξεργάζεται το σήμα από τον ανιχνευτή και απεικονίζει την ενεργό τιμή του πεδίου με ψηφιακή προβολή.

Ο μετρητής του μαγνητικού πεδίου μετρά τη συνιστώσα που ταλαντώνεται (του γραμμικά πολωμένου) ή που στρέφεται (του ελλειπτικά ή κυκλικά πολωμένου) ανύσματος του μαγνητικού πεδίου που είναι κάθετο στην επιφάνεια του ανιχνευτή. Η διεύθυνση που είναι κάθετη στην επιφάνεια του ανιχνευτή συμπίπτει με τον άξονα ευαισθησίας του ανιχνευτή. Για μετρήσεις σε περιβάλλοντα όπου οι αρμονικές συνιστώσες του μαγνητικού πεδίου μπορεί να μην είναι αμελητέες, υπάρχει μια βαθμίδα ολοκλήρωσης στο κύκλωμα του φωρατή, ώστε να διατηρηθεί η κυματομορφή του πεδίου.

Η αρχή λειτουργίας του μετρητή του μαγνητικού πεδίου βασίζεται στο νόμο του Faraday που προβλέπει ότι μία τάση V παράγεται στα άκρα ενός ανοικτού βρόχου σύρματος ο οποίος είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο που μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση :

$$V = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \left[\int_A \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} \, dA \right]$$



Σχήμα 3.4.3

Στο μετρητή EMDEX II, η πυκνότητα της μαγνητικής ροής, προσδιορίζεται μετρώντας τα ρεύματα που επάγονται σε τρία αισθητήρια πηνία τοποθετημένα ορθογώνια κατά τους άξονες x, y, z όπως φαίνεται στο σχήμα. Η συνιστάμενη πυκνότητα μαγνητικής ροής προκύπτει από την έκφραση $BR=[B^2x + B^2y + B^2z]^{1/2}$.

Πιο συγκεκριμένα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου είναι τα παρακάτω:

Εύρος μετρήσεων	0,01-300μT
Διακριτική ικανότητα	0,01μT
Τυπική απόκλιση	±1%
Συχνότητα	Εύρος συχνοτήτων:40-800Hz Αρμονικές :100-800Hz
Ελάχιστος χρόνος δειγματοληψίας	1,5sec
Μνήμη	512Kb
Τιμή μέτρησης	True RMS, με τρία πηνία ένα σε κάθε άξονα.

Με βάση τα παραπάνω το όργανο EMDEX II της ENERTECH CONSULTANTS είναι κατάλληλο για την διεξαγωγή μετρήσεων ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου συχνότητας 50Hz [16].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου υποσταθμών 20kV/0,4kV εξωτερικού χώρου

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής που πάρθηκαν σε 15 Υποσταθμούς Διανομής 20kV/0,4kV εξωτερικού χώρου στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν επίσης φωτογραφίες των υποσταθμών, πίνακες και γραφικές με τις τιμές της μαγνητικής επαγωγής ως συνάρτηση της απόστασης χ στο σημείο που μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, καθώς επίσης και οिकाτόψεις των Υποσταθμών Διανομής με τις μετρούμενες τιμές της μαγνητικής επαγωγής. Με βάση της παραπάνω μετρήσεις θα εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα. Η πραγματοποίηση των μετρήσεων έγινε με το όργανο StandardEMDEXII της EPRI. Οι μετρήσεις έγιναν σε ώρες εμφάνισης των ημερήσιων μεγίστων φορτίων κατανομής (ώρες από 11:30 έως 15:30) με σκοπό την μέτρηση της μέγιστης τιμής της μαγνητικής επαγωγής των υποσταθμών αυτών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε επαφή με το εξοπλισμό, θέσεις μη προσιτές στο κοινό άλλα θέσεις προσιτές κατά την επαγγελματική απασχόληση. Στις θέσεις αυτές οι μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής θα συγκριθούν με τα όρια έκθεσης για την επαγγελματική απασχόληση (500μT). Επίσης μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν και στο περιβάλλον του Υποσταθμού σε απόσταση 30cm από τα στοιχεία του. Οι θέσεις αυτές είναι θέσεις προσιτές στο κοινό και οι τιμές των μετρήσεων θα συγκριθούν με τα όρια της έκθεσης του κοινού (100μT). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 61786 "Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων - Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις". Το ύψος των μετρήσεων από το έδαφος ανέρχεται στο 1m.

Με βάση τις μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής, οι υποσταθμοί εξωτερικού χώρου μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

1. Υποσταθμοί όπου το κιβώτιο διανομής είναι τοποθετημένο στο έδαφος και το δίκτυο μέσης τάσης και χαμηλής τάσης είναι κυρίως υπόγειο (Υποσταθμοί με Κ.Δ. στο έδαφος).

2. Υποσταθμοί όπου το κιβώτιο διανομής βρίσκεται σε σημαντικό ύψος από το έδαφος (περίπου 2-3 m) και το δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης είναι κυρίως εναέριο (Υποσταθμοί με Κ.Δ. στον αέρα).

Οι μετρήσεις 1 έως 10 πραγματοποιήθηκαν σε υποσταθμούς με Κ.Δ. στο έδαφος. Αντίστοιχα οι μετρήσεις 11 έως 15 σε υποσταθμούς με Κ.Δ. στον αέρα.

4.2 Μετρήσεις

1^η Μέτρηση Υ/Σ 6 Κ.ΚΑΣΤΡΙΤΣΙ

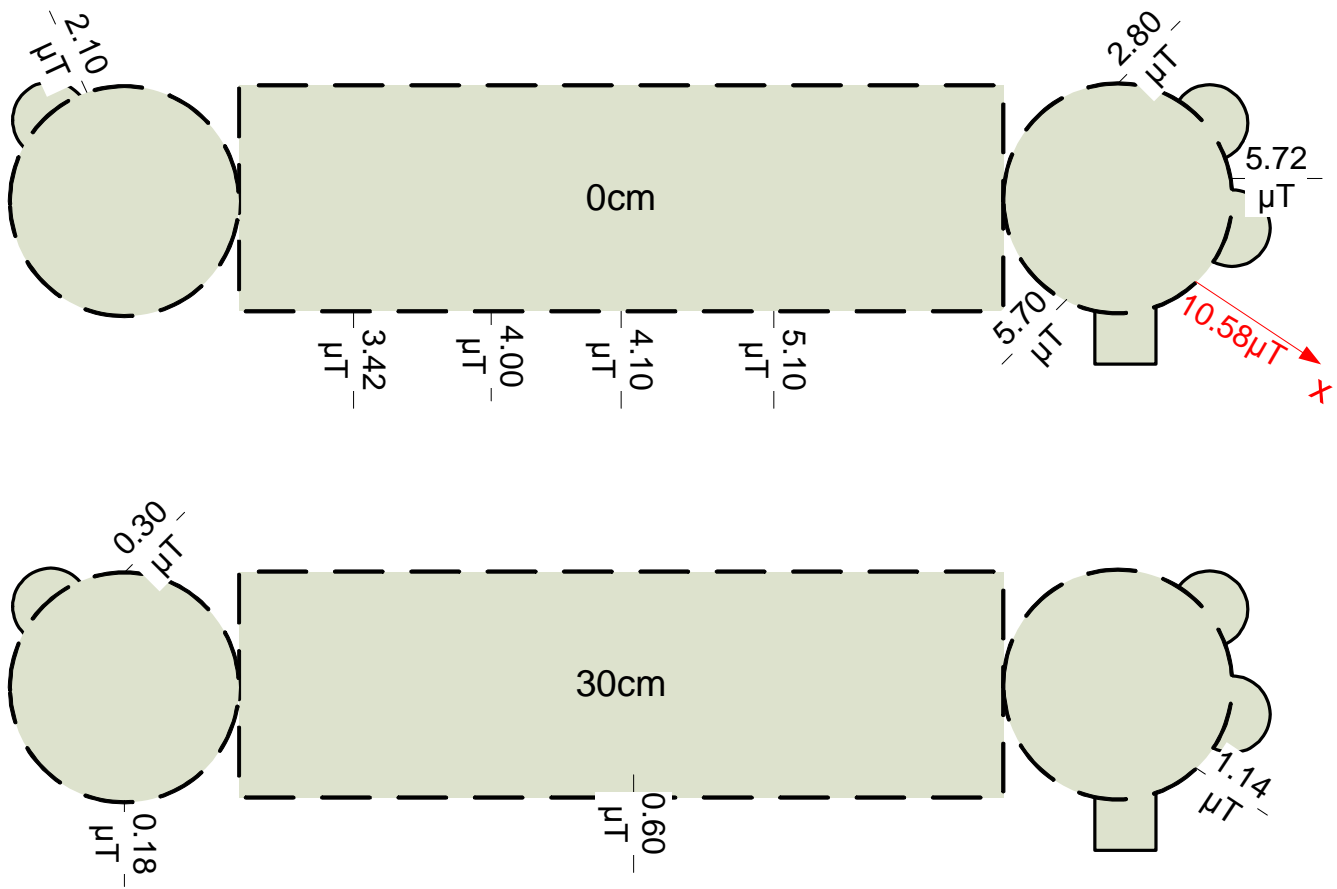
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 11:22-11:35

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή του Κάτω Καστριτσίου και ώρα 11:22έως 11:35. Από την φωτογραφία 1.1 και το σχήμα 1.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 6 Κάτω Καστριτσίου είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους .Από τις μετρήσεις του πίνακα 1.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγήςσε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό,ανέρχεται σε 10.58 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) άλλα περίπου 9,5 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Ημέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cmαπό αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 1.14 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 88 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχέδιο 1.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 1.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χτου σχήματος 1.3.

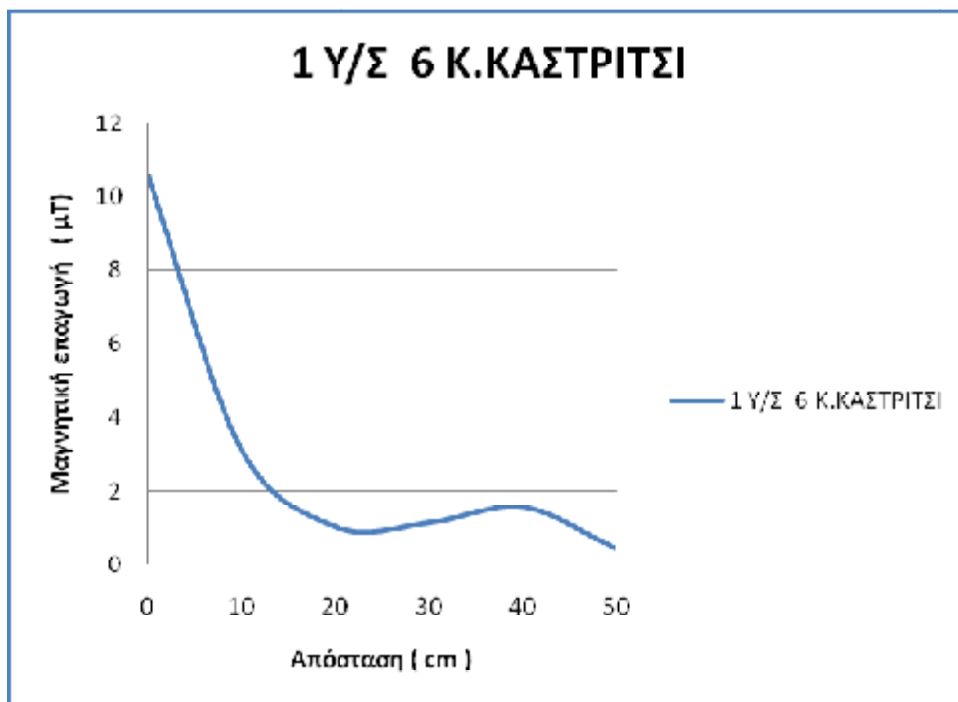


Φωτογραφία 1.1 Υ/Σ 6Κ.Καστριτσίου 1



Σχήμα 1.3

0 cm	10.58 μT
10 cm	3.14 μT
20 cm	1.04 μT
30 cm	1.14 μT
40 cm	1.56 μT
50 cm	0.46 μT
Πίνακας 1.2 Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα του σχήματος 1.3	



Γραφική παράσταση 1.4

2^η Μέτρηση Υ/Σ 18 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ

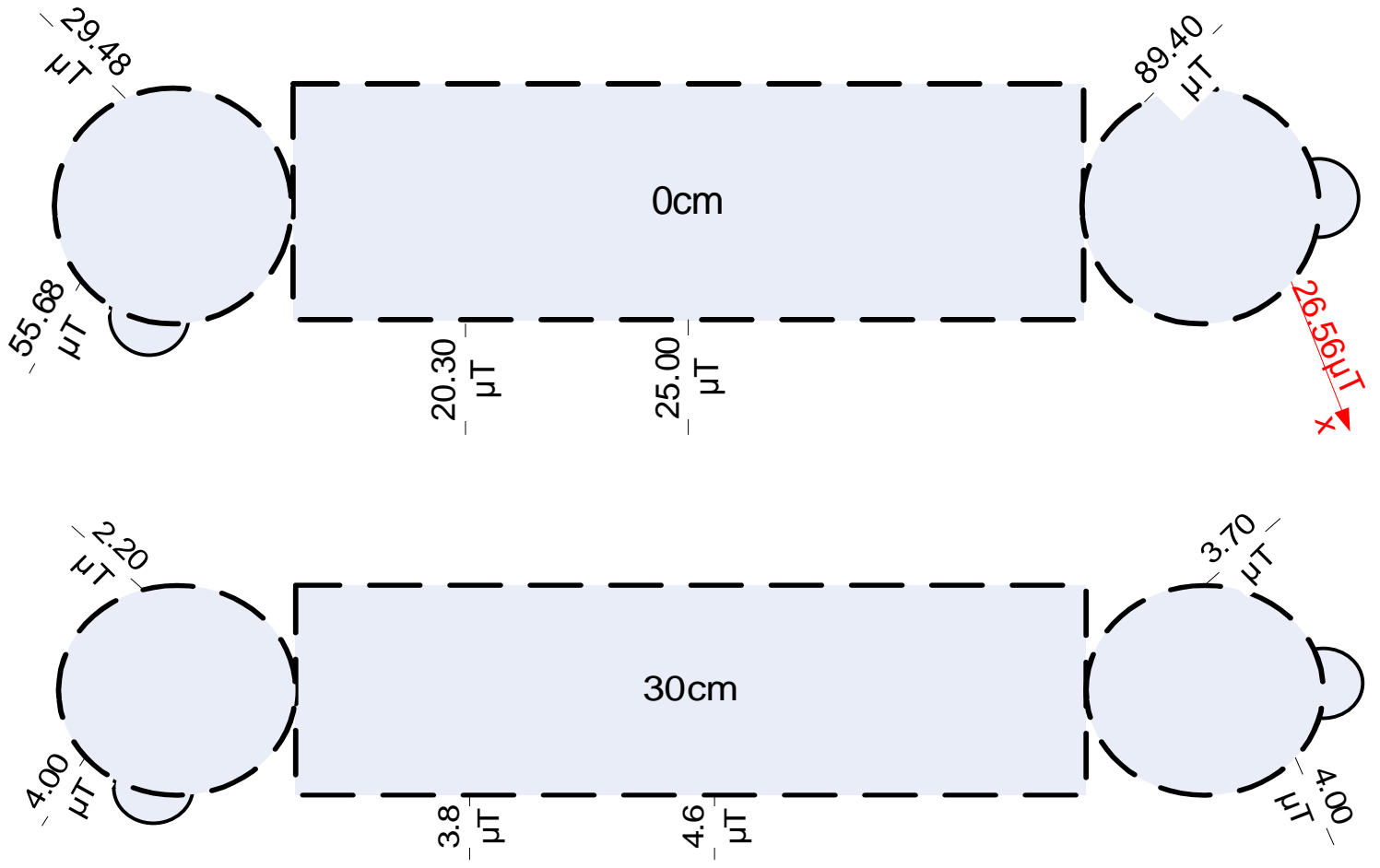
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 12:12-12:22

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 12:12 έως 12:22. Από την φωτογραφία 2.1 και το σχήμα 2.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 18 Ταραμπούρα είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 2.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 55.68 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 0,5 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 4.00 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 25 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 2.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 2.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα x του σχήματος 2.3.



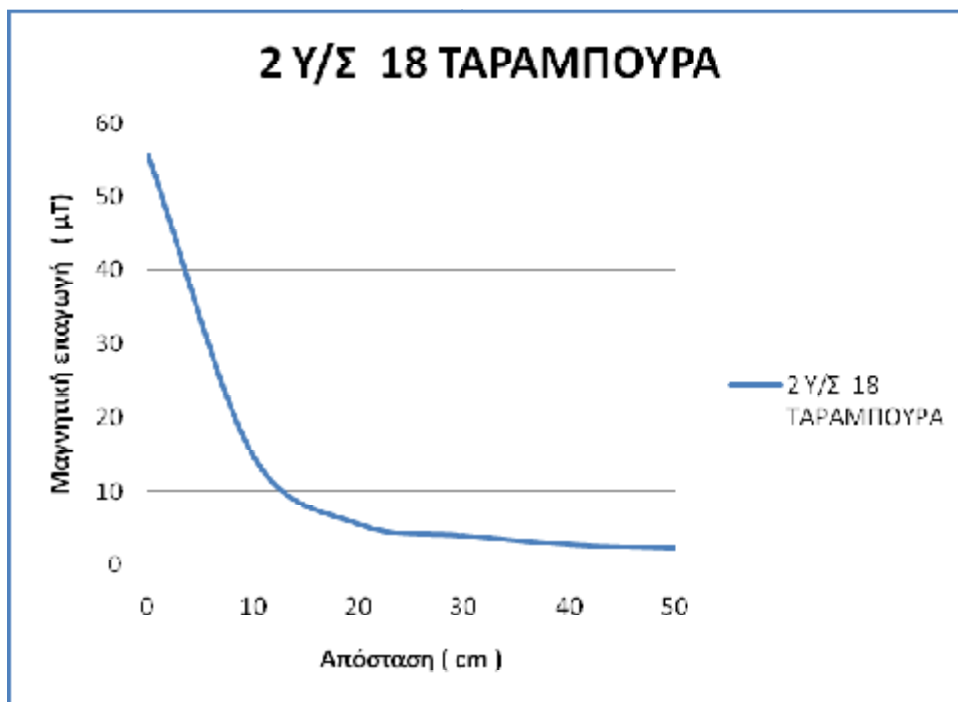
Φωτογραφία 2.1 Υ/Σ 18 Ταραμπούρα 1



Σχήμα 2.3

0 cm	55.68 μT
10 cm	14.80 μT
20 cm	5.50 μT
30 cm	4.00 μT
40 cm	2.68 μT
50 cm	2.20 μT

Πίνακας 2.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα
x του σχήματος



Γραφική παράσταση 2.4

3^η Μέτρηση Υ/Σ 14 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ

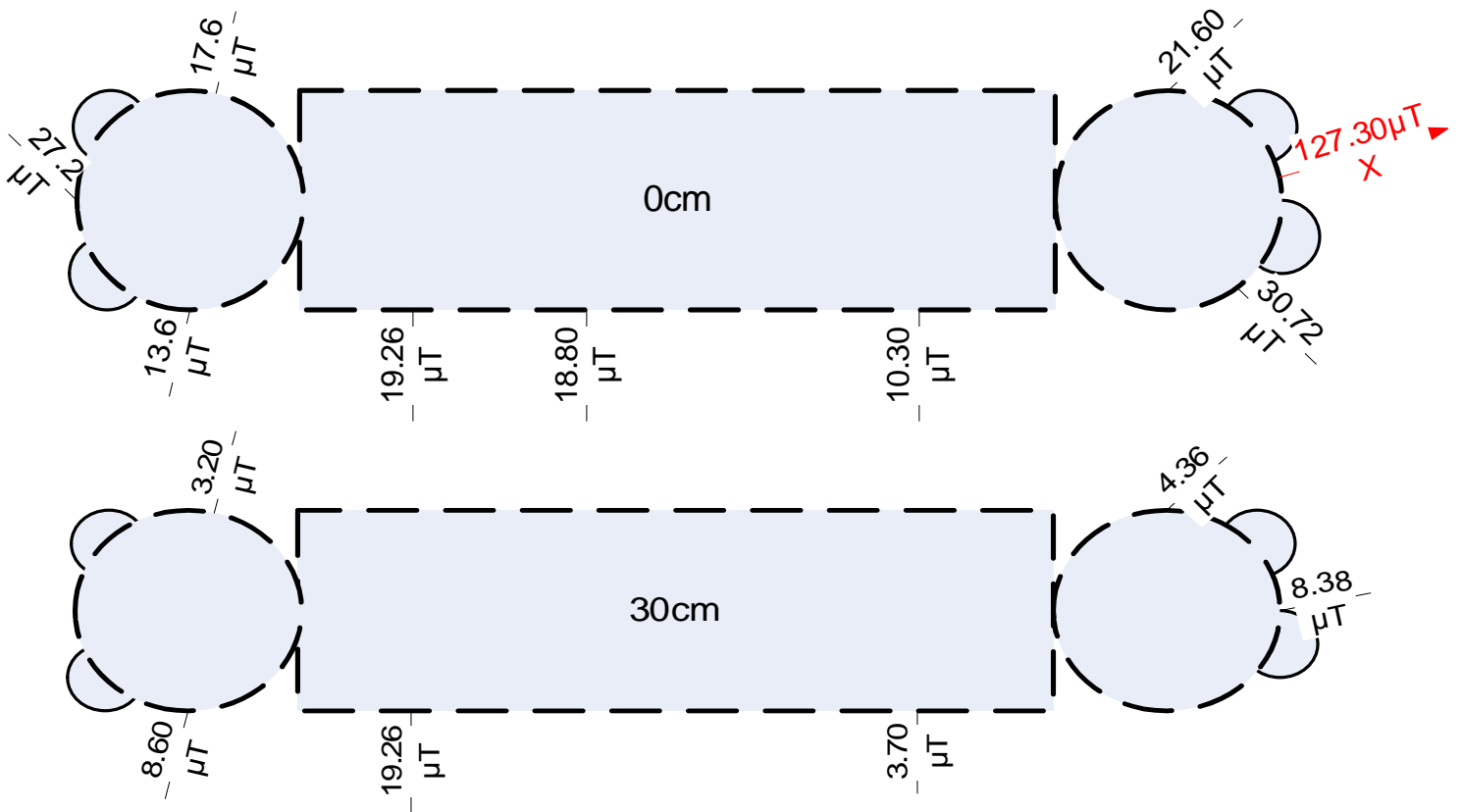
Μετρήσεις: 14-9-2013

Ωρα 12:40-12:50

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή του Μπεγουλακίου και ώρα 12:40 έως 12:50. Από την φωτογραφία 3.1 και το σχήμα 3.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 14Μπεγουλάκι είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 2.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 127.30 μ T. Η τιμή αυτή είναι μόνο κατά πολύ λίγο μεγαλύτερη το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μ T). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 8.38 μ T. Η τιμή αυτή είναι περίπου 12 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 3.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 3.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα x του σχήματος 3.3.



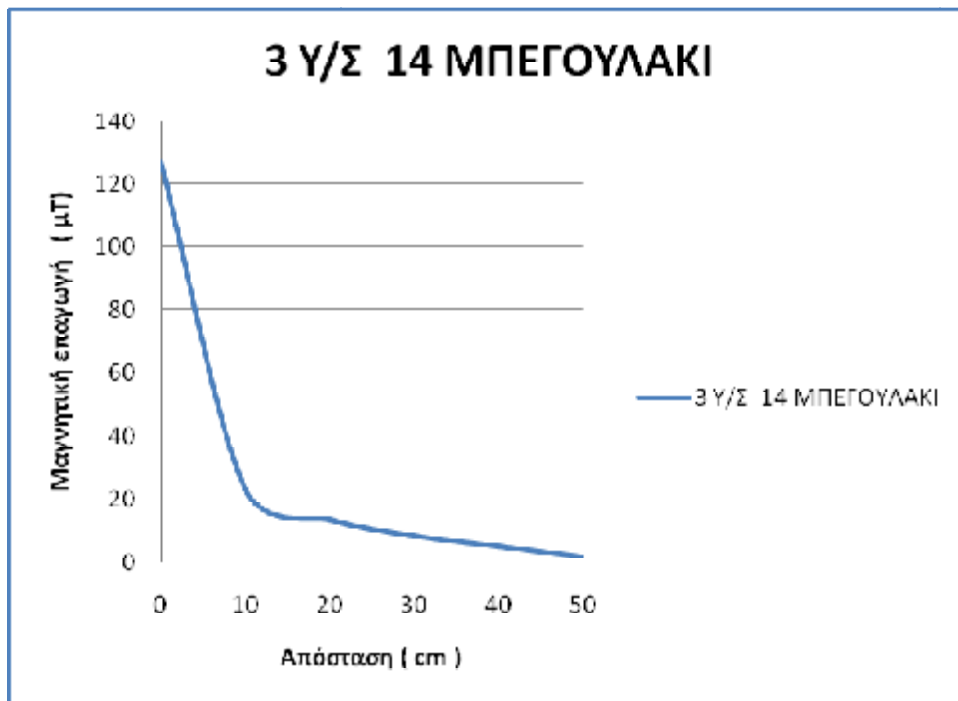
Φωτογραφία 3.1 Υ/Σ 14 Μπεγουλάκι



Σχημα 3.3

0 cm	127.30 μT
10 cm	23.10 μT
20 cm	13.40 μT
30 cm	8.38 μT
40 cm	5.14 μT
50 cm	2.06 μT

Πίνακας 3.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα
x του σχήματος



Γραφική παράσταση 3.4

4^η Μέτρηση Υ/Σ 13 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ

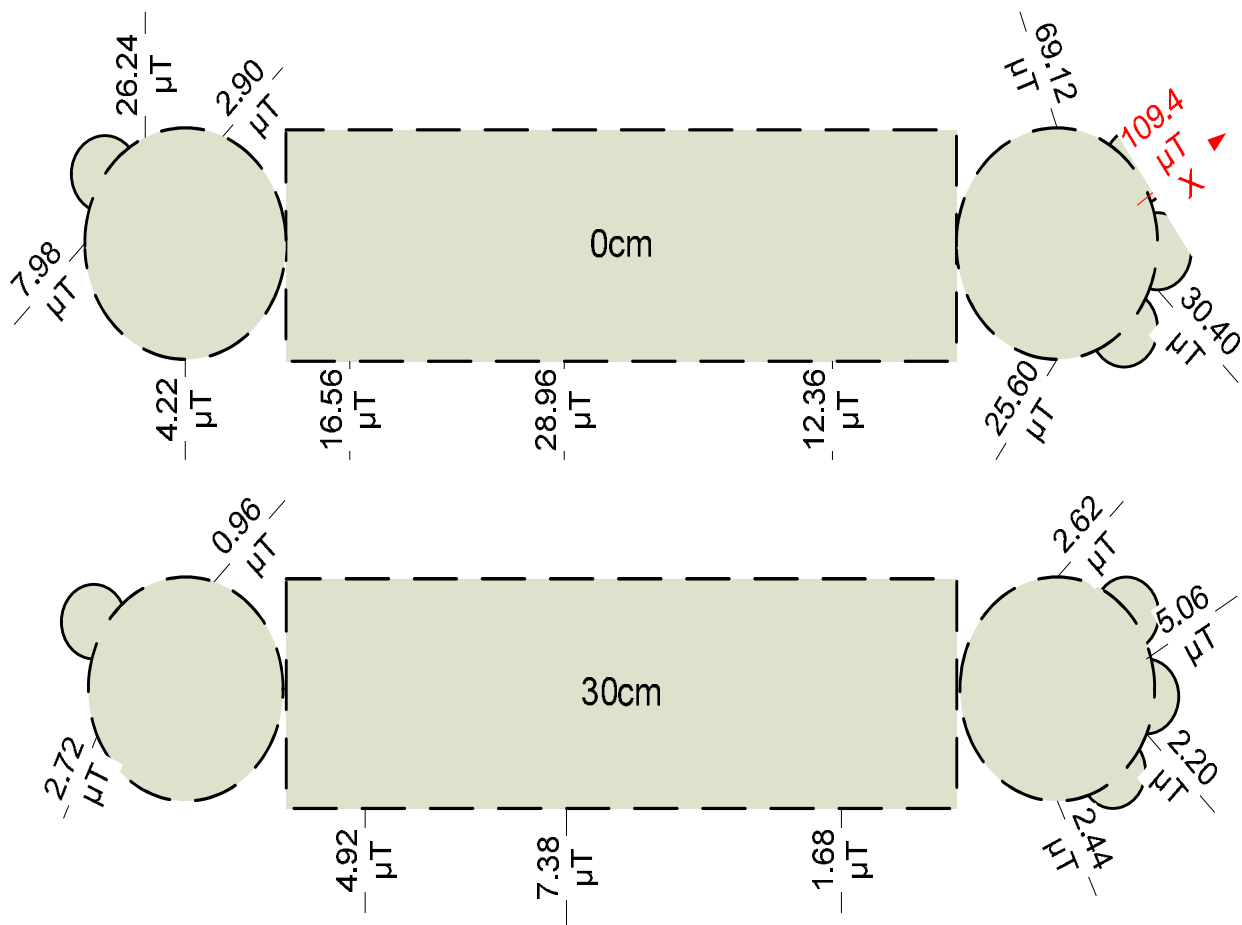
Μετρήσεις: 14-9-2013

Ωρα 12:55-13:05

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή του Μπεγουλακίου και ώρα 12:55 έως 13:05. Από την φωτογραφία 4.1 και το σχήμα 4.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 13Μπεγουλάκι(β) είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 4.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 109.40 μT (επιτρεπόμενο όριο 1000 μT). Η τιμή αυτή είναι μόνο κατά πολύ λίγο μεγαλύτερη το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 5.06 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 20 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 4.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 4.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα του σχήματος 4.3.



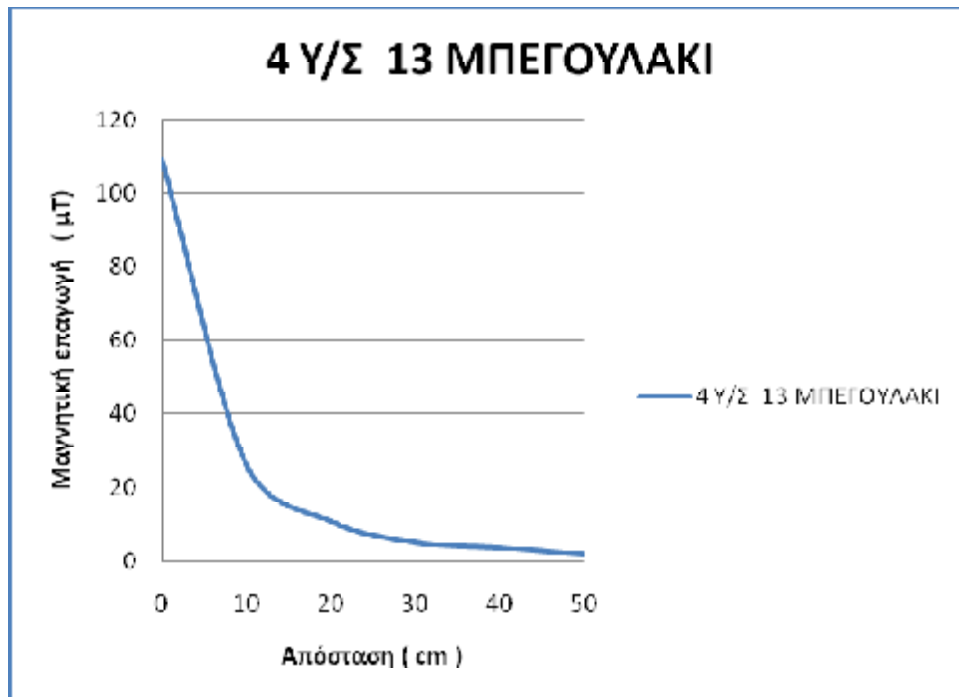
Φωτογραφία 4.1 Υ/Σ 13 Μπεγουλάκι(β) 1



Σχήμα 4.3

0 cm	109.40 μT
10 cm	26.24 μT
20 cm	10.56 μT
30 cm	5.06 μT
40 cm	3.78 μT
50 cm	2.16 μT

Πίνακας 4.2
Μαγνητική επαγωγή B
κατά μήκος του άξονα x του σχήματος



Γραφική παράσταση 4.4

5^η Μέτρηση Υ/Σ 1 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ(β)

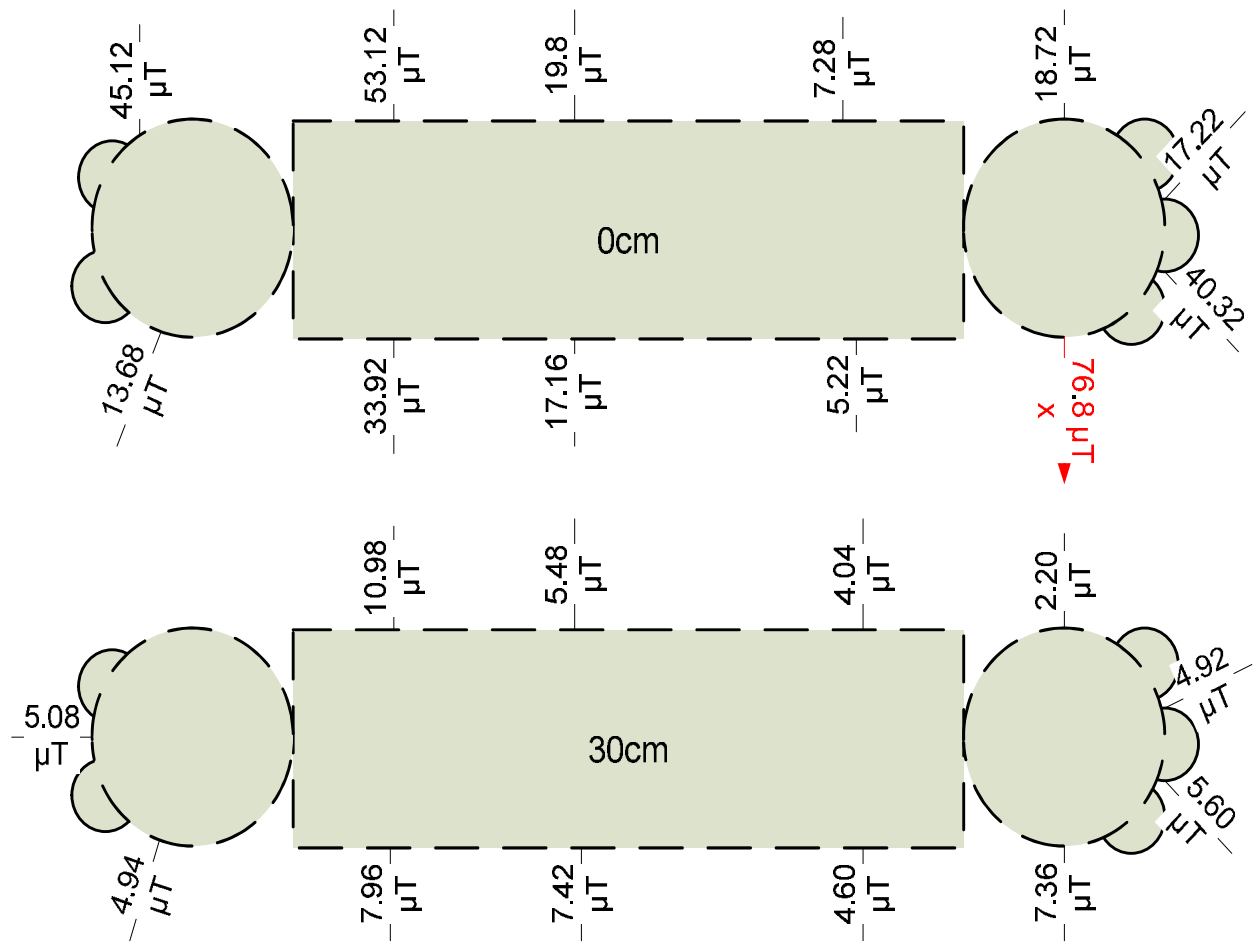
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 13:35-13:45

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 13:35 έως 13:45. Από την φωτογραφία 5.1 και το σχήμα 5.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 1 Ταραμπούρα(β) είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 5.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 76.80μΤ. Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000μΤ) αλλά περίπου το 0,75 της τιμής του ορίου της έκθεσης του κοινού! (100μΤ). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 7.36 μΤ. Η τιμή αυτή είναι περίπου 14 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 5.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 5.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 5.3



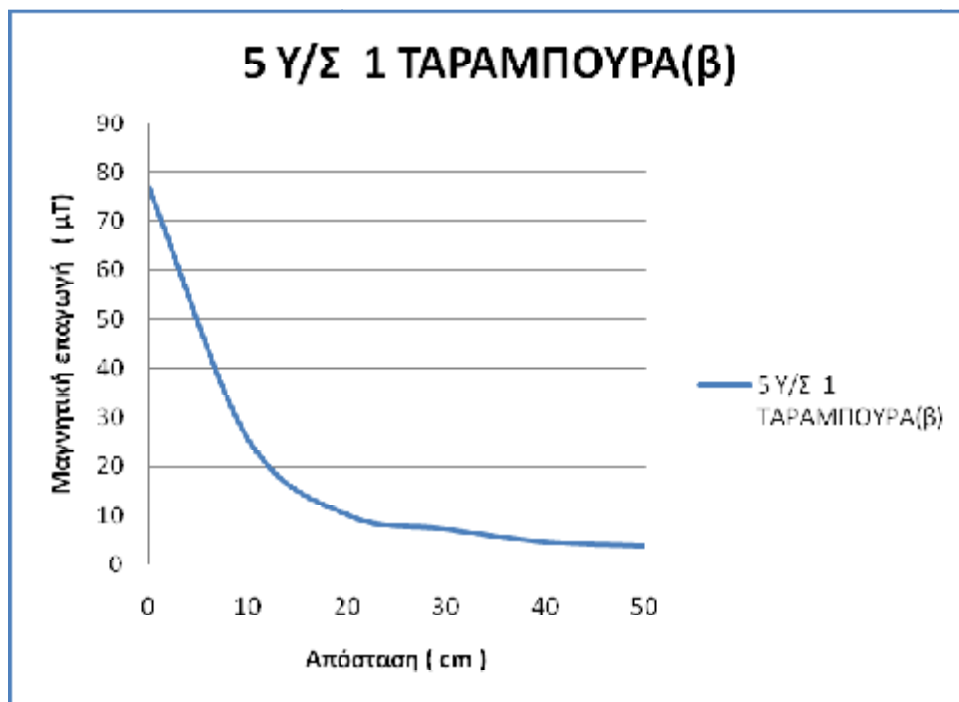
Φωτογραφία 5.1 Υ/Σ 1 Ταραμπούρα(β)



Σχήμα 5.3

0 cm	76.80 μT
10 cm	25.92 μT
20 cm	10.12 μT
30 cm	7.36 μT
40 cm	4.56 μT
50 cm	3.76 μT

Πίνακας 5.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του
άξονα x του σχήματος.



Γραφική παράσταση 5.4

6^η Μέτρηση Υ/Σ 18 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ

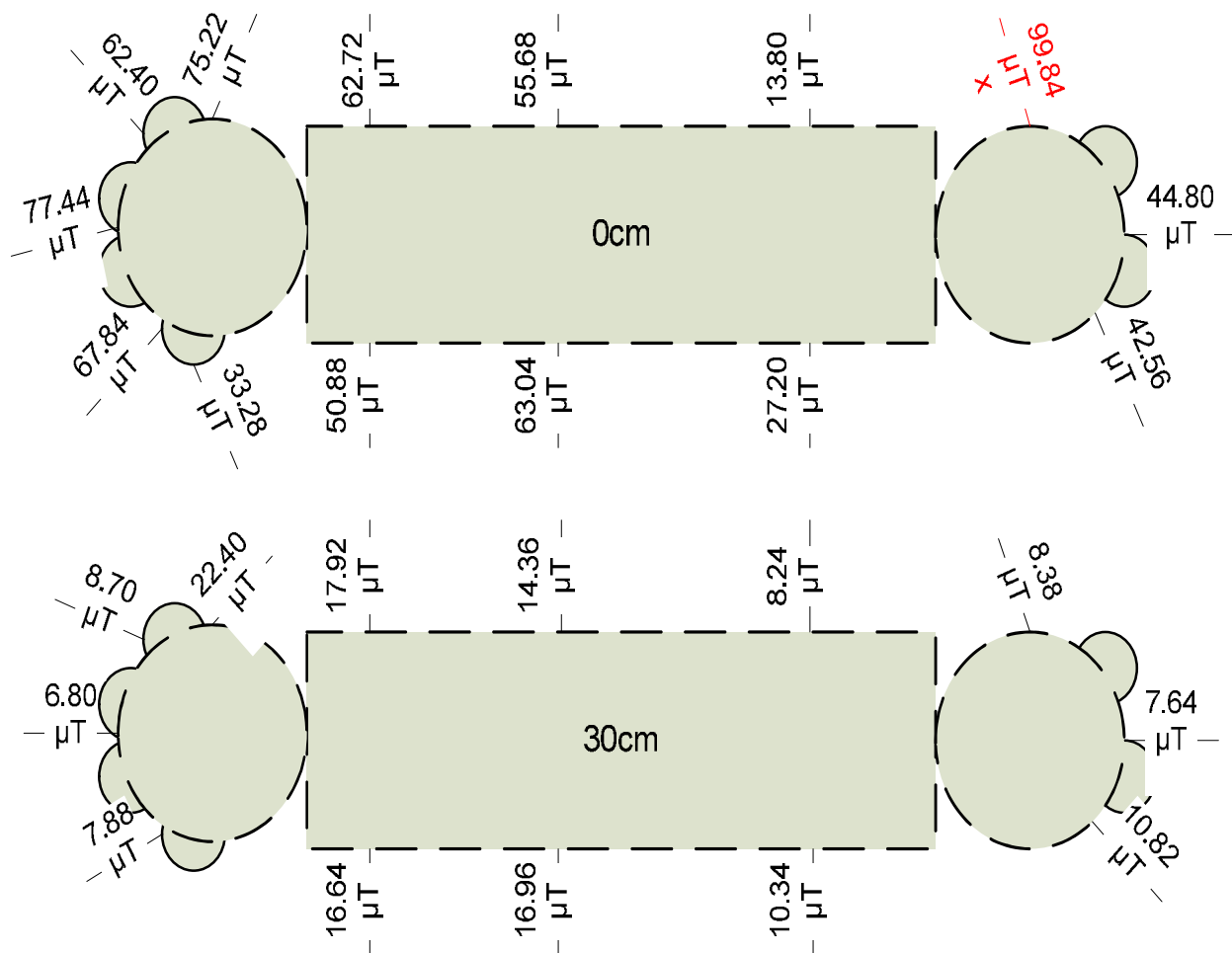
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 14:00-14:10

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 14:00 έως 14:10. Από την φωτογραφία 6.1 και το σχήμα 6.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 16 Ταραμπούρα (γ) είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 6.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 99.84 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου ίση με το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 8.38 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 12 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 4.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 4.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα x του σχήματος 4.3.

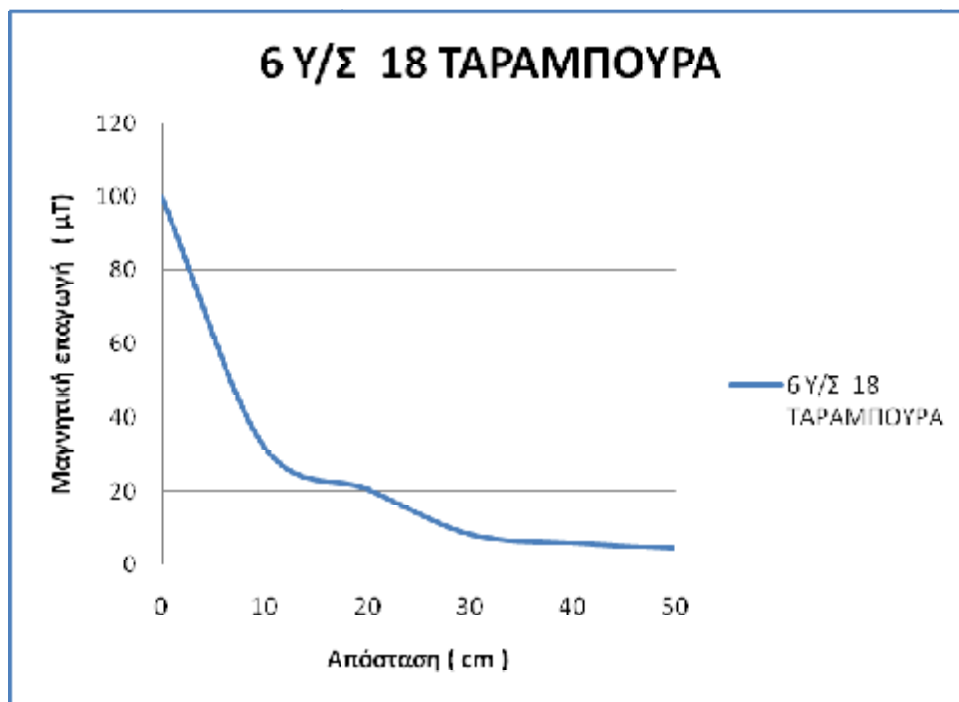


Φωτογραφία 6.1 Υ/Σ 16 Ταραμπούρα(γ)



Σχήμα 6.3

0 cm	99.84 μT
10 cm	32.01 μT
20 cm	20.48 μT
30 cm	8.38 μT
40 cm	5.92 μT
50 cm	4.48 μT
Πίνακας 6.2 Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x του σχήματος	



Γραφική παράσταση 6.4

7^η Μέτρηση Υ/Σ 1005

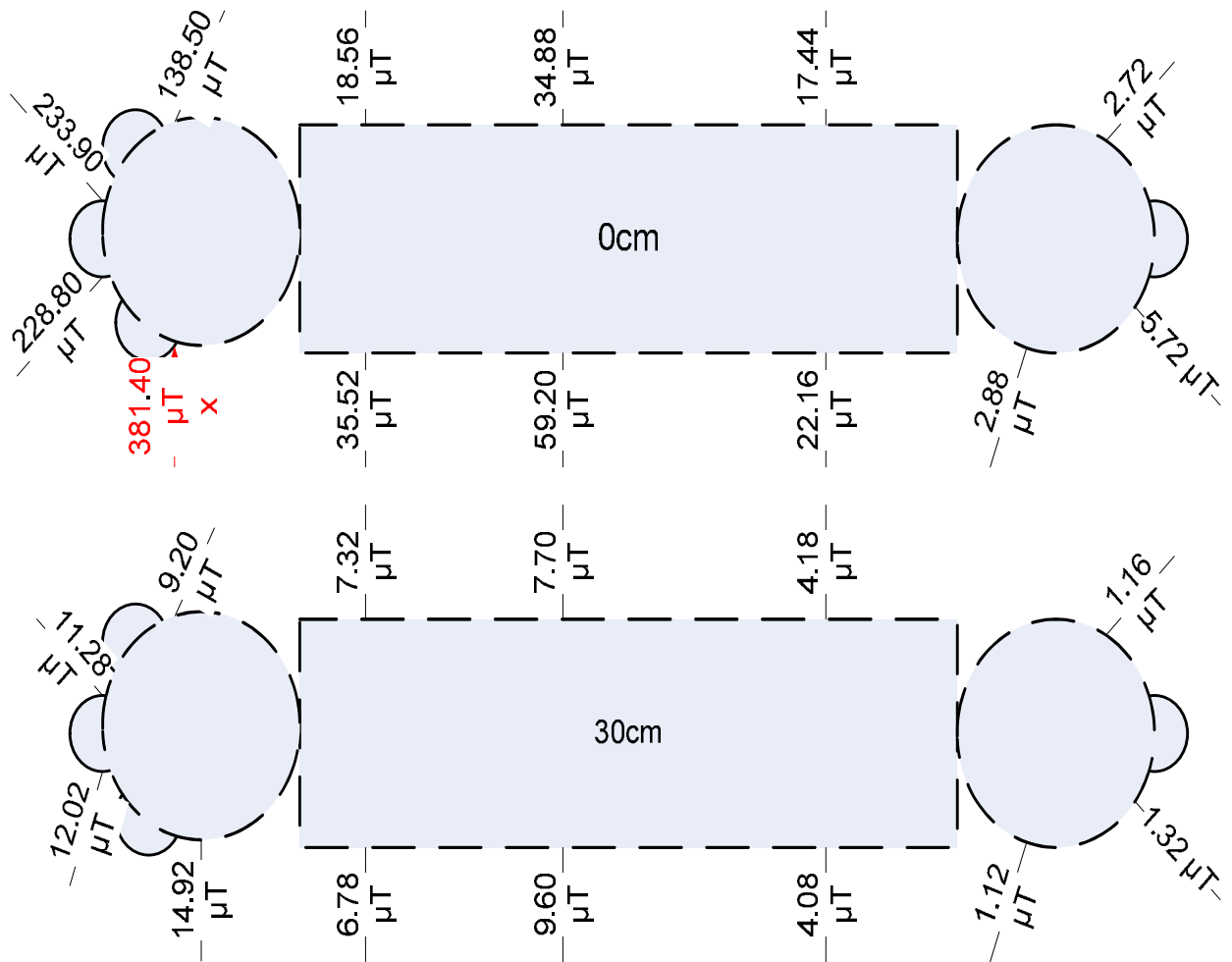
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 14:15-14:25

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 14:15 έως 14:25. Από την φωτογραφία 7.1 και το σχήμα 7.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 1005 είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 7.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 381.40 μT . Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από το μισό του ορίου της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 14.92 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 7 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 7.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 7.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 7.3.



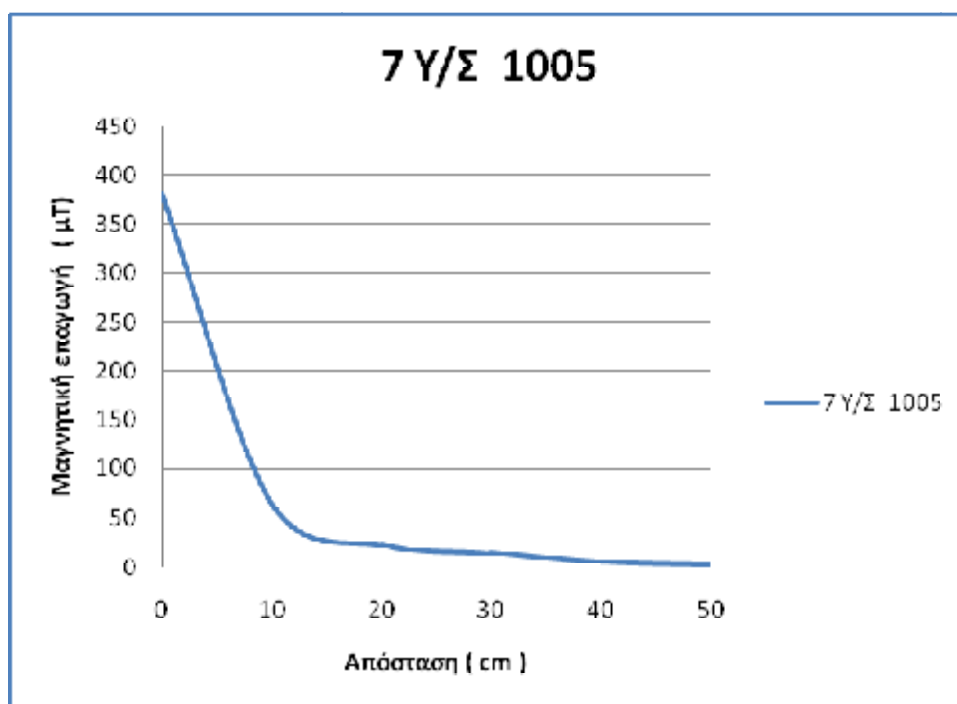
Φωτογραφία 7.1 Υ/Σ 1005



Σχήμα 7.3

0 cm	381.4 μT
10 cm	63.68 μT
20 cm	22.72 μT
30 cm	14.92 μT
40 cm	6.72 μT
50 cm	4.16 μT

Πίνακας 7.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα
x του σχήματος



Γραφική παράσταση 7.4

8^η Μέτρηση Υ/Σ 6 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ

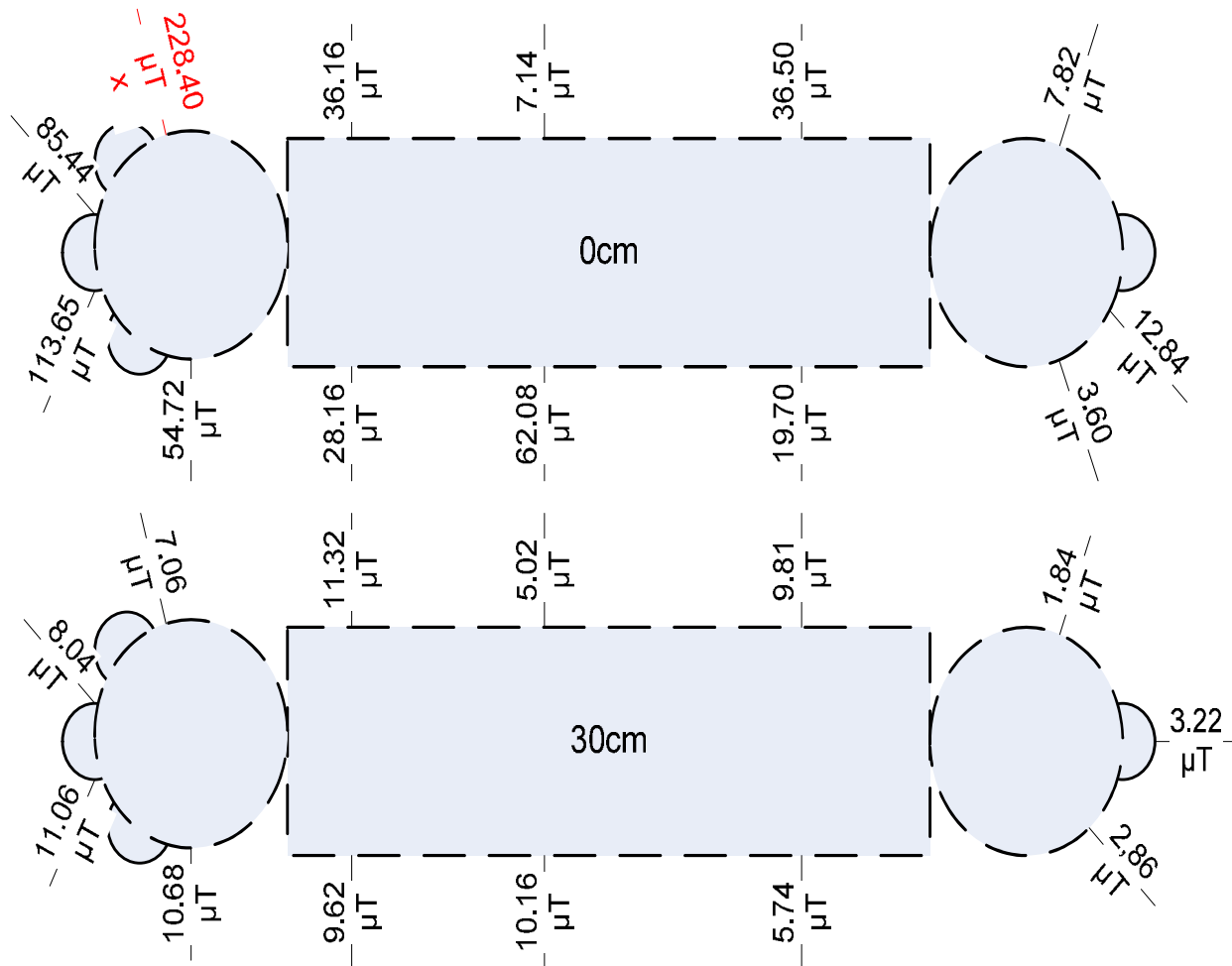
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ώρα 14:27-14:35

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 14:27 έως 14:25. Από την φωτογραφία 8.1 και το σχήμα 8.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 6 Ταραμπούρα είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 8.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 228.40 μT . Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από το μισό του ορίου της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 7.06 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 14 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 8.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 8.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 8.3.

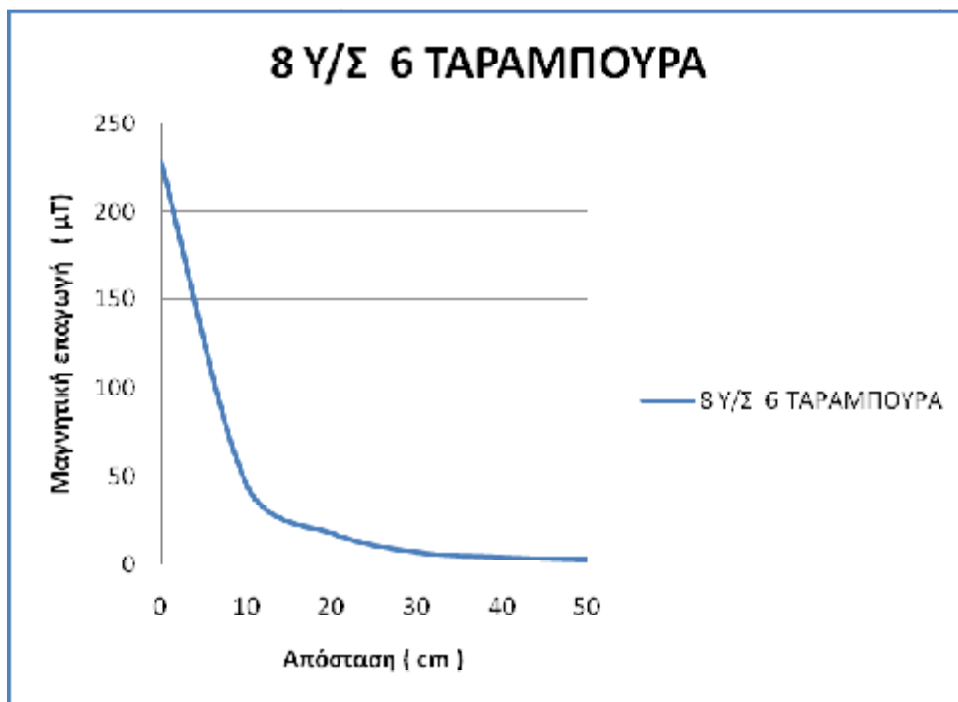


Φωτογραφία 8.1 Υ/Σ 6 Ταραμπούρα



Σχήμα 8.3

0 cm	228.40 μT
10 cm	45.76 μT
20 cm	18.24 μT
30 cm	7.06 μT
40 cm	4.32 μT
50 cm	2.72 μT
Πίνακας 8.2 Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x του σχήματος	



Γραφική παράσταση 8.4

9^η Μέτρηση Υ/Σ 609

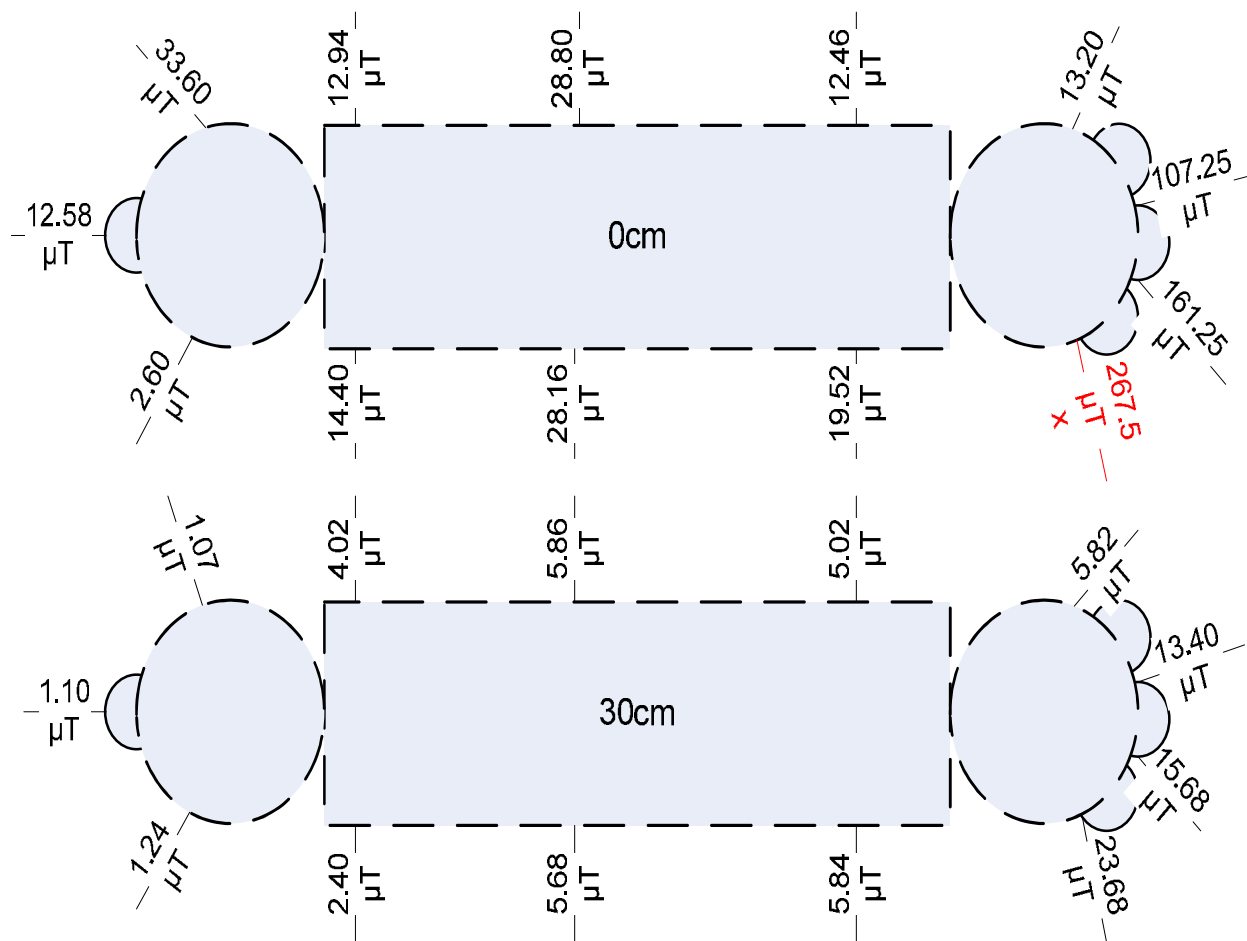
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 14:40-14:50

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 14:40 έως 14:50. Από την φωτογραφία 9.1 και το σχήμα 9.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 609 είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 9.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 267.50 μT . Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από το μισό του ορίου της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 23.68 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 4 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 9.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 9.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 9.3.

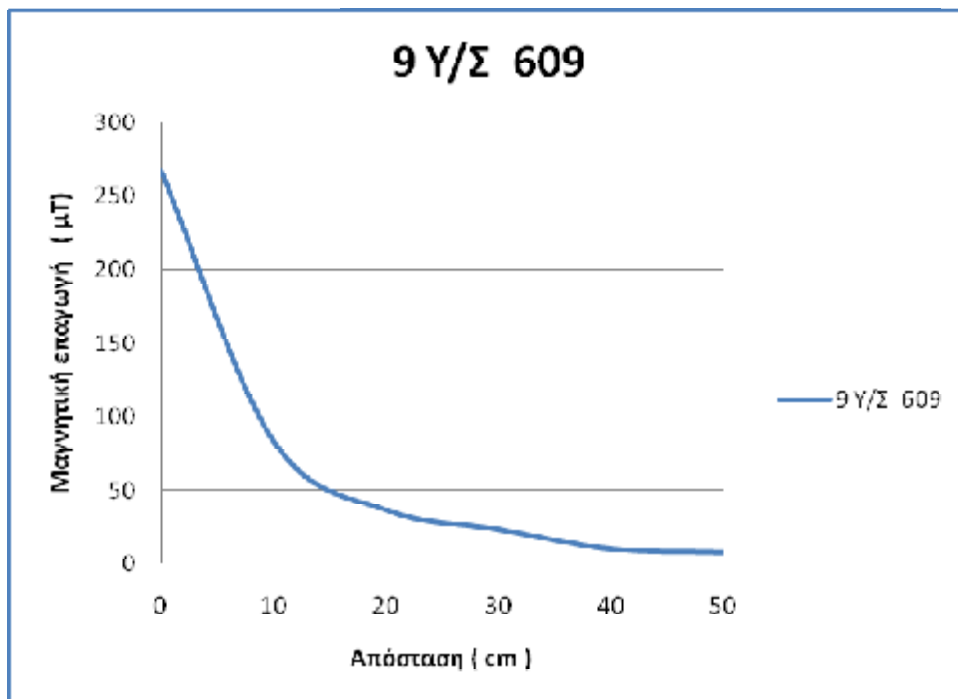


Φωτογραφία 9.1 Υ/Σ 609



Σχήμα 9.3

0 cm	267.50 μT
10 cm	83.20 μT
20 cm	36.48 μT
30 cm	23.68 μT
40 cm	10.56 μT
50 cm	8.38 μT
Πίνακας 9.2 Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x του σχήματος	



Γραφική παράσταση 9.4

10^η Μέτρηση Υ/Σ 145

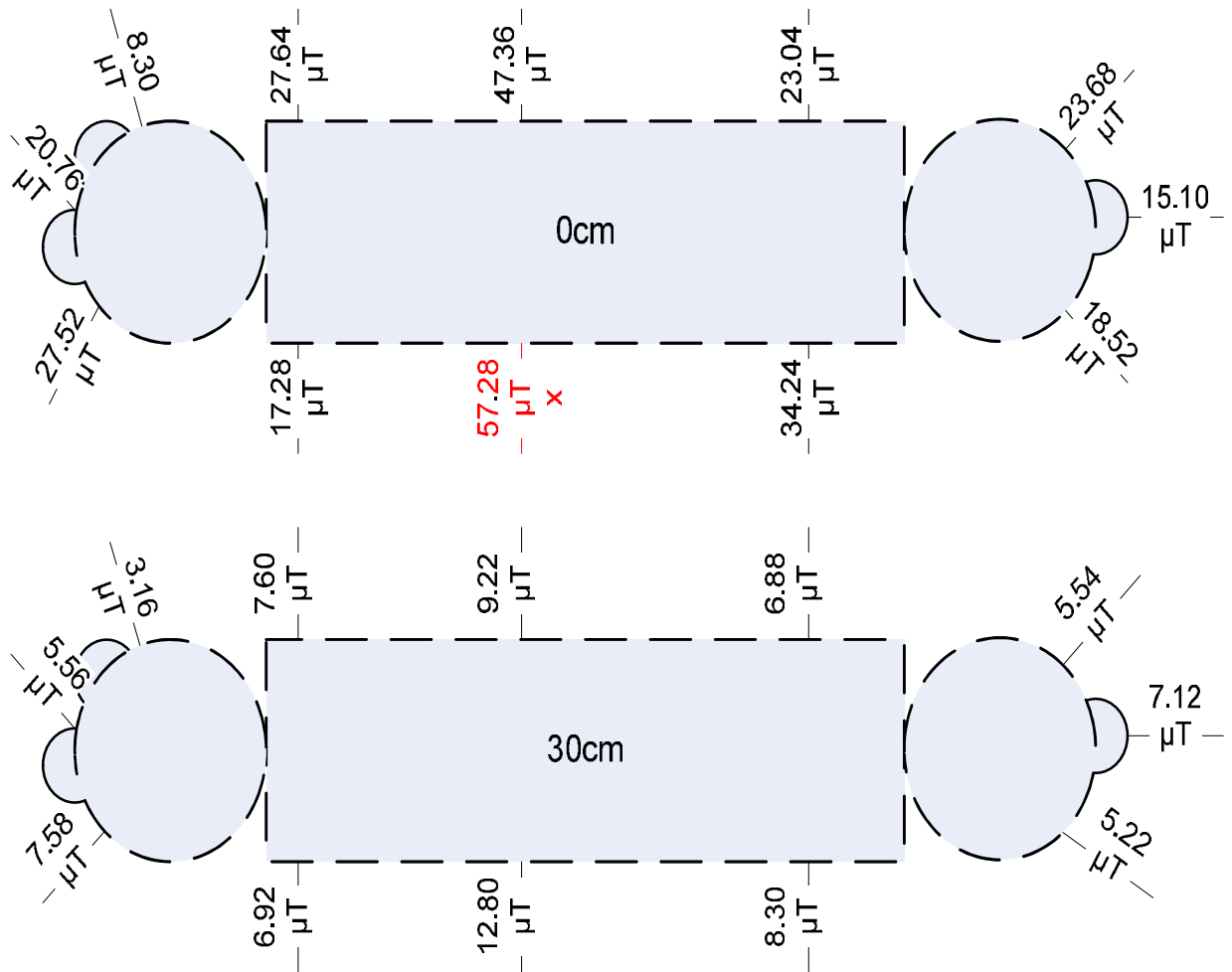
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 14:55-15:05

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ταραμπούρας και ώρα 14:55 έως 15:05. Από την φωτογραφία 10.1 και το σχήμα 10.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 145 είναι ένας υποσταθμός διανομής εδάφους. Από τις μετρήσεις του πίνακα 10.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 57.28 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 0,5 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 12.80 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 8 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 10.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 10.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 10.3.



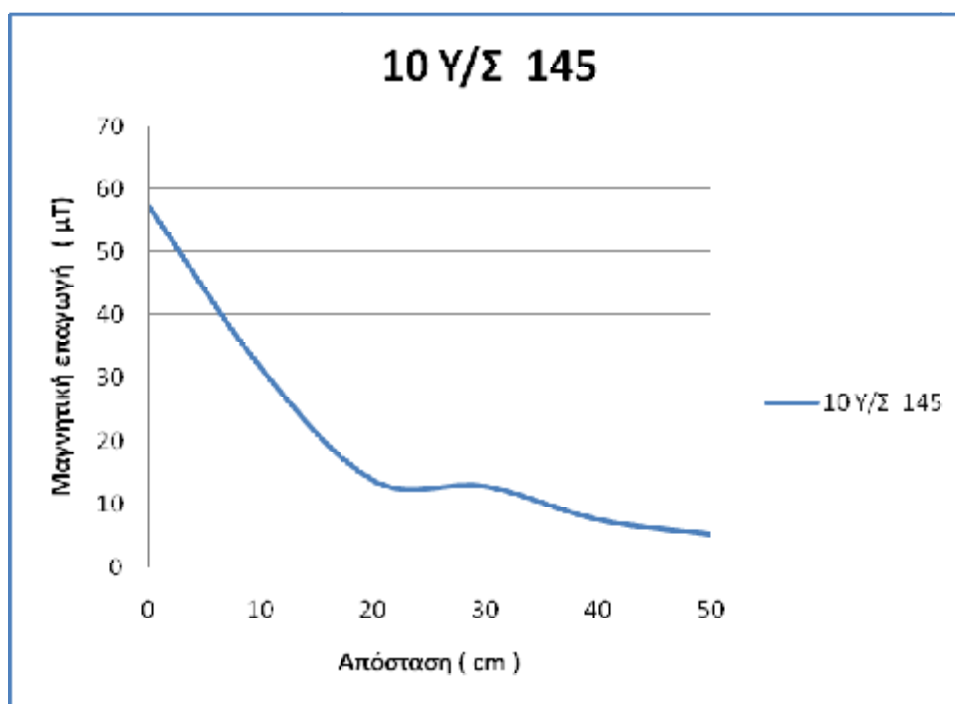
Φωτογραφία 10.1 Υ/Σ 145



Σχήμα 10.3

0 cm	57.28 μT
10 cm	31.68 μT
20 cm	13.76 μT
30 cm	12.80 μT
40 cm	7.48 μT
50 cm	5.16 μT

Πίνακας 10.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x
του σχήματος



Γραφική παράσταση 10.4

11^η Μέτρηση Υ/Σ 3 ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ

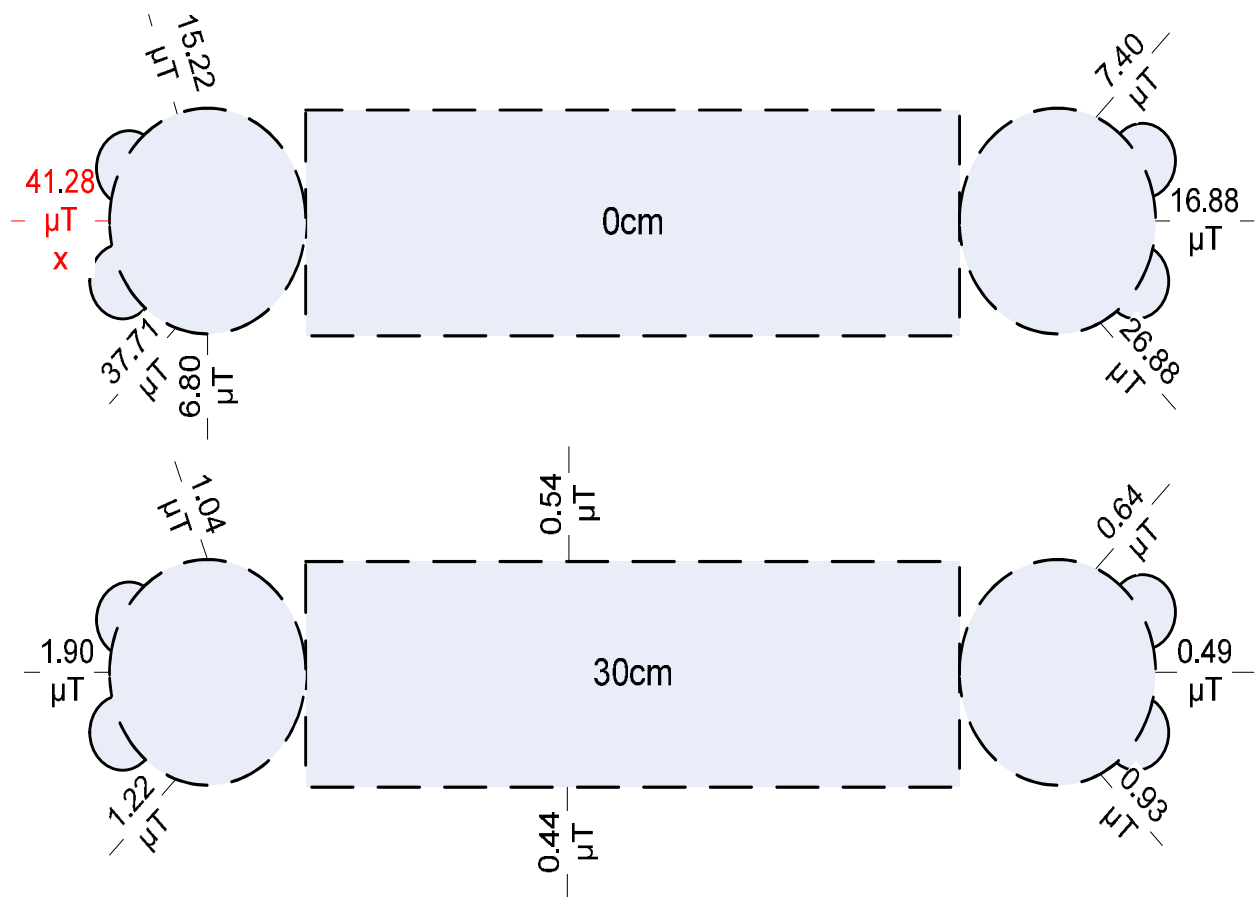
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 15:15-15:25

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Ανθούπολης και ώρα 15:15 έως 15:25. Από την φωτογραφία 11.1 και το σχήμα 11.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 3 Ανθούπολη είναι ένας εναέριος υποσταθμός διανομής. Από τις μετρήσεις του πίνακα 11.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 41.28 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 0,5 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 1.90 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 50 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 11.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 11.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 11.3.

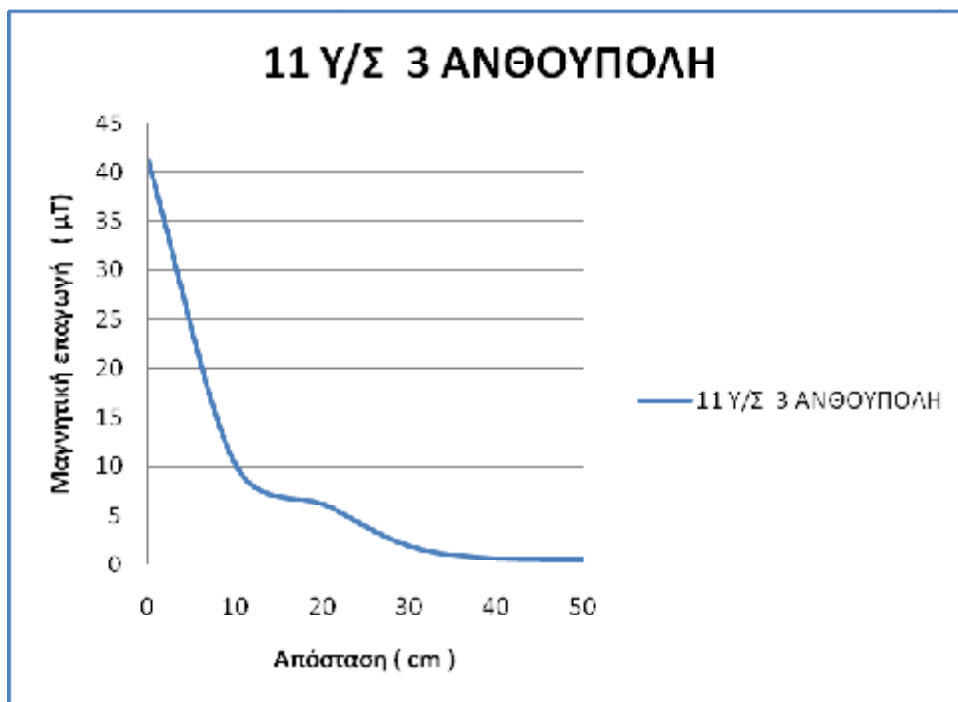


Φωτογραφία 11.1 Υ/Σ 3 Ανθούπολη



Σχήμα 11.3

0 cm	41.28 μT
10 cm	10.25 μT
20 cm	6.20 μT
30 cm	1.90 μT
40 cm	0.67 μT
50 cm	0.46 μT
Πίνακας 11.2 Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x του σχήματος	



Γραφική παράσταση 11.4

12^η Μέτρηση Υ/Σ 55 ΡΙΟΥ

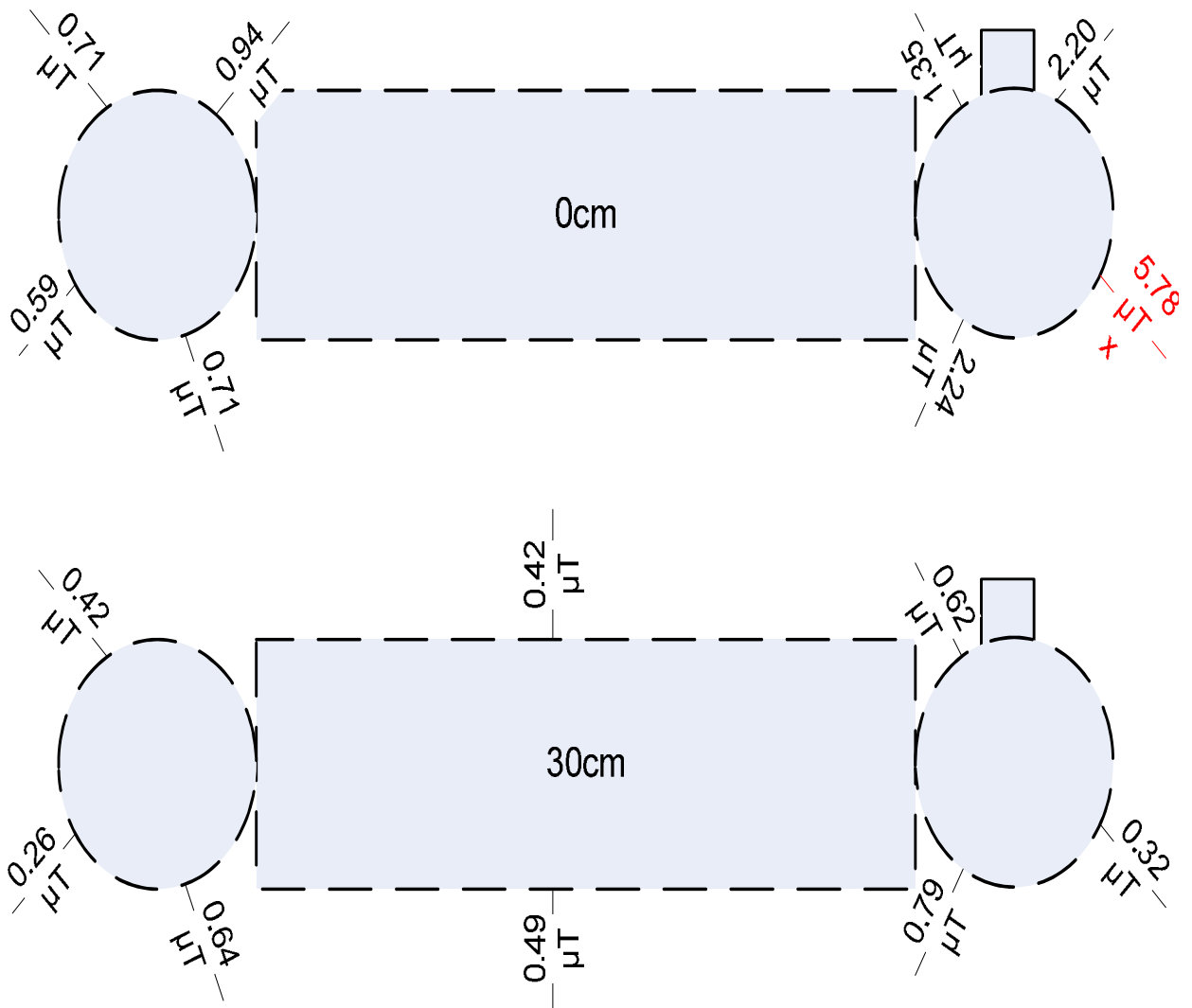
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 15:30-15:40

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή του Ρίου και ώρα 15:30 έως 15:40. Από την φωτογραφία 12.1 και το σχήμα 12.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 55 Ρίου είναι ένας εναέριος υποσταθμός διανομής. Από τις μετρήσεις του πίνακα 12.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 5.78 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 20 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 0,32 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 312 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 12.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 12.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 12.3.



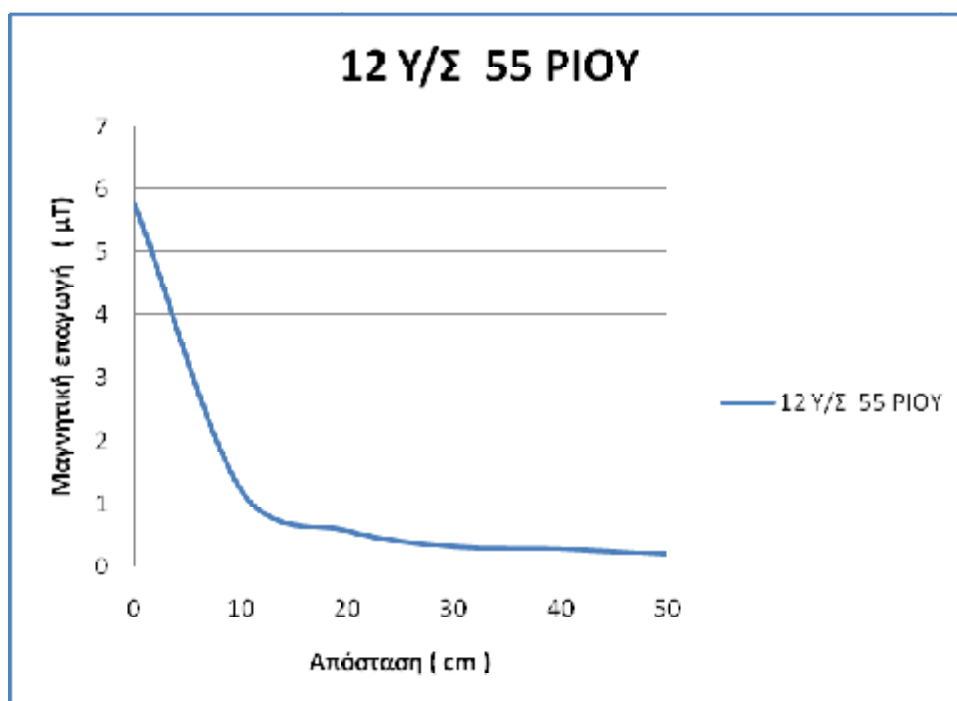
Φωτογραφία 12.1 Υ/Σ 55Ρίου



Σχήμα 12.3

0 cm	5.78 μT
10 cm	1.22 μT
20 cm	0.57 μT
30 cm	0.32 μT
40 cm	0.28 μT
50 cm	0.19 μT

Πίνακας 12.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x
του σχήματος



Γραφική παράσταση 12.4

13^η Μέτρηση Υ/Σ 10 Β.ΠΟΛΕΩΣ

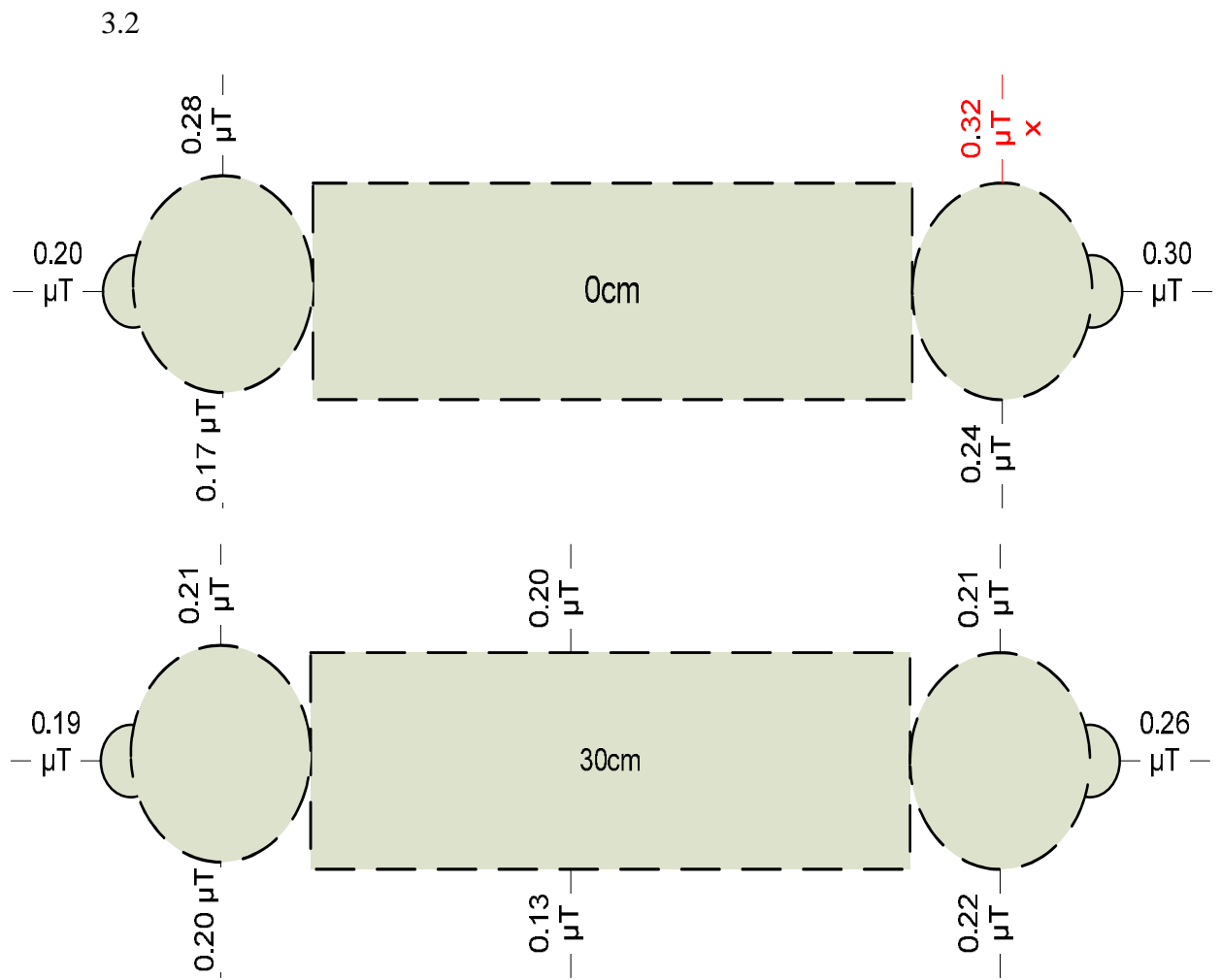
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 16:00-16:10

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή της Β.Πολεως και ώρα 16:00 έως 16:10. Από την φωτογραφία 13.1 και το σχήμα 13.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 55 Ρίου είναι ένας εναέριος υποσταθμός διανομής. Από τις μετρήσεις του πίνακα 13.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 0.32 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 312 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 0.21 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 475 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 13.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 13.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 13.3.



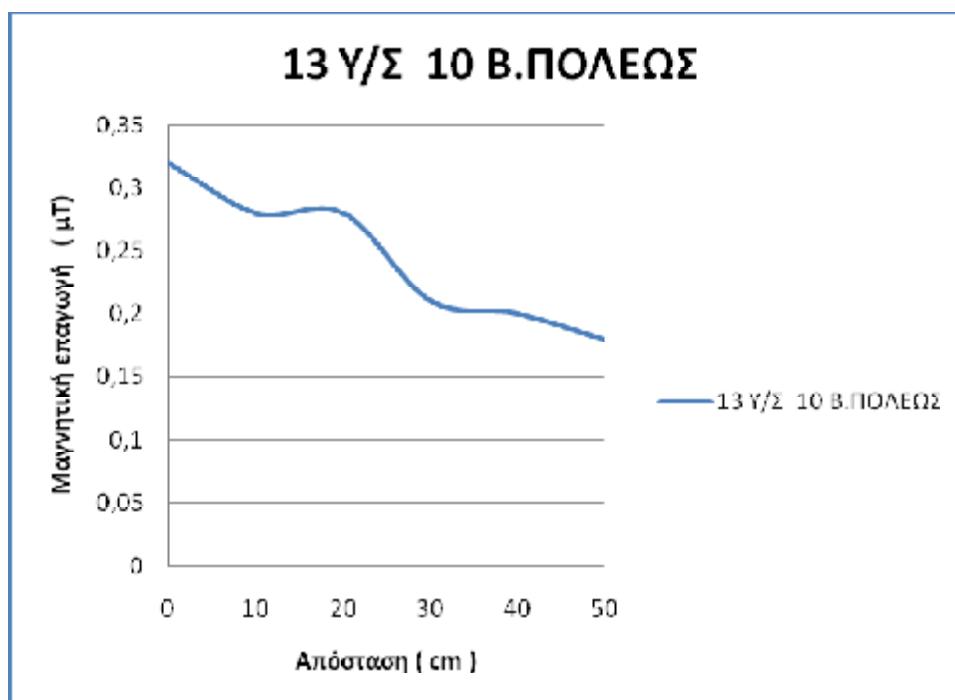
Φωτογραφία 13.1 Υ/Σ 10Β.Πόλεως



Σχήμα 13.3

0 cm	0.32 μ T
10 cm	0.28 μ T
20 cm	0.28 μ T
30 cm	0.21 μ T
40 cm	0.20 μ T
50 cm	0.18 μ T

Πίνακας 13.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα
x του σχήματος



Γραφική παράσταση 13.4

14^η Μέτρηση Υ/Σ 6ΚΟΥΚΟΥΛΙ

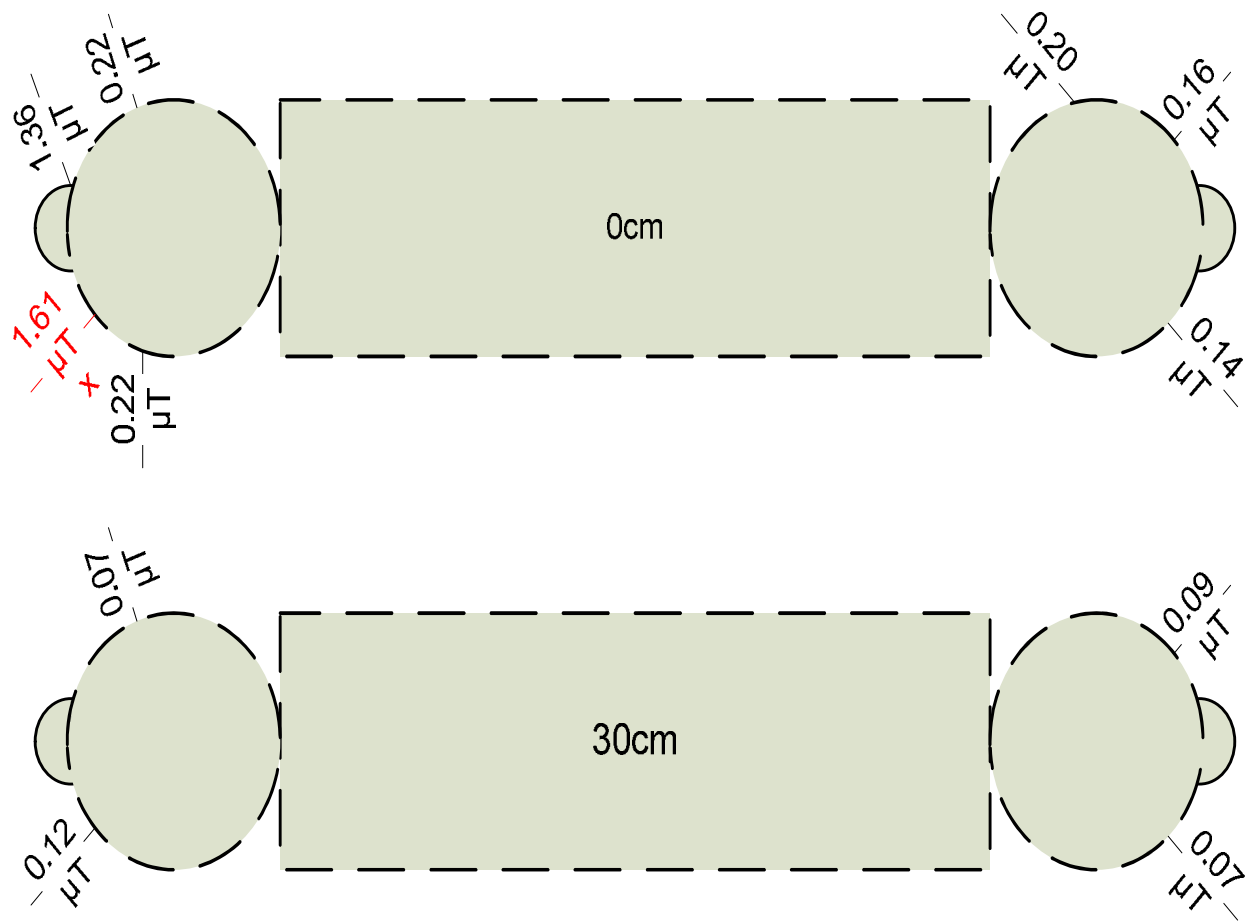
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 16:20-16:30

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή Κουκούλι και ώρα 16:20 έως 16:30. Από την φωτογραφία 14.1 και το σχήμα 14.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 6 Κουκούλι είναι ένας εναέριος υποσταθμός διανομής. Από τις μετρήσεις του πίνακα 14.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 1.61 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 62 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 0.12 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 833 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 14.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 14.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 14.3.



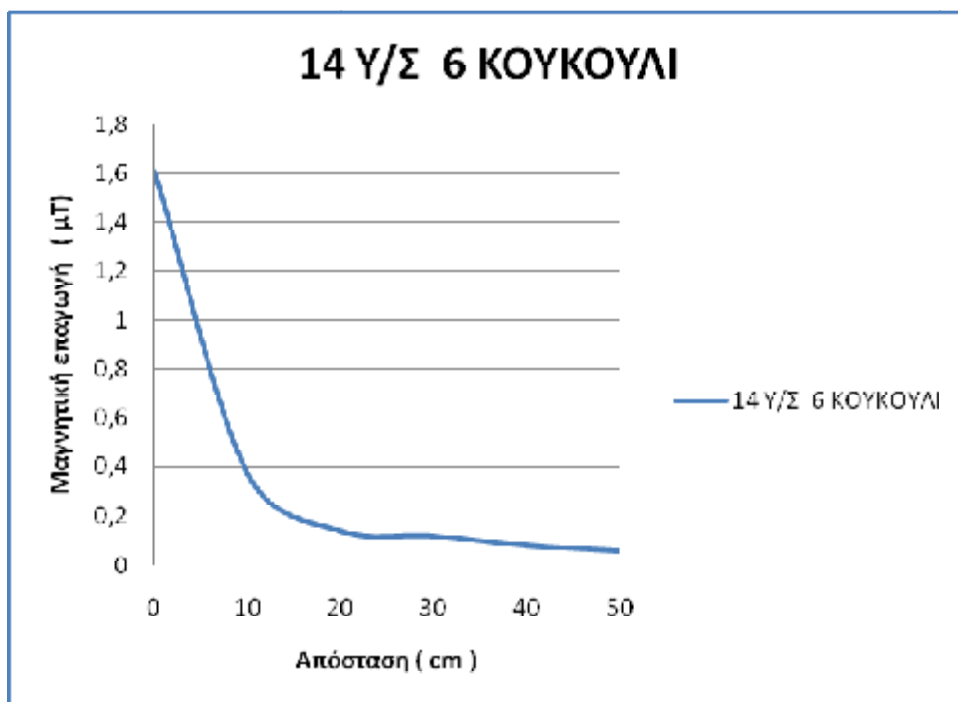
Φωτογραφία 14.1 Υ/Σ 6 Κουκούλι



Σχήμα 14.3

0 cm	1.61 μT
10 cm	0.37 μT
20 cm	0.14 μT
30 cm	0.12 μT
40 cm	0.08 μT
50 cm	0.06 μT

Πίνακας 14.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα
x του σχήματος



Γραφική παράσταση 14.4

15^η Μέτρηση Υ/Σ 1 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ

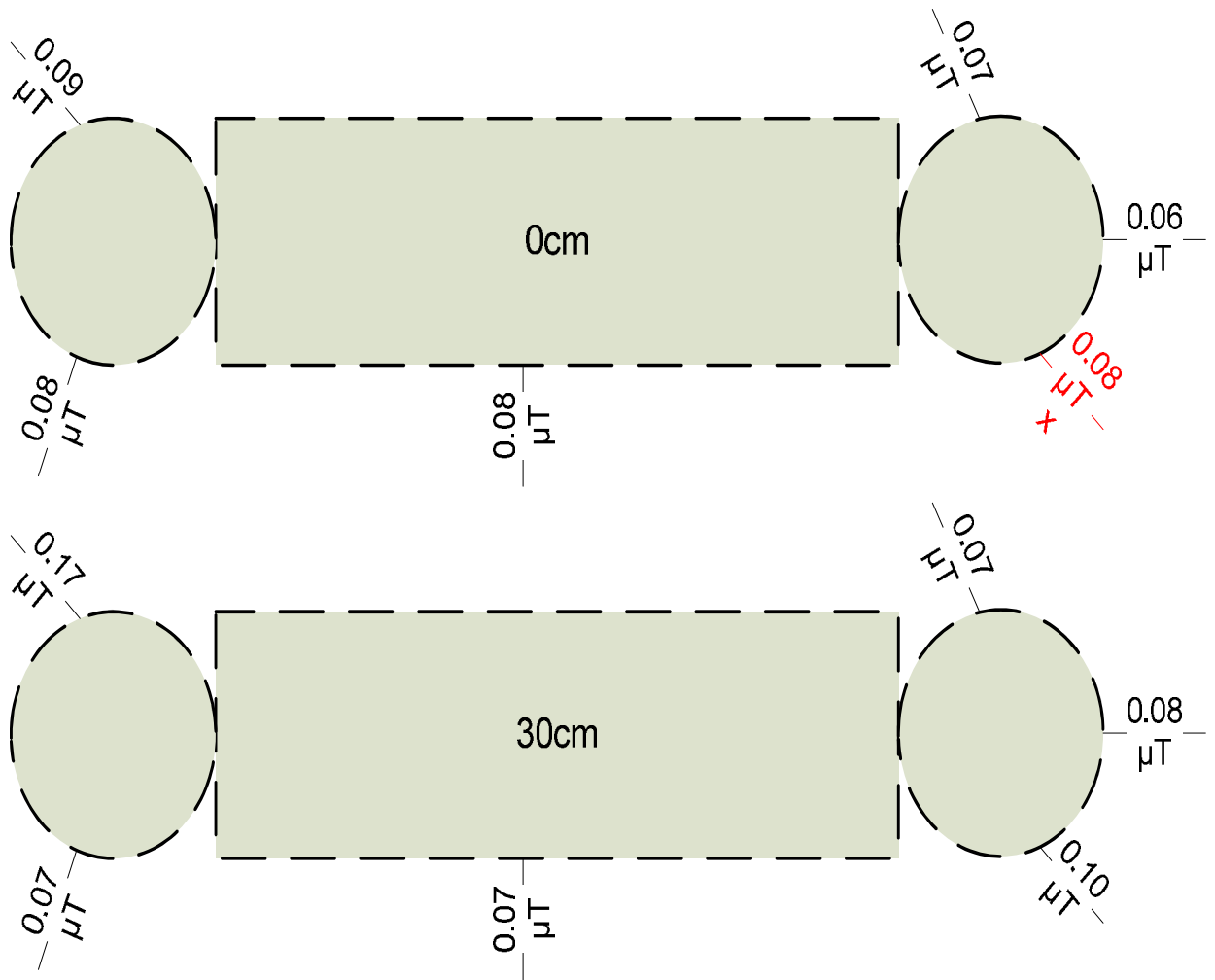
Ημερομηνία: 14-9-2013

Ωρα 16:20-16:30

Στις 14/9/2013 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής στην περιοχή Μπεγουλάκι και ώρα 16:33 έως 16:43. Από την φωτογραφία 15.1 και το σχήμα 15.3 φαίνεται ότι ο υποσταθμός 1 Μπεγουλάκι είναι ένας εναέριος υποσταθμός διανομής. Από τις μετρήσεις του πίνακα 15.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm), απόσταση μη προσιτή για τον κοινό, ανέρχεται σε 0.08 μT . Η τιμή αυτή δεν είναι μόνο κατά πολύ μικρότερη από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης (1000 μT) αλλά περίπου 1250 φορές μικρότερη και από το όριο της έκθεσης του κοινού! (100 μT). Η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον του υποσταθμού (σε απόσταση 30cm από αυτόν) ανέρχεται στην τιμή των 0.10 μT . Η τιμή αυτή είναι περίπου 1000 φορές μικρότερη από το όριο της έκθεσης του κοινού! Από το σχήμα 15.3, το σημείο όπου μετρήθηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής, είναι το σημείο που βρίσκεται η γείωση του Υποσταθμού. Από την γραφική παράσταση 15.4 φαίνεται η γρήγορη απόσβεση της μαγνητικής επαγωγής κατά μήκος του άξονα χ του σχήματος 15.3.



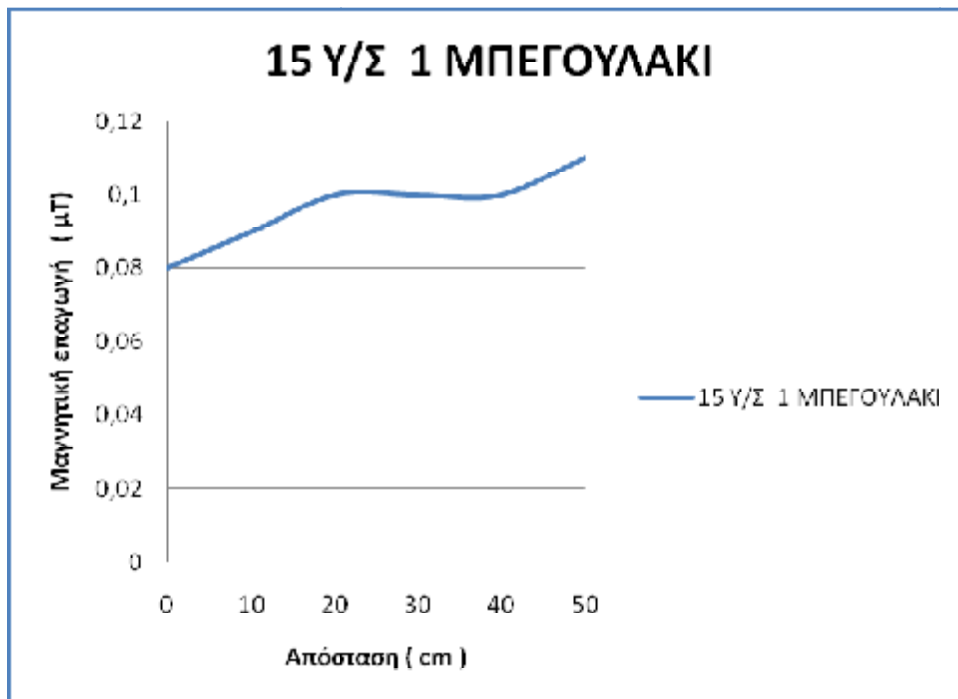
Φωτογραφία 15.1 Υ/Σ 1Μπεγουλάκι



Σχήμα 15.3

0 cm	0.08 μT
10 cm	0.09 μT
20 cm	0.10 μT
30 cm	0.10 μT
40 cm	0.10 μT
50 cm	0.11 μT

Πίνακας 15.2
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x του
σχήματος



Γραφική παράσταση 15.4

Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου υποσταθμών 20kV/0,4kV εξωτερικού χώρου
Συγκεντρωτικός Πίνακας

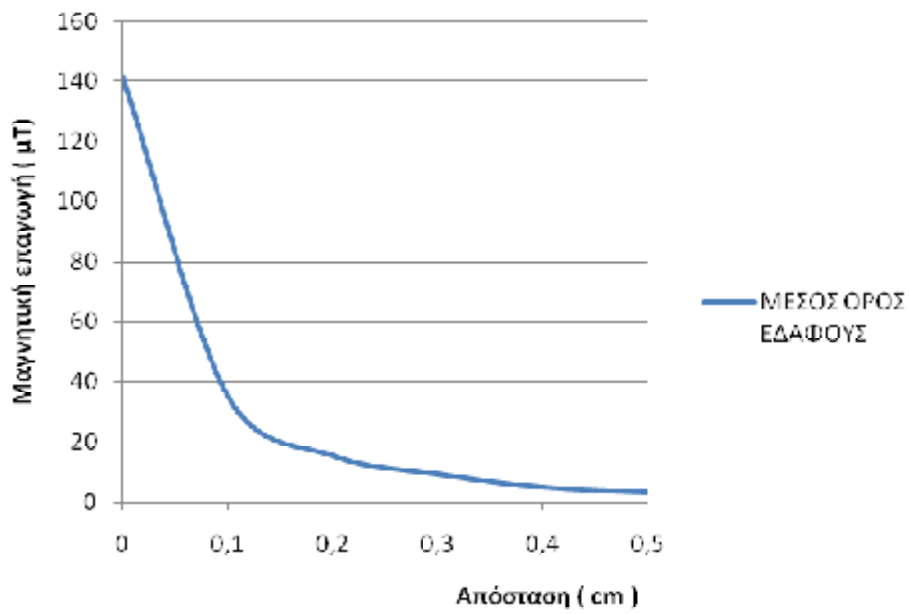
Μαγνητική επαγωγή B κατά μήκος του άξονα x του σχήματος 1

	cm	0	10	20	30	40	50
1	Υ/Σ 6 Κ.ΚΑΣΤΡΙΤΣΙ	10,58	3,14	1,04	1,14	1,56	0,46
2	Υ/Σ 18 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ	55,68	14,8	5,5	4	2,68	2,2
3	Υ/Σ 14 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ	127,3	23,1	13,4	8,38	5,14	2,06
4	Υ/Σ 13 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ	109,4	26,24	10,56	5,06	3,78	2,16
5	Υ/Σ 1 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ(β)	76,8	25,92	10,12	7,36	4,56	3,76
6	Υ/Σ 18 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ	99,84	32,01	20,48	8,38	5,92	4,48
7	Υ/Σ 1005	381,4	63,68	22,72	14,92	6,72	4,16
8	Υ/Σ 6 ΤΑΡΑΜΠΟΥΡΑ	228,4	45,76	18,24	7,06	4,32	2,72
9	Υ/Σ 609	267,5	83,2	36,48	23,68	10,56	8,38
10	Υ/Σ 145	57,28	31,68	13,76	12,8	7,48	5,16
11	Υ/Σ 3 ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ	41,28	10,25	6,2	1,9	0,67	0,46
12	Υ/Σ 55 ΡΙΟΥ	5,78	1,22	0,57	0,32	0,28	0,19
13	Υ/Σ 10 Β.ΠΟΛΕΩΣ	0,32	0,28	0,28	0,21	0,2	0,18
14	Υ/Σ 6ΚΟΥΚΟΥΛΙ	1,61	0,37	0,14	0,12	0,08	0,06
15	Υ/Σ 1 ΜΠΕΓΟΥΛΑΚΙ	0,08	0,09	0,1	0,1	0,1	0,11

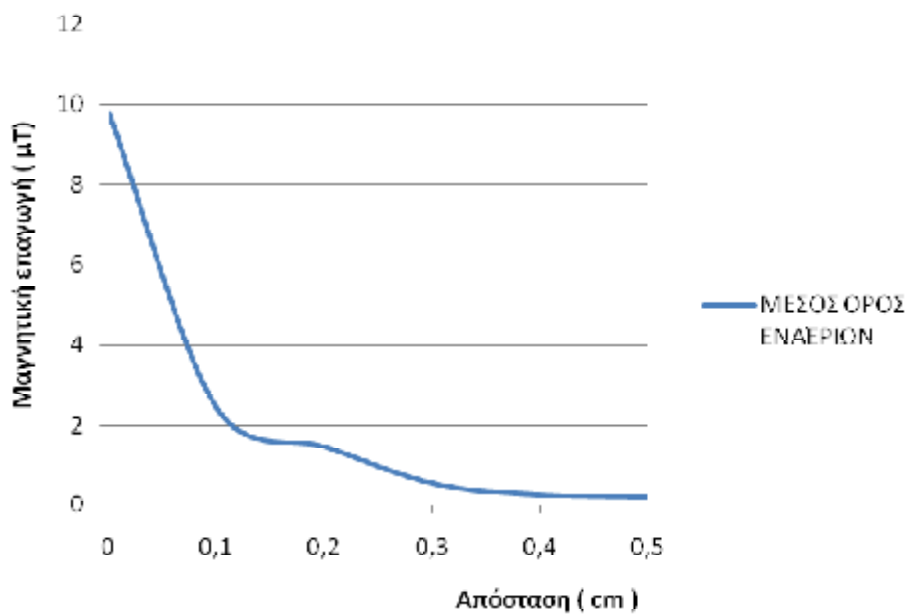
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	141,42	34,95	15,23	9,28	5,27	3,55
Μέγιστο ΕΔΑΦΟΥΣ	381,40	83,20	36,48	23,68	10,56	8,38
Ελάχιστο ΕΔΑΦΟΥΣ	10,58	0,09	0,10	0,10	0,08	0,06

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΝΑΕΡΙΩΝ	9,81	2,44	1,46	0,53	0,27	0,20
Μέγιστο ΕΝΑΕΡΙΩΝ	41,28	10,25	6,20	1,90	0,67	0,46
Ελάχιστο ΕΝΑΕΡΙΩΝ	0,08	0,09	0,10	0,10	0,08	0,06

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ



ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΝΑΪΡΙΩΝ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Συμπεράσματα

Παρατηρώντας τις μετρήσεις που πήραμε προκύπτουν τα παρακάτω :

- Η μεγαλύτερη τιμή έκθεσης, σε θέσεις προσιτές στο κοινό (απόσταση 30 cm από τον εξοπλισμό), της μαγνητικής επαγωγής, για υποσταθμούς μέσης τάσης με το κιβώτιο διανομής τοποθετημένο στο έδαφος μετρήθηκε σε καλώδιο χαμηλής τάσης και ανέρχεται σε 23.68 μT ,μετρήθηκε στον υποσταθμό 609 (μέτρηση 9) στην περιοχή της πλατείας Παπανδρέου .
- Η μεγαλύτερη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε θέσεις μη προσιτές στο κοινό (δηλαδή σε επαφή με τον εξοπλισμό), μετρήθηκε σε καλώδιο χαμηλής τάσης, και ανέρχεται σε 381.40 μT για τους υποσταθμούς διανομής με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος και μετρήθηκε στον υποσταθμό 1005 (μέτρηση 7) στην περιοχή της Ταμπουράς .
- Η μεγαλύτερη τιμή έκθεσης, σε θέσεις προσιτές στο κοινό (απόσταση 30 cm από τον εξοπλισμό), της μαγνητικής επαγωγής, για υποσταθμούς μέσης τάσης με το κιβώτιο διανομής τοποθετημένο στον αέρα, μετρήθηκε σε καλώδιο χαμηλής τάσης και ανέρχεται σε 1.90 μT και μετρήθηκε στον υποσταθμό 3 (μέτρηση 11), στην περιοχή της Ανθούπολης .
- Η μεγαλύτερη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε θέσεις μη προσιτές στο κοινό (δηλαδή σε επαφή με τον εξοπλισμό), μετρήθηκε σε καλώδιο χαμηλής τάσης και ανέρχεται σε 41.28 μT για τους υποσταθμούς διανομής με το κιβώτιο διανομής στον αέρα και μετρήθηκε στον υποσταθμό 3 (μέτρηση 11), στην περιοχή της Ανθούπολης .
- Για δεδομένη ένταση του ρεύματος σε έναν αγωγό, η μαγνητική επαγωγή μειώνεται ανάλογα με την απόσταση από τον αγωγό αυτόν. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήσαμε ότι η μέγιστη τιμή που μετρήθηκε στους υποσταθμούς διανομής με το κιβώτιο διανομής στον αέρα είναι 41.28 μT , ενώ αντίστοιχα στους υποσταθμούς διανομής με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος η μέγιστη τιμή που μετρήθηκε είναι 381.40 μT σε επαφή με τον εξοπλισμό (0 cm). Η διαφορά της μαγνητικής επαγωγής των δύο ειδών υποσταθμών διανομής οφείλεται στην απόσταση των καλωδίων ή εναέριων αγωγών και του κιβωτίου διανομής από την περιοχή των μετρήσεων, όπου στην περίπτωση του υποσταθμού διανομής με το κιβώτιο διανομής στον αέρα βρίσκονται σε τουλάχιστον 3 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ στην περίπτωση του υποσταθμού διανομής με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος στην επιφάνεια του εδάφους. Το ίδιο ισχύει και για τις ελάχιστες μετρούμενες τιμές τις μαγνητικής επαγωγής όπου η ελάχιστη τιμή που μετρήθηκε στους υποσταθμούς διανομής με το κιβώτιο διανομής στον αέρα ανέρχεται σε 0.06 μT , ενώ αντίστοιχα στους υποσταθμούς διανομής με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος η ελάχιστη τιμή που μετρήθηκε είναι 0.46 μT .

Συμπερασματικά:

- οι μέγιστες τιμές της μαγνητικής επαγωγής σε θέσεις μη προσιτές στο κοινό είναι κατά πολύ μικρότερες από το όριο της επαγγελματικής απασχόλησης για του υποσταθμούς με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος και οι τιμές αυτές εμφανίζονται κυρίως στα καλώδια ή στο κιβώτιο διανομής.

-οι μέγιστες τιμές της μαγνητικής επαγωγής σε θέσεις προσιτές στο κοινό είναι μικρότερες και για τους δύο τύπους υποσταθμών διανομής (με το κιβώτιο διανομής στο αέρα και στο έδαφος) από το εθνικό όριο των 100μT το οποίο είναι το μισό από το νέο όριο της ICNIRP. Οι μέγιστες τιμές της μαγνητικής επαγωγής εμφανίζονταν κοντά στον αγωγό γειώσεως του υποσταθμού για την περίπτωση των υποσταθμών με το κιβώτιο διανομής στο αέρα είτε κοντά στα καλώδια είτε στο κιβώτιο διανομής για τους υποσταθμούς με το κιβώτιο διανομής στο έδαφος.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι μετασχηματιστές δεν είναι κύριες πηγές μαγνητικής επαγωγής στο περιβάλλον των υποσταθμών. Αυτό είναι εύλογο αν αναλογιστεί κανείς ότι αν ένας μετασχηματιστής δημιουργούσε ένα μεγάλο πεδίο σκέδασης, δηλαδή ένα μαγνητικό πεδίο στο περιβάλλοντα χώρο, θα είχε μεγάλες απώλειες σκέδασης, πράγμα μη επιθυμητό για τη λειτουργία ενός μετασχηματιστή.

Βιβλιογραφία

[1] International Radiation Protection Association/ International Non-Ionizing Radiation Committee, IRPA/ INIRC (1990): Interim Guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. Health Physics January 1990, Vol. 58, No1, pp 113 - 122.

[2] ICNIRP Guidelines, International Committee for Non-Ionizing Radiation Protection:

International Radiation Protection Association/ International Non-Ionizing Radiation Committee, IRPA/ INIRC (1990):. " Interim Guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields." Health Physics January , Vol. 58, No1, 1990: pp 113 - 122.

[3] Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης: Σύσταση του Συμβουλίου της 12ης Ιουλίου 1999 περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz – 300GHz), 1999/519/EK, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L199, σελ. 59 – 70, 30/7/1999.

[4] Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αριθμός 3060 (ΦΟΡ) 238, ΦΕΚ 512 / Β / 25.04.02: «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία διατάξεων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων».

[5] Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, Περί των ελαχίστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (ηλεκτρομαγνητικά πεδία), Οδηγία 2004/40/EK, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L159, σελ. 1 – 26, 30/4/2004.

[6] Δ. Τσανάκας, Ε. Μίμος, “Ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας. Οι κανονισμοί προστασίας κοινού και εργαζομένων”, Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων, σελ.16-22, Οκτώβριος 2006.

[7] IEEE magnetic fields task force, A protocol for spot measurements of residential power frequency magnetic fields, IEEE transactions on Power delivery, Vol 8, No. 3, July 1993, p.1386- 1394.

[8] IEC 61786, Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings –Special requirements for instruments and guidance for measurements, Aug 1998.

[9] IEEE Standard 644-1994: "IEEE standard procedures for measurements of power frequency electric and magnetic fields from ac power lines", January 2002.

[10] ΕΛΟΤ IEC 61786, Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων –Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις, Οκτώβριος 2003.

[11] A. S. Safigianni, C. G. Tsompanidou: Measurements of electric and magnetic fields due to the operation of indoor power distribution substations, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 20, no. 3, pp. 1800-1805, July 2005.

[12] Δ. Τσανάκας ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΗΜΕΡΙΔΑΣ: ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ: ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ Τετάρτη 1η Ιουνίου, 2005.

[13] «International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010): “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz To 100kHz)”, Health Physics, Vol. 99, No 6, pp. 818 –836».

[14] Δημοσίευση της Οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (2013): «Περί των ελαχίστων απαιτήσεων υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (ηλεκτρομαγνητικά πεδία)», (20ή ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ) και περί καταργήσεως της Οδηγίας 2004/40/ΕΚ, Οδηγία 2013/35/ΕΕ, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L179, σελ. 1 – 21.

[15] Διδακτορική διατριβή Ευάγγελου Ι. Μίμου "ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΝΘΡΩΠΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ"

[16] EPRI - EMDEX Electric and Magnetic Field Digital Exposure System - EMDEX Technical Reference Manual - Version 2.2

[2] ICNIRP Guidelines, International Committee for Non-Ionizing Radiation Protection:

International Radiation Protection Association/ International Non-Ionizing Radiation Committee, IRPA/ INIRC (1990):. « Interim Guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields.» Health Physics January , Vol. 58, No1, 1990: pp 113 - 122.

[17] Δ. Τσανάκας, Ε. Μίμος “Το μαγνητικό πεδίο στο περιβάλλον εναερίων Υποσταθμών Διανομής , 26 Ιουνίου 2004”.

[18] Γεώργιος Φ. Φιλιππόπουλος “Συμβολή στην ανάλυση του μαγνητικού πεδίου στο περιβάλλον τριφασικών διατάξεων”, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μάρτιος 2003.

[19] George Filippopoulos, and Dimitris Tsanakas : Analytical Calculation of the Magnetic Field Produced by Electric Power Lines. IEEE transactions on Power delivery, Vol. 20, No. 2, April 2005

[20] ICNIRP «International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (1998): “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz)”, Health Physics, Vol. 74, No 4, pp. 494 –522»

[21] <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index3.html>

[22] Ομοσπονδιακή Υπηρεσία για την Ασφάλεια κατά της Ακτινοβολίας ,Γερμανία 1999.