ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΠΑΙΔΙΚΩΝ ΧΑΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2013-2017

Μ. Χριστοπούλου, Χ. Γκόβαρη, Α. Γιαλόφας, Ε. Καλαμπαλίκη, Η. Καραστέργιος, Δ. Κουτουνίδης, Θ. Κυρίτση, Α. Σκαμνάκης, Χ. Τζουμανίκα, Π. Τσαπρούνη, Δ. Τσαρούχας και Ε. Καραμπέτσος
Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), Γραφείο Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών
Πατριάρχου Γρηγορίου και Νεαπόλεως, Αγία Παρασκευή, Τ.Θ 60092, Τ.Κ. 15310
email: maria.christopoulou@eeae.gr

Περίληψη

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων της, ελέγχει, αυτεπαγγέλτως ή κατόπιν αιτήματος, την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική (ΗΜ) ακτινοβολία. Το 2009 θεσπίστηκε ειδικό νομοθετικό πλαίσιο για τις παιδικές χαρές, σύμφωνα με το οποίο λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να εξασφαλίζεται η τήρηση των προβλεπόμενων ορίων ασφαλούς έκθεσης σε ΗΜ ακτινοβολία. Με αφορμή αυτό το πλαίσιο, Δήμοι της χώρας απευθύνθηκαν στην ΕΕΑΕ για τη διενέργεια επιτόπιων μετρήσεων σε χώρους με υφιστάμενες και υπό κατασκευή παιδικές χαρές. Η ιδιαιτερότητα αυτών των μετρήσεων έγκειται στο ότι πραγματοποιούνται στο επίπεδο του εδάφους, εν αντιθέσει με τις μετρήσεις οι οποίες διενεργούνται στο περιβάλλον εγκαταστάσεων εκπομπής ΗΜ ακτινοβολίας οι οποίες διενεργούνται σε θέσεις όσο το δυνατόν εγγύτερες στις διατάξεις εκπομπής, δεδομένου ότι αποτελούν τις δυσμενέστερες από πλευράς έκθεσης. Στην εργασία, παρουσιάζονται δεδομένα των εν λόγω μετρήσεων για το χρονικό διάστημα 2013-2017. Οι μετρήσεις ΗΜ πεδίων υψηλών συχνοτήτων πραγματοποιήθηκαν σε 16 Δήμους και αφορούν 302 υφιστάμενες και υπό κατασκευή εγκαταστάσεις, ενώ οι μετρήσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων πραγματοποιήθηκαν σε 17 Δήμους και 300 εγκαταστάσεις, αντίστοιχα. Για τους σκοπούς της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων, οι Δήμοι ομαδοποιούνται σε κατηγορίες με βάση τον πληθυσμό τους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (Ε) για τα υψίσυχνα ΗΜ πεδία, καθώς και την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (Ε) και της μαγνητικής επαγωγής (Β) για τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Στόχος της εργασίας είναι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με κριτήρια α) τον πληθυσμό του Δήμου και β) τη γειτνίαση με οποιαδήποτε διάταξη εκπομπής. Πραγματοποιείται χρήση εργαλείων στατιστικής ανάλυσης και εξάγονται συμπεράσματα για το επίπεδο των τιμών και την κατηγοριοποίησή τους ανάλογα με τα κριτήρια ανάλυσης. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αφορούν τα τυπικά επίπεδα ΗΜ υποβάθρου στο εκάστοτε περιβάλλον διεξαγωγής της μέτρησης, λαμβάνοντας υπόψη, κατά περίπτωση, τη γειτνίαση με εγκατεστημένες διατάξεις εκπομπής.

Μ. Χριστοπούλου, Χ. Γκόβαρη, Α. Γιαλόφας, Ε. Καλαμπαλίκη, Η. Καραστέργιος, Δ. Κουτουνίδης, Θ. Κυρίτση, Α. Σκαμνάκης, Χ. Τζουμανίκα, Π. Τσαπρούνη, Δ. Τσαρούχας και Ε. Καραμπέτσος
Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ)
Αξιολόγηση των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε χώρους παιδικών χαρών στην Ελλάδα για τα έτη 2013-2017
7ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας
Αθήνα, 11-12 Μαΐου 2018

Λέξεις-Κλειδιά: ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όρια έκθεσης, λόγος έκθεσης, γενικός πληθυσμός, στατιστική επεξεργασία

Abstract

Greek Atomic Energy Commission (EEAE), in the context of its statutory responsibilities, measure electromagnetic (EM) exposure and check the compliance to general public reference levels. A legislative framework for playgrounds was established in 2009 to ensure compliance with the foreseen reference levels, concerning exposure to EM radiation. Within this framework, Municipalities of the country addressed the EEAE to carry out measurements on sites with existing and under construction playgrounds. The specificity of these measurements lies in the fact that they are carried out at the ground level, as opposed to the measurements carried out in the environment of EM radiation installations which are carried out in positions as close as possible to the transmitting devices, corresponding to the worst-case positions in terms of exposure.
In this study, data of such measurements are presented for the period 2013-2017. High frequency EM measurements were carried out in 16 Municipalities and concern 302 existing and under construction facilities, while measurements of low frequency electric and magnetic fields were carried out in 17 Municipalities and 300 installations, respectively. For processing reasons, Municipalities are grouped according to their population based on the 2011 inventory records. The results are presented, among others, by the value of the electric field (E) for the high frequency EM fields, as well as the value of the electric field (E) and the magnetic flux density (B) for the low frequency electric and magnetic fields. The scope of the paper is the analysis of the in-situ measurement data, based on selected criteria and classification parameters, including: i) Municipality population and ii) vicinity to any transmitting devices. Statistical analysis tools are used and conclusions are derived based on the measurement data values and their categorization according to the analysis criteria. In conclusion, the results refer to the typical EM background levels in each environment under measurement, taking into account, where appropriate, the proximity to installed transmitting devices.

Keywords: electromagnetic exposure, reference levels, exposure ratio, general public, statistical analysis

1. Εισαγωγή

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) θεωρεί υψηλής προτεραιότητας την αποτίμηση των επιπέδων έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ), λόγω των αλλαγών στις καθιερωμένες τεχνολογίες. Εκτός των επιτόπιων μετρήσεων οι οποίες διενεργούνται σε θέσεις όσο το δυνατόν εγγύτερες στις διατάξεις εκπομπής, δεδομένου ότι αποτελούν τις δυσμενέστερες από πλευράς έκθεσης, πραγματοποιούνται επιλεκτικά και μετρήσεις οι οποίες ενέχουν κοινωνικό ενδιαφέρον με σκοπό την αποτίμηση των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο επίπεδο του εδάφους, σε χώρους συνάθροισης κοινού όπως πλατείες, προαύλια σχολείων και παιδικές χαρές.

Παραδείγματα διεθνούς βιβλιογραφίας περιλαμβάνουν επιτόπιες μετρήσεις σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους σχολείων ή/και παιδικών χαρών με ή χωρίς προσωπικούς μετρητές που φέρουν τα παιδιά για την αποτίμηση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων ή/και ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων ([Juhász et al. 2011], [Vermeeren et al. 2013], [Verloock et al. 2014a, 2014b], [Liorni et al. 2016] και [Struchen et al. 2016]).

Στην Ελλάδα, το 2009 θεσπίστηκε ειδικό νομοθετικό πλαίσιο για τις παιδικές χαρές, σύμφωνα με το οποίο λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να εξασφαλίζεται η τήρηση των προβλεπόμενων ορίων ασφαλούς έκθεσης σε ΗΜ ακτινοβολία [ΦΕΚ 1690 οικ. 48165 17/08/2009]. Με αφορμή αυτό το πλαίσιο, Δήμοι της χώρας απευθύνθηκαν στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) για τη διενέργεια επιτόπιων μετρήσεων σε χώρους με υφιστάμενες και υπό κατασκευή παιδικές χαρές. Η παρούσα εργασία συνοψίζει και αναλύει τα αποτελέσματα των επιτόπιων μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων και ηλεκτρικών/μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων για τα έτη 2013-2017, οι οποίες διενεργήθηκαν σε χώρους παιδικών χαρών, κατόπιν σχετικών αιτημάτων των αρμόδιων δημοτικών αρχών προς την ΕΕΑΕ.

2. Όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού

2.1 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία υψηλών συχνοτήτων

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού ορίζονται στο Νόμο 4070/2012 (παρ. 9-10, άρθρο 30, ΦΕΚ 82/Α/10-4-2012) με θέμα «Ρυθμίσεις Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών, Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και άλλες διατάξεις» και στα άρθρα 2-4 της υπ' αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) Κοινής Απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά». Η προαναφερθείσα Κ.Υ.Α. βασίστηκε στη Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης Ε.Ε., L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999, «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0 Hz - 300 GHz».

Αξίζει να τονιστεί ότι τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού στην Ελλάδα θεωρούνται ότι αντιστοιχούν στο 70% των τιμών της προαναφερθείσας Σύστασης της Ε.Ε. [ICNIRP 1998], εισάγοντας ένα πρόσθετο συντελεστή ασφαλείας. Επίσης, ειδικά σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραίας σε απόσταση μέχρι 300 μέτρων από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, προβλέπεται περαιτέρω μείωση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού (παρ. 10, άρθ. 30 του Νόμου 4070), καθώς αυτά απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των αντίστοιχων τιμών της Ε.Ε. Στην παρούσα εργασία, η σύγκριση των μετρούμενων τιμών γίνεται με τα επίπεδα αναφοράς της ελληνικής νομοθεσίας που υπολογίζονται στο 60% των τιμών της προαναφερθείσας Σύστασης της Ε.Ε. και ενδεικτικά αντιστοιχούν σε 21.7 V/m (στη ζώνη συχνοτήτων 10-400 MHz), 30.1 V/m (800 MHz), 45.2 V/m (1800 MHz) και 47.2 V/m (στη ζώνη συχνοτήτων 2-300 GHz) για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (Ε).

2.2 Ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων

Τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού καθορίζονται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση με θέμα τα μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία διατάξεων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων (Κ.Υ.Α. υπ' αριθ. 3060 (ΦΟΡ) 238, Φ.Ε.Κ. Αρ. 512, Τεύχος Δεύτερο, 25 Απριλίου 2002). Η Κ.Υ.Α. αυτή βασίστηκε στη Σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε., L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999, «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0 Hz - 300 GHz».

Το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί στη συχνότητα των 50 Hz και για το λόγο αυτό η κύρια φασματική συνιστώσα των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων εμφανίζεται συνήθως στη συχνότητα αυτή. Ωστόσο, πολλές φορές τα μετρούμενα ηλεκτρικά και πολύ περισσότερο τα μαγνητικά πεδία εμφανίζουν φασματικές συνιστώσες και σε άλλες συχνότητες, συνήθως σε αρμονικές (δηλαδή σε ακέραια πολλαπλάσια) των 50Hz. Στις περιπτώσεις αυτές προβλέπεται στην Ελληνική Νομοθεσία, όπως και στη Σύσταση της ΕΕ η συνεκτίμηση της επιβάρυνσης από την ύπαρξη πεδίων πολλών συχνοτήτων. Τα επίπεδα αναφοράς της Ελληνικής Νομοθεσίας και της Σύστασης της Ε.Ε. που αφορούν στο κοινό για τη συχνότητα των 50 Hz είναι 5000 V/m και 100 μT για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E και τη μαγνητική επαγωγή B, αντίστοιχα.

3. Εξοπλισμός και μεθοδολογία μέτρησης

3.1 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία υψηλών συχνοτήτων

Για τις συχνοεπιλεκτικές μετρήσεις των υψίσυχνων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, χρησιμοποιήθηκαν τα συστήματα SRM (3000 και 3006) της εταιρείας Narda-STS. Το κάθε σύστημα SRM αποτελείται από μια βασική μονάδα – φασματικό αναλυτή (στις περιοχές συχνοτήτων από 100 kHz – 3 GHz για το SRM-3000 και 9 kHz – 6 GHz για το SRM-3006) στην οποία μπορεί να συνδέεται ισοτροπική κεραία ηλεκτρικού πεδίου υψηλών συχνοτήτων E-field antenna της ίδιας εταιρείας. Το άμεσα μετρούμενο μέγεθος είναι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E) σε V/m.

Σε κάθε υπό εξέταση χώρο, πραγματοποιήθηκε αρχικά μια ευρυζωνική επισκόπηση, με σκοπό τον εντοπισμό της θέσης εντός της εγκατάστασης που παρατηρούνται οι τοπικά μέγιστες τιμές ή επιλέγεται η θέση που έχει καθοριστεί από τον αιτούντα. Στη θέση αυτή οι μετρήσεις λήφθηκαν με την ακόλουθη διαδικασία: Αρχικά, η κεραία συνδέθηκε άμεσα στη βασική μονάδα του συστήματος SRM. Κρατώντας την βασική μονάδα με το χέρι, ο χρήστης τοποθετεί το σύστημα έτσι ώστε η κεραία να βρίσκεται διαδοχικά σε τρία σημεία μέτρησης που απέχουν από το έδαφος περίπου 170, 150 και 110 cm. Κατά τη διαδικασία αυτή καταγράφονται οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου $E_{i,f}$ για κάθε σημείο μέτρησης i και για κάθε φασματική περιοχή f, όπως αυτή έχει εκχωρηθεί στην Ελλάδα και χρησιμοποιείται για την ανάλυση των μετρούμενων πεδίων, ανά υπηρεσία. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην εκάστοτε φασματική περιοχή f, από τις μετρήσεις στα τρία (3) σημεία μέτρησης, υπολογίστηκε ως εξής:

$$E_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3} E_{i,f}^2}{3}} \qquad (1)$$

Η συνολική τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου Ε στην κάθε θέση μέτρησης υπολογίζεται ως εξής:

$$E = \sqrt{\sum_{f} E_f^2} \qquad (2)$$

3.2 Ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων

Ως όργανα μέτρησης πεδίων χαμηλών συχνοτήτων χρησιμοποιούνται οι μονάδες EFA-3 και EFA–300, που κατασκευάστηκαν από την εταιρεία Narda. Πρόκειται για φορητές ψηφιακές μονάδες μέτρησης πεδίου για ισοτροπικές και μη, μετρήσεις, με αντίστοιχα εύρη φάσματος μετρήσεων στις περιοχές 5 Hz - 30 kHz και 5 Hz - 32 kHz. Τα μετρήσιμα μεγέθη είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E) σε V/m και η μαγνητική επαγωγή (B) σε μT. Οι βασικές μονάδες μέτρησης διαθέτουν ενσωματωμένο ανιχνευτή μαγνητικού πεδίου και ανάλογα με τη στρατηγική και την μέθοδο δειγματοληψίας προσαρτώνται ειδικοί ακροδέκτες (probes). Τα διαστήματα τιμών μέτρησης του EFA-3 είναι 10 nT – 10 mT για τη μαγνητική επαγωγή και 0,5 V/m - 100 kV/m για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και αντίστοιχα για το EFA-300, 100 nT – 64 mT και 10 V/m - 200 kV/m.

Τα συστήματα δύναται να μετρούν την RMS τιμή ή την τιμή κορυφής ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων σε επιλεγμένες συχνότητες ή σε συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων. Το σύστημα EFA-300 έχει επιπλέον την δυνατότητα άμεσης εκτίμησης των επιπέδων έκθεσης ως ποσοστό των ορίων έκθεσης στην Ελληνική Νομοθεσία. Η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη στις περιπτώσεις που το πεδίο είναι παλμικά διαμορφωμένο ή πλούσιο σε φασματικές συνιστώσες. Επιπλέον το σύστημα EFA-300 δύναται να πραγματοποιεί αναλύσεις αρμονικών συνιστωσών καθώς επίσης και φασματικές αναλύσεις μέσω γρήγορου μετασχηματισμού Fourier (FFT).

4. Περιγραφή των δεδομένων μέτρησης

Τα υπό επεξεργασία δεδομένα προέκυψαν από μετρήσεις ΗΜ πεδίων υψηλών συχνοτήτων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε 16 Δήμους και αφορούν 302 υφιστάμενες και υπό κατασκευή εγκαταστάσεις παιδικών χαρών και μετρήσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων που πραγματοποιήθηκαν σε 17 Δήμους και 300 εγκαταστάσεις, αντίστοιχα. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν από κλιμάκια της ΕΕΑΕ κατά τα έτη 2013-2017. Για τη βέλτιστη επεξεργασία των αποτελεσμάτων, οι Δήμοι ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες βάσει τον πληθυσμό τους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Το πλήθος των μετρήσεων και Δήμων ανά κατηγορία πληθυσμού συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Πλήθος Δήμων και μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων (ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων*) ανά κατηγορία πληθυσμού Δήμου

Πληθυσμός	**# Δήμων**	**# Χώροι Παιδικών Χαρών - Μετρήσεων**
<50000	7 (7*)	46 (44*)
50000-90000	5 (5*)	88 (88*)
>90000	4 (5*)	168 (168*)
ΣΥΝΟΛΟ	**16 (17*)**	**302 (300*)**

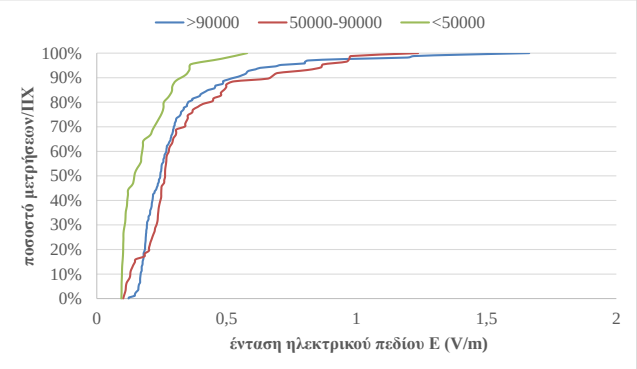
Κάθε έλεγχος διενεργείται μέσω μετρήσεων στο κέντρο της εγκατάστασης ή σε σημείο ενδιαφέροντος το οποίο βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησίον γειτονικών ενεργών διατάξεων ΗΜ πεδίων υψηλών συχνοτήτων ή ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων. Επομένως ο αριθμός των χώρων των παιδικών χαρών ταυτίζεται με τον αριθμό των μετρήσεων και για λόγους συντομίας στο εξής θα αναφέρεται ως πλήθος παιδικών χαρών (ΠΧ). Τα δεδομένα μέτρησης αναλύονται βάσει παραμέτρων που περιλαμβάνουν: α) τον πληθυσμό του Δήμου, β) το έτος, και γ) τη γειτνίαση με οποιαδήποτε διάταξη εκπομπής. Σε κάθε μέτρηση, αναλύονται, εκτός από τα τοπικά και χρονικά δεδομένα, οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου E (V/m) για τα ΗΜ πεδία υψηλών συχνοτήτων, της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου E (V/m) για τα ηλεκτρικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων και της μαγνητικής επαγωγής B (μT) για τα μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων. Ο αριθμός των μετρήσεων ανά κατηγορία, είναι 168 (για πληθυσμό >90.000), 88 (50.000-90.000) και 46 ή 44 (<50.000), δηλαδή το πλήθος των μετρήσεων/ΠΧ κάθε μικρότερης κατηγορίας σε πληθυσμό αντιστοιχεί στο μισό περίπου της προηγούμενης μεγαλύτερης, γεγονός που δυσχεραίνει την ισότιμη αντιμετώπιση των κατηγοριών για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν τη διαφοροποίηση των τιμών με στατιστικά σημαντικό τρόπο (π.χ. one-way ANOVA).

6. Αποτελέσματα

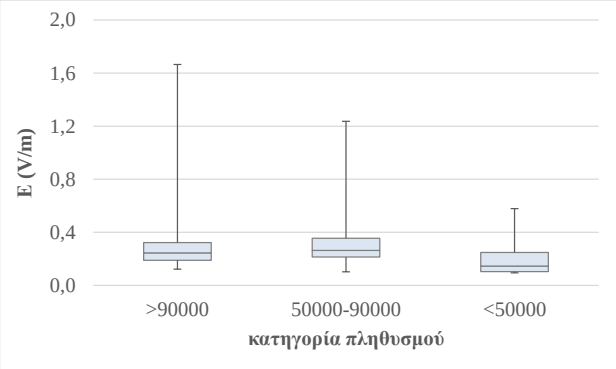
6.1 Μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου E (V/m) υψηλών συχνοτήτων

Στο σύνολο των ΠΧ, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει μέση τιμή 0,30 V/m με τυπική απόκλιση ±0,22 V/m. Η σχετικά μεγάλη διακύμανση των τιμών, γεγονός που καταδεικνύεται από τις υψηλές τιμές της τυπικής απόκλισης οδηγεί σε υπολογισμό μέσης τιμής της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου η οποία αντιστοιχεί σε δυσμενέστερη εικόνα έκθεσης, σε σχέση με την πλειονότητα των τιμών. Για το λόγο αυτό, υπολογίζεται και η διάμεσος (*median*) του δείγματος των μετρήσεων, η οποία είναι η τιμή που διαιρεί την κατανομή των μετρήσεων σε δύο ίσα μέρη, όταν οι τιμές τοποθετηθούν σε αύξουσα σειρά, και στην προκειμένη περίπτωση είναι E_{δ} = 0,24 V/m. Οι αντίστοιχες τιμές για κάθε κατηγορία πληθυσμού Δήμου συνοψίζονται ως εξής: (0,31±0,22) V/m με διάμεσο 0,24 V/m (για πληθυσμό >90.000), (0,33±0,23) V/m με διάμεσο 0,26 V/m (50.000-90.000) και (0,19±0,11) V/m με διάμεσο 0,15 V/m (<50.000). Το Σχήμα 1 απεικονίζει συγκεντρωτικά τις τιμές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου με (α) αθροιστική ποσοστιαία κατανομή και (β) απεικόνιση θηκογράμματος (box-whisker plot) για την τοποθέτηση της διαμέσου τιμής σε

σχέση με το 1ο και 3ο τεταρτημόριο των τιμών (box) και τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή (whisker) ανά κατηγορία πληθυσμού.



(α)



(β)

Σχήμα 1: Συγκεντρωτική παρουσίαση των τιμών της έντασης ηλεκτρικού πεδίου με (α) αθροιστική ποσοστιαία κατανομή και (β) απεικόνιση θηκογράμματος ανά κατηγορία πληθυσμού

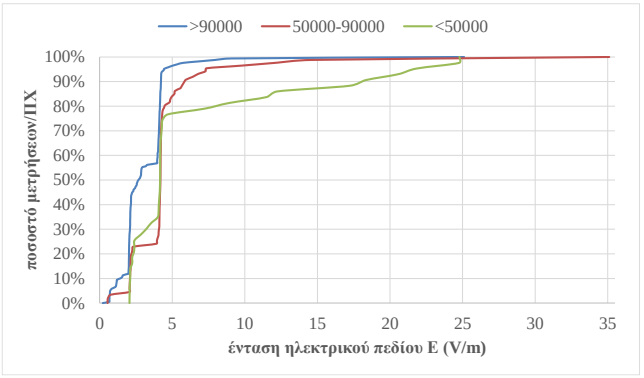
Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε Δήμους με χαμηλό πληθυσμό (<50.000) αντιστοιχούν σε χαμηλότερες τιμές χωρίς ιδιαίτερα μεγάλο εύρος. Αυτό γίνεται σαφές στο Σχήμα 2(α) όπου η πράσινη καμπύλη φτάνει στο 100% των μετρήσεων για τιμή 0,58 V/m και επιβεβαιώνεται από τη μικρή άνω μπάρα του θηκογράμματος. Επίσης, ενώ οι διάμεσοι των Δήμων με υψηλό πληθυσμό (>50.000) φαίνεται να είναι παρόμοιοι, η διάμεσος για την κατηγορία <50.000 φαίνεται να διαφέρει σημαντικά, γεγονός που απεικονίζεται από το διαχωρισμό της πράσινης καμπύλης από τις υπόλοιπες στο Σχήμα 2(α). Τέλος, οι σχετικά υψηλές τιμές που απαντώνται στους Δήμους με υψηλό πληθυσμό (μέγιστη τιμή 1,27 V/m για 50.000-90.000 και 1,66 V/m για >90.000), δεδομένου ότι οι μετρήσεις γίνονται στο επίπεδο του εδάφους, δικαιολογούνται από α) την υψηλότερη τιμή του υποβάθρου σε Δήμους με μεγάλο πληθυσμό, η οποία ενισχύεται και από την ύπαρξη πάρκων κεραιών σε υψώματα πλησίον των Δήμων αυτών στα οποία απαντάται πλήθος κεραιοδιατάξεων αναμετάδοσης ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού σήματος μεγάλης ισχύος και β) τη γειτνίαση με κτίριο εγκατάστασης σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας ή Εγκατάσταση Κατασκευής Κεραίας Χαμηλής Ηλεκτρομαγνητικής Περιβαλλοντικής Όχλησης (ΕΚΚΧΟ) που συνήθως τοποθετούνται σε σχετικά χαμηλό ύψος και απαντώνται συχνότερα σε περιοχές με μεγαλύτερο πληθυσμό και συνεπώς μεγάλο αριθμό χρηστών κινητής τηλεφωνίας. Ειδικά για την περίπτωση της μετρηθείσας τιμής 1,66 V/m σε Δήμο με πληθυσμό >90.000, παρόλο που η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στην είσοδο της παιδικής χαράς, διαπιστώθηκε κατά την αυτοψία ότι στο περιβάλλον του χώρου εγκατάστασης βρίσκονται εγκατεστημένοι τρεις σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας επί κτιρίων περιμετρικά της κεντρικής πλατείας, όπου βρίσκεται η παιδική χαρά.

6.2 Μετρήσεις έντασης ηλεκτρικού πεδίου E (V/m) και μαγνητικής επαγωγής B (μT) χαμηλών συχνοτήτων

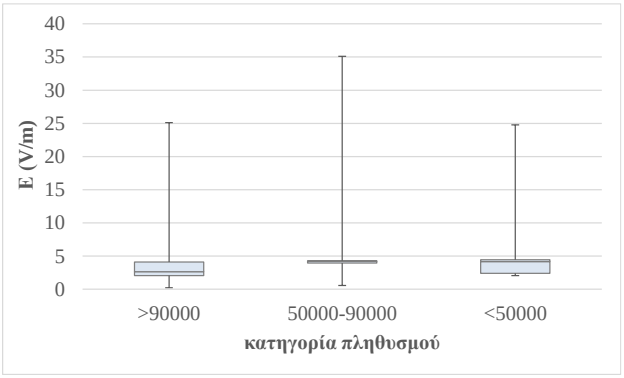
Στο σύνολο των ΠΧ, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει μέση τιμή 4,01 V/m με τυπική απόκλιση ±3,80 V/m και αντίστοιχα η μαγνητική επαγωγή 0,27 μT με τυπική απόκλιση ±0,45 μT. Οι αντίστοιχες τιμές της διαμέσου είναι 4,05 V/m και 0,15 μT οι οποίες δε

διαφέρουν σημαντικά από τις μέσες τιμές, γεγονός που υποδηλώνει ότι υπάρχουν μετρήσεις που διαφέρουν αρκετά από τη μέση τιμή αλλά αυτές δεν είναι πολλές ώστε να επηρεάσουν σημαντικά τον υπολογισμό της μέσης τιμής. Οι αντίστοιχες τιμές για κάθε κατηγορία πληθυσμού Δήμου συνοψίζονται ως εξής: για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου: (3,12±2,20) V/m με διάμεσο 2,63 V/m (για πληθυσμό >90.000), (4,49±3,90) V/m με διάμεσο 4,18 V/m (50.000-90.000) και (6,43±6,43) V/m με διάμεσο 4,16 V/m (<50.000) και για τη μαγνητική επαγωγή: (0,25±0,30) μT με διάμεσο 0,14 μT (για πληθυσμό >90.000), (0,34±0,70) μT με διάμεσο 0,14 μT (50.000-90.000) και (0,22±0,24) μT με διάμεσο 0,15 μT (<50.000).

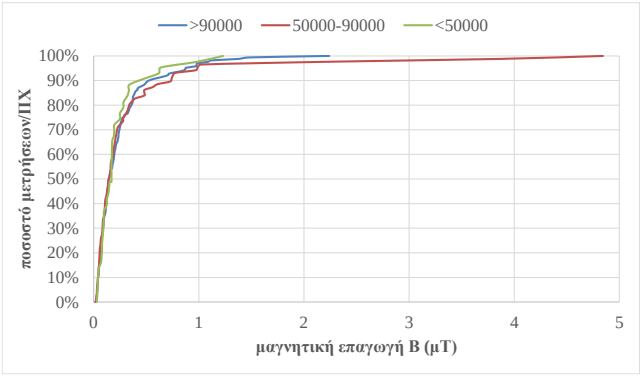
Το Σχήμα 2 απεικονίζει συγκεντρωτικά τις τιμές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου και της μαγνητικής επαγωγής με (α), (β) αθροιστική ποσοστιαία κατανομή και (γ), (δ) την απεικόνιση θηκογράμματος (box-whisker plot) για την τοποθέτηση της διαμέσου τιμής σε σχέση με το 1ο και 3ο τεταρτημόριο των τιμών (box) και τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή (whisker), αντίστοιχα ανά κατηγορία πληθυσμού.



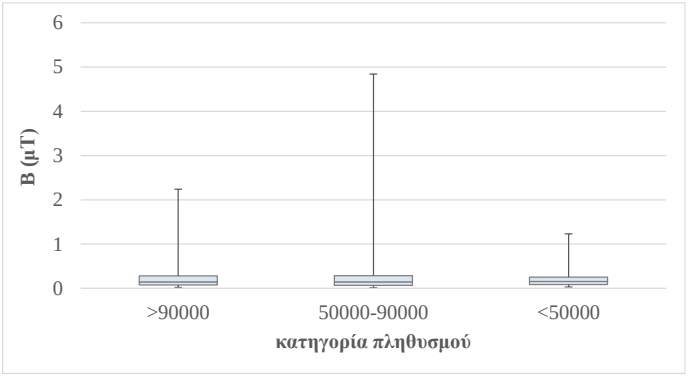
(α)



(γ)



(β)



(δ)

Σχήμα 2: Συγκεντρωτική παρουσίαση των τιμών της έντασης ηλεκτρικού πεδίου και της μαγνητικής επαγωγής με (α), (β) αθροιστική ποσοστιαία κατανομή και (γ), (δ) απεικόνιση θηκογράμματος ανά κατηγορία πληθυσμού

Από το Σχήμα 2(α) παρατηρείται ότι μεγάλο πλήθος μετρήσεων αντιστοιχούν σε τιμή έντασης ηλεκτρικού πεδίου 2 V/m και 4 V/m, όπου εντοπίζονται τα δύο κάθετα τμήματα των καμπύλων για τις τρεις κατηγορίες. Επισημαίνεται ότι οι τιμές αυτές είναι εξαιρετικά

χαμηλές και βρίσκονται κοντά στην τιμή υποβάθρου ενώ δεν αξιολογούνται καθόλου στην περίπτωση που έχουν μετρηθεί με το όργανο μέτρησης EFA-300 διότι βρίσκονται κάτω από την ευαισθησία του για τις τιμές του ηλεκτρικού πεδίου. Επίσης, παρατηρείται ότι, ενώ οι μετρήσεις που αντιστοιχούν στην ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που πραγματοποιήθηκαν σε Δήμους με υψηλό πληθυσμό αντιστοιχούν σε χαμηλότερες τιμές (η κόκκινη και η μπλε καμπύλη συγκλίνουν στο 100% ταχύτερα), στους Δήμους με πληθυσμό 50.000-90.000 απαντώνται υψηλότερες τιμές (μέγιστη τιμή: 35,1 V/m) οι οποίες όμως είναι λίγες και δεν επηρεάζουν τον υπολογισμό της μέσης τιμής. Αυτό καταδεικνύεται από το γεγονός ότι η μέση (4,49 V/m) και η διάμεσος (4,18 V/m) τιμή δε διαφέρουν σημαντικά. Οι υψηλότερες αυτές τιμές για την ίδια κατηγορία πληθυσμού (50.000-90.000) απαντώνται και στις μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής, όπου η κόκκινη καμπύλη φτάνει στο 100% των μετρήσεων για τιμή 4,84 μT και επιβεβαιώνεται από τη μεγάλη άνω μπάρα του θηκογράμματος. Παρ' όλ' αυτά σε αυτή την περίπτωση, οι υψηλές τιμές είναι περισσότερες γεγονός που αποδεικνύεται από τη διαφορά της μέσης (0,34 μT) και της διαμέσου τιμής (0,14 μT). Η μεγαλύτερη συχνότητα υψηλών τιμών στους Δήμους με πληθυσμό 50.000-90.000 μπορεί να οφείλεται στη μεγαλύτερη συχνότητα ύπαρξης εγκαταστάσεων του δικτύου διανομής μέσης τάσης (καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης, υποσταθμών διανομής, κ.α.) που βρίσκονται πλησίον των εγκαταστάσεων των παιδικών χαρών. Τέλος, ως προς τη διάμεσο της μαγνητικής επαγωγής, οι τρεις κατηγορίες δεν φαίνεται να διαφοροποιούνται σημαντικά (βλ. Σχήμα 2(β) και (δ)).

5. Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η συγκεντρωτική παρουσίαση και ανάλυση των επιτόπιων μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων και ηλεκτρικού/μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων σε 300 υφιστάμενες και υπό κατασκευή εγκαταστάσεις παιδικών χαρών, στο πλαίσιο των προβλέψεων της κείμενης νομοθεσίας. Τα δεδομένα αφορούν μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια των ετών 2013-2017. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε ανάλυση, βάσει τον πληθυσμό του κάθε Δήμου σύμφωνα με τα δημογραφικά στοιχεία του 2011. Όσον αφορά στις μετρήσεις υψηλόσυχνων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει μέση τιμή 0,3±0,22 V/m για όλες τις κατηγορίες, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι μετρήσεις προσεγγίζουν την τυπική τιμή υποβάθρου σε ένα αστικό περιβάλλον. Μικρή διαφοροποίηση προς χαμηλότερες τιμές φαίνεται να παρουσιάζει η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου για πληθυσμούς Δήμων <50.000 κατοίκους. Περιπτώσεις υψηλότερων τιμών (π.χ. 1,66 V/m) οφείλονται στη γειτνίαση του χώρου της παιδικής χαράς με σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας. Όσον αφορά στα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά/μαγνητικά πεδία, η μέση και διάμεσος τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι περίπου 4 V/m, τιμή εξαιρετικά χαμηλή που είναι πρακτικά η τιμή υποβάθρου. Επίσης, όσον αφορά στη μαγνητική επαγωγή, οι τρεις κατηγορίες του πληθυσμού δεν φαίνεται να διαφοροποιούνται, κρατώντας τη μέση τιμή της στο 0,25 μT. Οι μεμονωμένες υψηλές τιμές για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και τη μαγνητική επαγωγή οφείλονται στην ύπαρξη εγκαταστάσεων του δικτύου διανομής μέσης τάσης (καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης, υποσταθμών διανομής, κ.α.) που βρίσκονται πλησίον των

εγκαταστάσεων των παιδικών χαρών. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι μελλοντικά η ΕΕΑΕ σκοπεύει να αυξήσει το πλήθος των μετρήσεων με έμφαση σε Δήμους με πληθυσμό <90.000 ώστε να δείγματα να είναι ισάριθμα, επιτρέποντας περαιτέρω στατιστική ανάλυση.

6. Βιβλιογραφία

Υπουργική Απόφαση ΦΕΚ 1690 οικ. 48165 17/08/2009. Καθορισμός των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την κατασκευή και τη λειτουργία των παιδικών χαρών των Δήμων και των Κοινοτήτων, τα όργανα και η διαδικασία αδειοδότησης και ελέγχου τους, η διαδικασία συντήρησης αυτών, καθώς και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια.

Juhász P, Bakos J, Nagy N, Jánossy G, Finta V, Thuróczy G. 2011. RF personal exposimetry on employees of elementary schools, kindergartens and day nurseries as a proxy for child exposures. Prog Biophys Mol Biol 107(3):449-455.

Liorni I, Parazzini M, Struchen B, Fiocchi S, Röösli M, Ravazzani P. 2016. Children's Personal Exposure Measurements to Extremely Low Frequency Magnetic Fields in Italy. Int J Environ Res Public Health. 31;13(6).

Struchen B, Liorni I, Parazzini M, Gängler S, Ravazzani P, Röösli M. 2016. Analysis of personal and bedroom exposure to ELF-MFs in children in Italy and Switzerland. J Expo Sci Environ Epidemiol 26(6):586-59.

Verloock L, Joseph W, Goeminne F, Martens L, Verlaek M, Constandt K. 2014a. Temporal 24-hour assessment of radio frequency exposure in schools and homes. Measurement 56:50-57.

Verloock L, Joseph W, Goeminne F, Martens L, Verlaek M, Constandt K. 2014b. Assessment of radio frequency exposures in schools, homes, and public places in Belgium. Health Phys 107(6):503-513.

Vermeeren G, Markakis I, Goeminne F, Samaras T, Martens L, Joseph W. 2013. Spatial and temporal RF electromagnetic field exposure of children and adults in indoor micro environments in Belgium and Greece. Prog Biophys Mol Biol 113(2):254-263.