ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ/ΕΝΑΕΡΙΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

Χ. Τυράκης[1], Γ. Α. Γουρζουλίδης[1,2], Θ. Δασκάλου[3], Ν. Κουρμπέτης[3], Ε. Ξάνθης[3] και Κ. Κάππας[1]
[1]Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Παν/μιο Θεσσαλίας
[2]Διεύθυνση Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία, Υπ. Εργασίας
[3]Victus Networks S.A.
e-mail: ctirakis@gmail.com

Περίληψη

Η επαγγελματική έκθεση σε Ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) αφορά σε ένα μεγάλο φάσμα δραστηριοτήτων, πολλές από τις οποίες είναι όχι μόνο εξειδικευμένες αλλά απαιτούν και εμπεριστατωμένη προσέγγιση τόσο για τον εντοπισμό τους, όσο και για την συνολική τους διαχείριση.
Παράλληλα με το ισχύον νομικό πλαίσιο, δηλαδή το Π.Δ. 120/2016 (ως εναρμόνιση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2013/35/ΕΕ), έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες αποτύπωσης της επαγγελματικής έκθεσης σε ΗΜΠ. Ένα από τα σημαντικά πορίσματα, το οποίο προέκυψε στη βάση της ολοκληρωμένης εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου, είναι ότι η έκθεση σε ΗΜΠ ενδέχεται να λάβει σημαντικές τιμές ή ακόμα και να παρατηρηθούν υπερβάσεις (στιγμιαίες ή παρατεταμένες) των σχετικών ορίων κατά τις διαδικασίες συντήρησης του εξοπλισμού. Οι διαδικασίες συντήρησης στους χώρους εργασίας χαρακτηρίζονται εν γένει από σημαντικούς δυνητικούς κινδύνους, οι οποίοι απαιτούν συγκροτημένη προσπάθεια για να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά. Η περίπτωση των μηχανικών δικτύου/εναερίτων κινητής τηλεφωνίας συνιστά μια χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση, η οποία πέραν του πλήθους των 'συνήθων' επαγγελματικών κινδύνων (εργασία σε ύψος, ηλεκτρικός κίνδυνος, καιρικές συνθήκες κλπ.) εμφανίζει παράλληλα και την ιδιαιτερότητα της έκθεσης σε ΗΜΠ. Οι εναερίτες, στο πλαίσιο ορθής εργασιακής πρακτικής, αναμένεται να μην εκτελούν εργασίες σε διατάξεις εκπομπής ΗΜΠ κατά την διάρκεια που αυτές βρίσκονται σε λειτουργία. Καθόσον όμως ενδέχεται να εκτεθούν σε ΗΜΠ από παρακείμενες κεραιοδιατάξεις, είναι εφοδιασμένοι με συσκευές χρονικής καταγραφής της έκθεσης σε ΗΜΠ, οι οποίες παρέχουν παράλληλα και την δυνατότητα ακουστικής και οπτικής ειδοποίησης (συναγερμού). Η επεξεργασία των δεδομένων από τις συσκευές χρονικής καταγραφής, αποτελεί την πλέον αξιόπιστη διαδικασία αποτύπωσης της επαγγελματικής έκθεσης σε ΗΜΠ για την εν λόγω εργασιακή ομάδα, η οποία εκτιμάται ότι είναι από τις πλέον χαρακτηριστικές περιπτώσεις, καθώς πολλές από τις εργασίες εκτελούνται πλησίον ή ακόμα και εντός χώρων με πλήθος κεραιοδιατάξεων που πρακτικά συνιστούν «πάρκα κεραιών».
Στην παρούσα εργασία, παράλληλα με την επεξεργασία των επιπέδων έκθεσης, δηλαδή την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και τον χρόνο παραμονής σε κάθε φάσμα τιμών (π.χ. 10%, 50%, 100% του ορίου ή και πιθανές υπερβάσεις αυτού), προτείνονται μέτρα προστασίας σύμφωνα με τις αρχές της επαγγελματικής έκθεσης (Οδηγία 2013/35/ΕΕ) και της Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (ΥΑΕ). Η πλειοψηφία των καταγραφών έδειξε ότι τα επίπεδα έκθεσης είναι κάτω από το 10% του επαγγελματικού ορίου.

Λέξεις-Κλειδιά: Εναερίτες, Μηχανικοί Δικτύου, Οδηγία 2013/35/ΕΕ, ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ), επαγγελματική έκθεση, ατομικές συσκευές χρονικής καταγραφής ΗΜΠ.

Abstract

Maintenance procedures of electromagnetic field (EMF) emitting equipment are of great significance concerning occupational EMF exposure assessment; mobile industry field workers- Acceptance Engineers/Climbers are a characteristic case.
Greek legislation concerning occupational EMF exposure protection is in compliance with the European Directive 2013/35/EU since 2016 (Presidential Decree 120/2016). Maintenance procedures are of top priority concerning occupational EMF exposure.
The Acceptance Engineers/Climbers are equipped with EMF personal monitors, who exhibit a shaped frequency response matched to the ICNIRP's occupational standards, covering the frequency range from 100 kHz to 100 GHz. Implemented thermocouple detectors yield accurate true RMS results even from extremely narrow radar pulses. The monitors are used both as logging devices with adjustable logging interval and also as alarm indicators at preselected levels (10%, 20%, 50%, 100% and 200% of the occupational limits). The assessed monitors' records concern maintenance procedures at rural and urban Mobile Base Stations installations.
The workers exposure referring to the ICNIRP's occupational limits is extracted both numerically and graphically. The majority of the results for the electric field strength are below 10% of the limit (~98% of records). As the Acceptance Engineers/Climbers are exposed to many other hazards apart from EMFs, the overall risk assessment is overviewed according to the Occupational Health and Safety (OHS) principles.
Occupational limits ensure personal safety prohibiting any adverse health effect during Acceptance Engineers/Climbers' work even in places where many RF masts are installed. Although the evolution to digital Radio/TV signals has significantly decreased the exposure and several precaution measures are always taken, the exact identification of the workers EMF exposure remains the crucial issue in the EMF exposure assessment procedure; in this sense, future correlation of the monitors' results to direct measurements using spectrum analysers is challenging.

Keywords: Field Workers, Acceptance Engineers, Climbers, Directive 2013/35/EU, electromagnetic fields (EMF), occupational exposure, EMF personal monitoring

1. Εισαγωγή

Η επαγγελματική έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) καθορίζεται από το νέο νομοθετικό πλαίσιο βάσει του ΠΔ 120/2016 σε εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2013/35/ΕΕ, η οποία έχει ενσωματώσει το σύνολο της τρέχουσας έγκυρης επιστημονικής γνώσης και κυρίως τις οδηγίες της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από την Μη-Ιοντίζουσα Ακτινοβολία (ICNIRP 1998). Η επαγγελματική έκθεση η οποία μπορεί να προκύψει κατά τις διαδικασίες συντήρησης εξοπλισμού ο οποίος εκπέμπει ΗΜΠ, είναι μια περίπτωση έκθεσης η οποία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή (Γουρζουλίδης 2016, Gourzoulidis 2016). Στη παρούσα μελέτη προσεγγίζονται οι συνθήκες εργασίας στο πεδίο (δηλαδή στους χώρους εγκατάστασης των κεραιοσυστημάτων) καθώς και τα απαιτούμενα μέτρα προστασίας. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επαγγελματική έκθεση και η προστασία κατά την εργασία σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας (ΣΒ) είτε αυτοί είναι εγκατεστημένοι σε αστικές περιοχές (επί κτιρίων σε ταράτσες ή οροφές δωμάτων), είτε σε αγροτικές επαρχιακές περιοχές (σταθμοί επί εδάφους, σταθμοί σε «πάρκα κεραιών», ειδικές κατασκευές όπως σταθμοί σε εθνικές οδούς). Η επίσκεψη για συντήρηση ή/και επισκευή σε ένα ΣΒ αφορά είτε την εργασία στο έδαφος (baseband unit), είτε πάνω στον ιστό/πυλώνα πλησίον των συστημάτων εκπομπών (radio units/antennas). Στη περίπτωση

εργασίας στον ιστό ή πυλώνα, απαιτείται αναρρίχηση του μηχανικού δικτύου/εναερίτη και συνεπώς λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα ασφάλειας για την εργασία σε ύψος πέραν των μέτρων προστασίας τα οποία αφορούν στην έκθεση σε ΗΜΠ και στην προστασία από τις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Η μελέτη εστιάστηκε στην ατομική προστασία από ΗΜΠ, ελέγχοντας τη συμμόρφωση με τα υπάρχοντα επαγγελματικά όρια. Μελετήθηκαν δεδομένα από τις συσκευές μέτρησης και αξιολόγησης των ΗΜΠ τις οποίες οι εργαζόμενοι οφείλουν να έχουν τοποθετημένες στο σώμα τους (εξωτερική πλευρά της φόρμας εργασίας). Για το σκοπό αυτό αναλύθηκαν καταγραφές από οκτώ (8) μετρητικές συσκευές κατά τη διάρκεια εργασιών που πραγματοποίησαν εξειδικευμένοι εναερίτες/μηχανικοί δικτύου σε ΣΒ κινητής τηλεφωνίας (τόσο στο έδαφος όσο και επί των ιστών στήριξης των κεραιοδιατάξεων), εντός του έτους 2017. Κατά συνέπεια, οι συνθήκες έκθεσης αφορούν σε 2G, 3G και 4G τεχνολογίες. Η βιβλιογραφική αναζήτηση σε εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων ΗΜΠ δεν ανέδειξε αντίστοιχες μελέτες (EMF-portal).

2. Μεθοδολογία

2.1 Ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές και περιβάλλον εργασίας του Σταθμού Βάσης (ΣΒ)

Μια εγκατάσταση ΣΒ Κινητής Τηλεφωνίας προσδιορίζει δύο (2) χώρους εργασίας. (α) *Εργασία στο έδαφος*. Σε ειδικούς χώρους στο έδαφος ή σε υπόγεια και ταράτσες κτιρίων τοποθετούνται ειδικά κλειστά στέγαστρα (shelters) και καμπίνες (cabins) όπου λειτουργούν οι μονάδες επεξεργασίας του σήματος (baseband units – BBU) της κινητής τηλεφωνίας, η τροφοδοσία ηλεκτρικής ισχύος και τα συστήματα εξαερισμού και ψύξης. (β) *Εργασία στον ιστό* (αν πρόκειται για αστικό ΣΒ) *ή στον πυλώνα* (αν πρόκειται για υπαίθριο αγροτικό ΣΒ). Πάνω στον ιστό τοποθετούνται τα ενεργά ή παθητικά κεραιοσυστήματα (active or passive antennas), οι μονάδες radio (RRUs) και βοηθητικά παθητικά μηχανήματα διαμοιρασμού, μείξης και ενίσχυσης του σήματος (splitters, combiners, tower amplifiers) εκτός φυσικά των καλωδίων τροφοδοσίας (feeder cables). Στο περιβάλλον εγκατάστασης ενός ΣΒ κινητής τηλεφωνίας είναι πολύ σύνηθες να βρίσκονται συνεγκατεστημένοι είτε στον ίδιο ιστό είτε πολύ κοντά (σε ακτίνα μερικών δεκάδων μέτρων το πολύ) και έτεροι πομποί κινητής τηλεφωνίας. Επίσης είναι σύνηθες να γίνεται συνεκποπμή σήματος κινητής από την ίδια κεραία για περισσότερους του ενός παρόχου. Τέλος, ειδικότερα σε χώρους που πρακτικά συνιστούν «πάρκα κεραιών» συναντώνται επιπρόσθετα και πομποί ραδιοφώνου, τηλεόρασης αλλά και υπηρεσιών TETRA, WiFi, Radars (παλμική εκπομπή), ζεύξεις (links) έως και δεκάδες GHz. (Πίνακας 1). Επίσης δε μπορεί να αποκλειστεί και η ύπαρξη χαμηλόσυχνων πεδίων (100 kHz – 30 MHz) την οποία περιοχή το όργανο μέτρησης δύναται να καταγράψει. Βεβαίως τέτοιες εκπομπές συνήθως είναι μη σημαντικές στους συνήθεις χώρους εργασίας.

Πίνακας 1: Ενδεικτικές τιμές ισχύος πομπών ραδιοσυχνοτήτων (ITU-T 2014, Απόφ. Αριθμ. 20490/525, 2012) * *Ψηφιακή TV*

Είδος πομπού	Φάσμα συχνοτήτων λειτουργίας (MHz)	Τυπική τιμή ισχύος ανά κεραία (ανά συχνότητα / υπηρεσία)
Κινητή Τηλεφωνία	800/900/1800/2100/2600	10 – 80W
Ραδιόφωνο (FM)	87,5 -108	1-20kW
Τηλεόραση (DVB-T*)	460- 790	1-40kW (1-5kW)
Wi-Fi	2400 – 2480 / 5700	0,1-1W

Η εργασία σε ύψος συνοδεύεται από εντολή διακοπής της λειτουργίας του εν λόγου ΣΒ κινητής τηλεφωνίας αλλά και των γειτονικών, ακόμη και αν αυτοί ανήκουν σε διαφορετικούς παρόχους κινητών επικοινωνιών. Παρόλα αυτά δεν είναι πάντα εφικτό να ενημερωθούν όλοι οι πάροχοι που πιθανώς να βρίσκονται εγκατεστημένοι στην γειτονική περιοχή (ίδε συζήτηση).

2.2 Ατομικοί Μετρητές (Συσκευές Χρονικής Καταγραφής) ΗΜΠ

Οι ατομικοί μετρητές ΗΜΠ – συσκευές χρονικής καταγραφής (ΣΧΚ) - οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν είναι κατασκευασμένοι από την Εταιρία NARDA τύπου "Nardalert XT Personal Monitor/Series 8860". Καλύπτουν εύρος συχνοτήτων από 100 kHz έως 100 GHz και διαθέτουν σταθμισμένη φασματική απόκριση (*shaped frequency response*) βασισμένη στα επαγγελματικά όρια της ICNIRP 1998 και της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2013/35 (Nardalert XT personal monitor datasheet). Για την Ελλάδα η εναρμόνιση στην ως άνω Οδηγία της ΕΕ έγινε με το ΠΔ 120/2016, ενώ παράλληλα παρέχονται και πρακτικοί οδηγοί με εκτενείς πληροφορίες/οδηγίες γύρω από την φύση και την επαγγελματική εφαρμογή των ΗΜΠ (Μη δεσμευτικός οδηγός ορθής πρακτικής, 2015). Το σύστημα ορίων περιλαμβάνει πληθώρα μεγεθών, στην πράξη όμως χρησιμοποιούνται τα επίπεδα δράσης (Action Levels - ALs) (Πίνακας 2), ενώ για το ελεγχόμενο εύρος συχνοτήτων χρησιμοποιείται μόνο η RMS τιμή 6λέπτου του AL για το ηλεκτρικό πεδίο, AL(E).

Δίνονται οι εξής ορισμοί:

Οριακές τιμές έκθεσης (ELV): οι τιμές οι οποίες καθορίζονται βάσει βιοφυσικών και βιολογικών δεδομένων, ιδιαίτερα στη βάση επιστημονικώς παγιωμένων βραχυπρόθεσμων και εντόνων άμεσων επιπτώσεων, ήτοι των θερμικών επιπτώσεων για τις υψηλές συχνότητες και της ηλεκτρικής διέγερσης των ιστών για τις χαμηλές συχνότητες. Αφορούν στο εσωτερικό ΗΜΠ (εντός του σώματος του εργαζόμενου) και για το λόγο αυτό δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμες.

Επίπεδα Δράσης (AL): τα λειτουργικά όρια τα οποία καθορίζονται με σκοπό την απλοποίηση της διαδικασίας κατάδειξης της συμμόρφωσης με τις σχετικές ELV ή, όπου απαιτείται, προκειμένου να ληφθούν τα σχετικά μέτρα προστασίας ή πρόληψης.

Πίνακας 2 : Όρια Ανάληψης Δράσης (ΠΔ 120/2016).

"AL" όσον αφορά την έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία από 100 kHz έως 300 GHz			
Περιοχή συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου AL(E) [Vm^{-1}] (RMS)	Πυκνότητα μαγνητικής AL(B) [μT] (RMS)	Πυκνότητα ισχύος ροής AL(S) [Wm^{-2}]
100 kHz ≤ f < 1 MHz	$6{,}1 \times 10^{2}$	$2{,}0 \times 10^{6}/f$	-
1 ≤ f < 10 MHz	$6{,}1 \times 10^{8}/f$	$2{,}0 \times 10^{6}/f$	-
10 ≤ f < 400 MHz	61	0,2	-
400 MHz ≤ f < 2 GHz	$3 \times 10^{-3} f^{1/2}$	$1{,}0 \times 10^{-5} f^{1/2}$	-
2 ≤ f < 6 GHz	$1{,}4 \times 10^{2}$	$4{,}5 \times 10^{-1}$	-
6 ≤ f < 300 GHz	$1{,}4 \times 10^{2}$	$4{,}5 \times 10^{-1}$	50

Η ΣΧΚ διατηρεί σε μνήμη 30.000 δεδομένα και είναι εφοδιασμένη με πέντε (5) υψηλής φωτεινότητας LED ενδείξεις ενώ παρέχει στον μηχανικό δικτύου/εναερίτη δύο (2) ρυθμιζόμενες ηχητικές ειδοποιήσεις (Πίνακας 3). Επίσης, διαθέτει δόνηση ενώ η μπαταρία του είναι μακράς διάρκειας. Ο αισθητήρας αποτελείται από ζεύγη

θερμοστοιχείων, τα οποία λειτουργούν κυρίως ως διπολικές κεραίες έως περίπου τα 10 GHz. Σε υψηλότερες συχνότητες, ο αισθητήρας λειτουργεί ως ανιχνευτής «traveling-wave» (*διαδιδόμενου κύματος*). Αυτό αυξάνει την ευαισθησία του αισθητήρα και επιτρέπει να λειτουργεί με ακρίβεια μέχρι και τα 100 GHz. Οι ανιχνευτές θερμοστοιχείων είναι πάντα ανιχνευτές Πραγματικής Τιμής RMS – True RMS value - και παρέχουν ακριβή αποτελέσματα ακόμα και σε εξαιρετικά στενούς παλμούς ραντάρ. (*Σημειώνεται ότι ο όρος «True-RMS» είναι η τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου των τετραγώνων των διαφορών πραγματικών τιμών των αρμονικών συνιστωσών οι οποίες συνθέτουν το μετρούμενο μέγεθος και δίνει ακριβεστερη RMS τιμή σε μη ημιτονικά σήματα σε σχέση με τον απλό RMS μετρητή*).

Οι ηχητικές και φωτεινές ενδείξεις έχουν ρυθμιστεί ως ακολούθως (Πίνακας 3):

Πίνακας 3: Ρύθμιση Ειδοποιήσεων Ατομικών ΣΧΚ.

Ποσοστό Έκθεσης επί του Ορίου των Επαγγελματικά Εκτιθέμενων (%)	Ένδειξη Φωτεινή	Ένδειξη Ηχητική
<10	Καμία Ένδειξη	
10 έως 20	10% LED	
20 έως 50	10% και 20% LED	
50 έως 100	10%, 20% και 50% LED	1η ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ (1st ALARM)
100 έως 200	10%, 20%, 50% και 100% LED	
>200	10%, 20%, 50%, 100% και 200% LED	2η ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ (2nd ALARM)

Η ΣΧΚ τοποθετείται στη ζώνη ή στη περιοχή του στήθους, εξωτερικά της φόρμας εργασίας. Τα δεδομένα των ΣΧΚ μπορούν να αναγνωσθούν με τη βοήθεια σχετικού προγράμματος (software) σε υπολογιστή (PC) και να αποθηκευτούν σε μορφή excel αλλά και σε διάγραμμα (ιστόγραμμα) όπως αυτά τα οποία παρατίθενται στην συνέχεια.
Όσον αφορά στην αβεβαιότητα του οργάνου (Σχήμα 1), σύμφωνα με τον κατασκευαστή δύο (2) παράγοντες αβεβαιότητας υπερισχύουν: α) Η ευαισθησία του οργάνου ως προς την συχνότητα και β) η αβεβαιότητα λόγω πόλωσης (Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 1422-3, 2007):

Alarm Accuracy[a] (Frequency Sensitivity and Polarization Uncertainty)	+6.0 / -3.0 dB (100 kHz to 2.3 GHz) +4.5 / -2.5 dB (2.3 to 30 GHz) +2.5 / -6.0 (30 to 50 GHz) +2.5 / -6.0 dB (50 to 100 GHz, Typical)

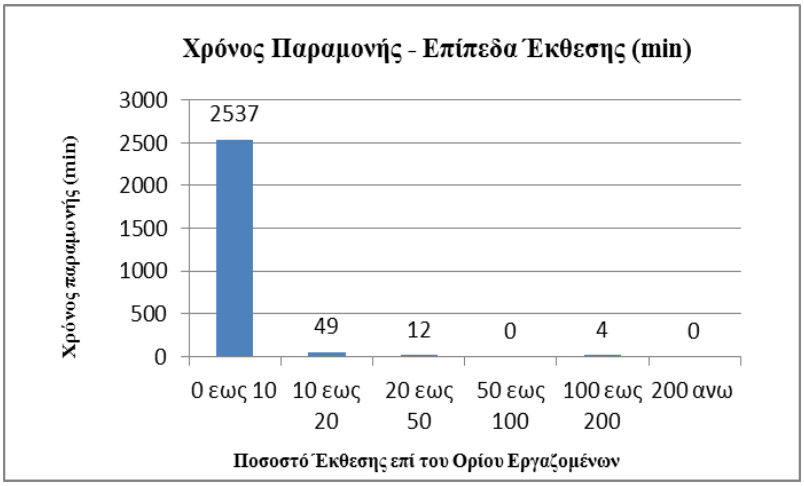
Σχήμα 1: Αβεβαιότητα των ενδείξεων του οργάνου σύμφωνα με τον κατασκευαστή.

Η αβεβαιότητα λόγω πόλωσης αναδεικνύει το γεγονός ότι η παρουσία του σώματος του εργαζόμενου επηρεάζει την μέτρηση, ιδίως για ΗΜΠ τα οποία προέρχονται από την κατεύθυνση της πλάτης του εργαζόμενου.

3. Καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων

Η καταγραφή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ρυθμό δειγματοληψίας 1 sec. Η μέτρηση αφορούσε σε σταθμισμένο ποσοστό επί του ορίου ολόσωμης έκθεσης επαγγελματικά εκτιθέμενου (%STD) ανά δευτερόλεπτο. Συνολικά μελετήθηκαν 156.120 εγγραφές ή αλλιώς 2.602 λεπτά (min) (ήτοι 43,4 ώρες εργασίας). Τα δεδομένα αφορούσαν σε διάφορους εργαζομένους και σε διάρκεια εργασιών κατά τη χρονική περίοδο Αύγουστος 2017 έως Δεκέμβριος 2017. Συμπεριελάμβαναν συνεπώς έκθεση από όλες τις τεχνολογίες 2G, 3G, 4G και 4,5G. Ο τρόπος τοποθέτησης του δοσιμέτρου ήταν είτε στο στήθος είτε

στη ζώνη του παντελονιού. Τα δεδομένα κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι (6) κλάσεις οι οποίες ταυτίζονται με τις κατηγορίες ενεργοποίησης των φωτεινών ενδείξεων και ηχητικών προειδοποιήσεων στις οποίες έχουν προγραμματισθεί οι εν λόγω ΣΧΚ.
Στο σχήμα 2 εμφανίζονται οι συγκεντρωτικοί χρόνοι παραμονής (min) σε κάθε εύρος έκθεσης (% του σταθμισμένου ορίου επαγγελματικής έκθεσης). Από 0 έως 10% της επαγγελματικής έκθεσης δεν υπάρχει καμία ειδοποίηση είτε ηχητική είτε φωτεινή (Πίνακας 2). Συνολικά από τα 2.602 λεπτά καταγραφών (εργασίας), η συντριπτική πλειοψηφία (περίπου 98%) αφορά σε έκθεση κάτω του 10%. Όσον αφορά τις κρίσιμες περιοχές 100 έως 200% και άνω των 200% οι συνολικοί χρόνοι είναι 4 λεπτά και 0 λεπτά αντίστοιχα. Κανείς όμως εργαζόμενος με καταγραφές της περιοχής 100 έως 200% δε υπερέβη μέσον όρο έκθεσης εντός 6λέπτου το 100%, το οποίο αποτελεί και το ουσιαστικό, αλλά και όριο της κείμενης Νομοθεσίας (Σύσταση Συμβουλίου ΕΕ, 1999, Νόμος υπ' αριθμ. 4070, 2012).

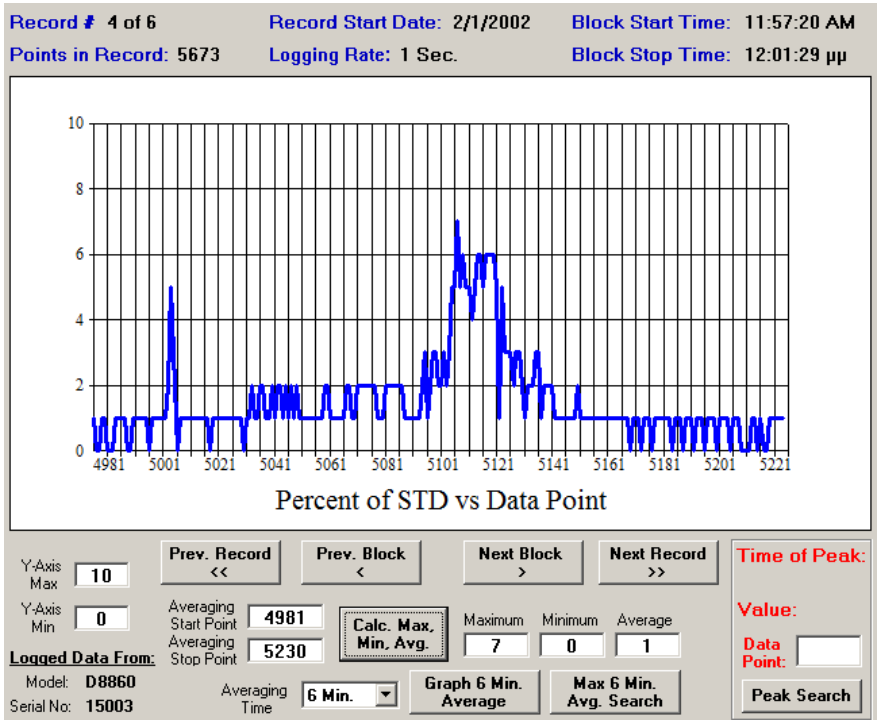


Σχήμα 2: Κατανομή χρόνου εργασίας σε περιοχές – εύρη εκθέσεων σε ΗΜΠ. Η συντριπτική πλειοψηφία αντιστοιχεί σε εκθέσεις μέχρι 10% του ορίου.

Ακολουθούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις έκθεσης (case studies).

3.1 Περίπτωση 1 : Έκθεση εργαζομένου στην περιοχή 0 έως 10% (Σχήμα 3)

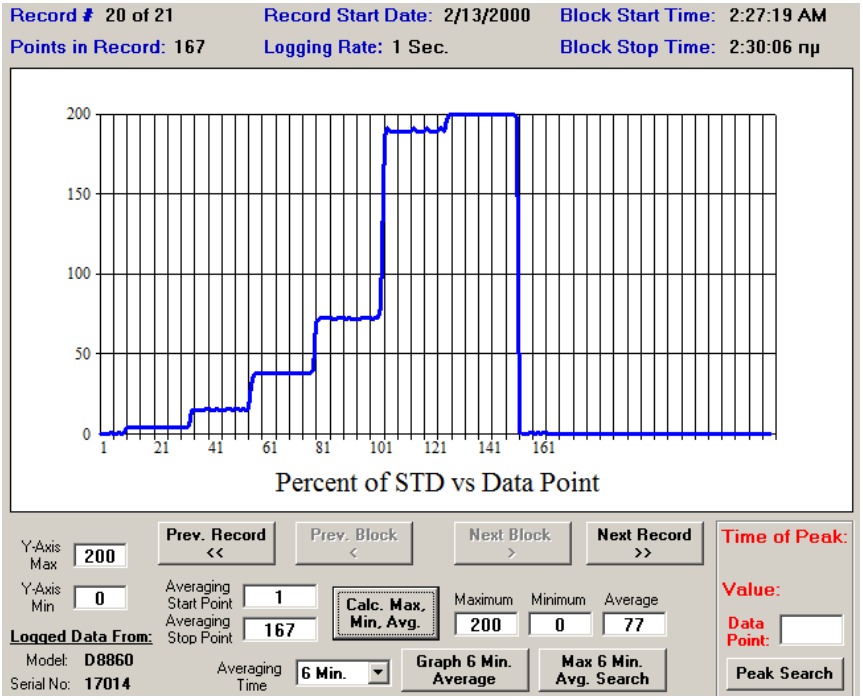
Σχολιασμός: Στο σχήμα 3, εμφανίζεται το αποτέλεσμα της επεξεργασίας της καταγραφής σε παράθυρο όπου καταγράφεται το σταθμισμένο όριο επαγγελματικής έκθεσης από τα 100kHz έως τα 100GHz, η έκθεση του εργαζομένου κατά την εργασία στο πεδίο έφτασε σε ανώτερη τιμή το 7% και η μέση τιμή το 1%. Συνολικά το παράθυρο καλύπτει 249 sec ήτοι 4,15min έκθεσης (από την καταγραφή 4981 έως 5230 δεδομένου ότι η δειγματοληψία εκτελείται ανά sec). Ο εργαζόμενος είναι απόλυτα ασφαλής ακόμα και σε συνεχή έκθεση σε αυτά τα επίπεδα (SCENIHR 2015). Καμία φωτεινή ένδειξη δεν ενεργοποιείται σε αυτό το εύρος έκθεσης.



Σχήμα 3: Γραφική παράσταση των επιπέδων έκθεσης (% του ορίου) σε σχέση με το χρόνο (sec). Στο πίνακα φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή έκθεσης ήταν 7% και η μέση τιμή ήταν 1%.

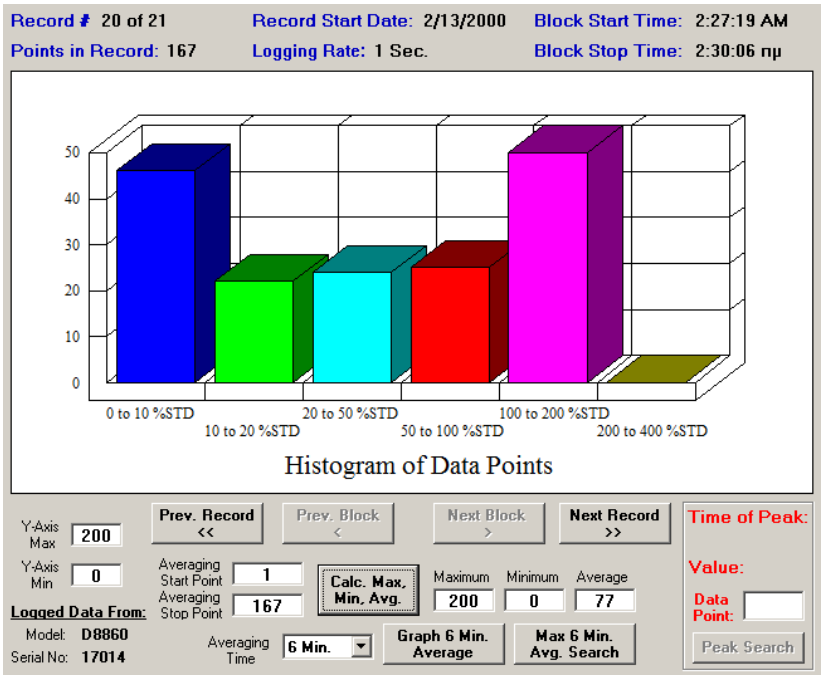
3.2 Περίπτωση 2 : Έκθεση εργαζομένου στην περιοχή 100 έως 200% (Σχήμα 4)

Σχολιασμός: Στην εικόνα παρουσιάζεται η έκθεση του εργαζομένου σε παράθυρο όπου καταγράφεται η ανώτερη τιμή (200%). Συνολικά το παράθυρο καλύπτει 167sec ήτοι 2,78min έκθεσης.



Σχήμα 4: Γραφική παράσταση των επιπέδων έκθεσης (% του ορίου) σε σχέση με το χρόνο (sec). Η μέγιστη τιμή έκθεση είναι 200%, ενώ η μέση τιμή μόνο 77%.

Ακολουθεί ιστόγραμμα χρονικής διάρκειας παραμονής (σε sec) σε συγκεκριμένες περιοχές έκθεσης (% του ορίου) (Σχήμα 5):



Σχήμα 5: Ιστόγραμμα χρονικής διάρκειας παραμονής σε συγκεκριμένα επίπεδα έκθεσης

Σχολιασμός: Η μέγιστη τιμή που καταγράφηκε είναι 200% του σταθμισμένου ορίου. Η μέση τιμή (δεν συμπληρώθηκε 6λεπτη παραμονή) όμως είναι 77%. Στο ιστόγραμμα φαίνεται το πλήθος των καταγραφών σε κάθε εύρος (περιοχή) έκθεσης. Περίπου για 49sec παρέμεινε σε περιοχή από 100 έως 200% του σταθμισμένου ορίου όπου και ενεργοποιήθηκε η φωτεινή ένδειξη, οπότε ο εργαζόμενος αντιλήφθηκε την υπέρβαση και αποχώρησε από την περιοχή αυτή. Περίπου για 25 sec παρέμεινε σε περιοχή από 50 έως 100% του σταθμισμένου ορίου όπου και ενεργοποιήθηκε η φωτεινή ένδειξη και η $1^{η}$ ηχητική ειδοποίηση.

4. Συζήτηση/Συμπεράσματα

Συνολικά κατεγράφησαν περίπου 43,4 ωρών εργασίας και διαπιστώθηκε ότι το 98% περίπου του χρόνου έκθεσης αφορούσε σε πεδία τα οποία δεν υπερέβαιναν το 10% του σταθμισμένου ορίου ασφαλείας για την περιοχή συχνοτήτων από 100 kHz έως 100 GHz. Στην περίπτωση έκθεσης άνω του 100% των ορίων, διασφαλίζεται μέσω φωτεινών και ηχητικών προειδοποιήσεων ότι ο μέσος όρος της έκθεσης ανά 6λεπτο δεν θα υπερβαίνει το 100%. Ειδικά σε συνθήκες υπέρβασης του 200% ο εργαζόμενος υποχρεούται σε αποχώρηση από το χώρο εργασίας όπου καταγράφεται το πεδίο αυτό.

Η χρήση ατομικών μετρητών ΗΜΠ είναι το ασφαλέστερο μέτρο προστασίας των εργαζομένων στο πεδίο. Η παρακολούθηση της έντασης του ΗΜΠ από τον ίδιο τον εργαζόμενο δίνει τη δυνατότητα πραγματοποίησης της εργασίας του με τη μέγιστη ασφάλεια σε ότι αφορά στην έκθεση του σε ΗΜΠ. Σημαντικός παράγοντας είναι η επαρκής και τακτική εκπαίδευση του εργαζομένου από ειδικό επιστημονικό προσωπικό εξειδικευμένο στις αρχές της Ακτινοπροστασίας (Φυσικοί Ιατρικής – Ακτινοφυσικοί). Επιπρόσθετα της ορθής χρήσης των συσκευών χρονικής καταγραφής της έκθεσης αναγκαία κρίνεται και η τακτική παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας τους

πραγματοποιώντας τις προβλεπόμενες (σύμφωνα με τον κατασκευαστή) διακριβώσεις τους σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.
Οι ατομικοί μετρητές ΗΜΠ – συσκευές χρονικής καταγραφής, πολλές φορές αναφέρονται λανθασμένα ως ατομικά δοσίμετρα και η όλη διαδικασία μέτρησης ως ατομική δοσιμέτρηση. Ο όρος δόση προέρχεται από την περιοχή της ιοντίζουσας ακτινοβολίας, όπου οι επιπτώσεις μπορούν να έχουν αθροιστικό χαρακτήρα. Η ανάμιξη εννοιών των περιοχών της ιοντίζουσας και μη-ιοντίζουσας ακτινοβολίας συμβάλει σε σημαντικές παρανοήσεις.
Μια παράμετρος η οποία θα μπορούσε να εισάγει σημαντική αβεβαιότητα στη μέτρηση είναι η τοποθέτηση της συσκευής επί του σώματος. Προφανώς, υπάρχουν σήματα τα οποία προέρχονται από όλες τις κατευθύνσεις. Στη περίπτωση όπου παρεμβάλλεται το σώμα του μηχανικού η μέτρηση είναι δυνατόν να υποεκτιμήσει την ένταση του πεδίου. Η αλλαγή της θέσης του μετρητή ανά τακτά χρονικά διαστήματα προσδίδει ένα παράγοντα ασφαλείας. Βεβαίως, σε μεγάλα πεδία τα οποία υπερβαίνουν το επαγγελματικό όριο υπάρχουν σαφείς οδηγίες από το αρμόδιο επιστημονικό προσωπικό για ασφαλή εργασία.
Δεν είναι εφικτό να αναγνωρίζονται όλες οι πηγές ακτινοβολίας προ της επίσκεψης του μηχανικού στο ΣΒ. Είναι εφικτό όμως να ενημερώνονται όλοι γειτονικοί σταθμοί κινητής τηλεφωνίας και να παραμένουν ανενεργοί κατά τη διάρκεια μια επίσκεψης μηχανικού. Ιδιαίτερα όμως σε πάρκα κεραιών όπου βρίσκονται εγκατεστημένοι πομποί διαφόρων υπηρεσιών, η αναγνώριση και ενημέρωση όλων των παρόχων δεν επιτυγχάνεται πάντα. Σε αυτή τη περίπτωση η χρήση του ατομικού μετρητή παρέχει την απαραίτητη προστασία, ενημερώνοντας τον μηχανικό για τα διάφορα επίπεδα έκθεσης κατά την διάρκεια της εργασίας του.
Μια μελλοντική εργασία θα μπορούσε να είναι η σύγκριση των ενδείξεων των ατομικών μετρητών με τις ενδείξεις ενός τυπικού αναλυτή φάσματος ή ενός ευρυζωνικού μετρητή με σταθμισμένη φασματική απόκριση (shaped frequency response) ο οποίος να καλύπτει το συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων (εάν είναι εφικτό ένας αναλυτής φάσματος να καλύψει τόσο μεγάλο εύρος συχνοτήτων όπως ο ατομικός μετρητής). Ο αναλυτής φάσματος (με κατά προτίμηση ισοτροπική κεραία λήψης) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για επιβεβαίωση των μετρήσεων της ατομικής συσκευής λαμβάνοντας υπόψη τη θέση της πάνω στο σώμα του μηχανικού και του πιθανού σφάλματος το οποίο αυτή εισάγει.
Η έκθεση σε ΗΜΠ όμως δεν αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα κινδύνου κατά την εργασία στο πεδίο. Η εργασία σε ύψος, τα ηλεκτρικά ρεύματα, οι καιρικές συνθήκες καθώς και η πρόσβαση στο χώρο εργασίας αποτελούν παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την αποφυγή ατυχήματος. Ειδικά η πρόσβαση με αυτοκίνητο στο χώρο εγκατάστασης των πυλώνων/κεραιοσυστημάτων είναι πολλές φορές ο σημαντικότερος παράγοντας που θα πρέπει να προσεχθεί και να μελετηθεί. Η εκτός δρόμου οδήγηση χωρίς επαρκή οδική σήμανση και συχνά υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες (ιδιαίτερα σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου) ενέχουν μεγάλο κίνδυνο και αυξάνουν την πιθανότητα τροχαίου ατυχήματος. Συνεπώς, μια σειρά εκπαιδεύσεων σε διάφορους τομείς ασφάλειας είναι απολύτως αναγκαία. Εκτός των άλλων η τακτική ιατρική παρακολούθηση του προσωπικού είναι υποχρεωτική.
Μέσω συνεντεύξεων με το προσωπικό διαπιστώθηκε ότι η χρήση Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) για τα ΗΜΠ όπως ειδικές στολές είναι μάλλον δύσχρηστη έως και αποτρεπτική για την εκτέλεση της εργασίας. Ζωτικής σημασίας είναι η ορθή χρήση των ΜΑΠ εργασίας σε ύψος και για ηλεκτρικά ρεύματα, η οποία και πραγματοποιείται με μεγάλη σοβαρότητα και συνέπεια.
Τέλος, η γενική εκπαίδευση όλων των εργαζομένων σε θέματα Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας (ΥΑΕ) και ειδικότερα προστασίας από ΗΜΠ είναι πρωτεύουσας σημασίας,

καθώς περιορίζει έναν ακόμα παράγοντα εισαγωγής κινδύνου ο οποίος είναι το «άγχος / stress» και ο οποίος μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο ατυχήματος κατά την εργασία και όχι μόνον.

5. Βιβλιογραφία

Απόφαση Αριθμ. 20490/525 ΦΕΚ Αρ. Φύλλου 1444, 2/5/2012. «Έγκριση Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων (ΕΚΚΖΣ)»

Γουρζουλίδης Γ, Κάππας Κ, Καραμπέτσος Ε, κ.α. "Αποτύπωση και αξιολόγηση της επαγγελματικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία στην Ελλάδα". 6ο Συνέδριο μετρολογίας, 2016, Αθήνα.

Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 1422-3, 2007 «Συνεγκατάσταση κεραιών ραδιοεπικοινωνιών - Μέρος 3: Τεχνικές Δοκιμών και Μετρήσεων - Όρια»

Κοινή Υπουργική Απόφαση "Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά " με αρ. Φ.Ε.Κ.1105/Β/ 6 Σεπτεμβρίου 2000.

Μη δεσμευτικός οδηγός ορθής πρακτικής για την εφαρμογή της οδηγίας 2013/35/ΕΕ, ΗΜΠ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2015. ISBN 978-92-79-45861-3, doi: 10.2767/74304.

Νόμος υπ' αριθμ. 4070 (ΦΕΚ Α΄ 82/10.04.2012) «Ρυθμίσεις Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών, Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και άλλες διατάξεις».

Οδηγία 2013/35/ΕΕ, Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 179/1, 29.6.2013

Σύσταση του Συμβουλίου 12ης Ιουλίου 1999, περί του περιοριομού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz - 300 GHz), 1999/519/ΕΚ

Gourzoulidis G, Tsaprouni P, Kappas C, Karabetsos E et al. Occupational exposure to electromagnetic fields – The situation in Greece. 1st European Congress of Medical Physics. Phys Med 2016; 32:276.

ITU-T, Electromagnetic field (EMF) considerations in smart sustainable cities (10/2014)

NARDALERT XT PERSONAL MONITOR Datasheet, http://www.narda-sts.us/pdf_files/DataSheets/Nardalert_DataSheet.pdf

SCENIHR, «Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)», 2015
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf