

## Open Schools Journal for Open Science

Vol 2, No 1 (2019)

Special Issue Articles from the 1st Greek Student Conference on Research and Science



### Ηλεκτρομαγνητική ρύπανση στο σχολικό συγκρότημα του 1ου Γενικού Λυκείου Αγίας Παρασκευής

Κωνσταντίνος Δαβάζογλου, Άννα Δημητρίου, Άννα Ζάγκα

doi: [10.12681/osj.19532](https://doi.org/10.12681/osj.19532)

#### To cite this article:

Δαβάζογλου Κ., Δημητρίου Α., & Ζάγκα Α. (2019). Ηλεκτρομαγνητική ρύπανση στο σχολικό συγκρότημα του 1ου Γενικού Λυκείου Αγίας Παρασκευής. *Open Schools Journal for Open Science*, 2(1), 330–348. <https://doi.org/10.12681/osj.19532>



# Ηλεκτρομαγνητική ρύπανση στο σχολικό συγκρότημα του 1ου Γενικού Λυκείου Αγίας Παρασκευής

Δαβάζογλου Κωνσταντίνος<sup>1</sup>, Δημητρίου Άννα, Ζάγκα Άννα<sup>1</sup>

<sup>1</sup>1ο Γενικό Λύκειο Αγίας Παρασκευής

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί ραγδαία η χρήση ασύρματων συσκευών, όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, οι φορητοί υπολογιστές κ.α. μεταβάλλοντας ριζικά τον τρόπο επικοινωνίας των ανθρώπων. Οι πολλές ώρες χρήσης τους όμως, καθώς και η ακτινοβολία που εκπέμπουν, θέτουν σοβαρούς προβληματισμούς. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καταγραφούν οι πιθανές επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία, να ελεγχθούν από πλευράς ακτινοπροστασίας όλα τα κινητά τηλέφωνα των μαθητών μιας τυχαίας σχολικής τάξης, να ληφθούν μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα στο σχολικό συγκρότημα και να διαπιστωθεί η συμμόρφωση τους ή όχι με τα όρια ασφαλούς έκθεσης, όπως αυτά καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία. Τέλος, μέσω μίας δημοσκοπικής έρευνας, έγινε προσπάθεια να αποτυπωθεί το κατά πόσο η κοινή γνώμη είναι ευαισθητοποιημένη και ενημερωμένη πάνω σε θέματα ακτινοπροστασίας.

## Λέξεις κλειδιά

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία; κινητά τηλέφωνα; SAR; δημοσκόπηση

## Εισαγωγή

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια αποτελείται από κύματα ηλεκτρικής και μαγνητικής ενέργειας, τα οποία διαδίδονται στον ελεύθερο χώρο. Η περιοχή στην οποία αναπτύσσονται τα κύματα αυτά ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εμφανίζονται με πολλές διαφορετικές μορφές. Για παράδειγμα, τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, το ορατό φως, αλλά και οι ακτίνες Χ, αποτελούν μορφές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά



κύματα διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός. Οι σημαντικότερες διαφορές των διαφορετικών τύπων κυμάτων σχετίζονται με τη συχνότητα που έχει το καθένα.

Φυσική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υπήρχε πάντα στη γη. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα η περιβαλλοντική έκθεση σε τεχνητές πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αυξήθηκε ραγδαία, εξαιτίας των εφαρμογών του ηλεκτρισμού, της ανάπτυξης της ασύρματης τεχνολογίας και των εφαρμογών της, καθώς επίσης και των αλλαγών στις εργασιακές σχέσεις και στην κοινωνική συμπεριφορά. Σήμερα οι άνθρωποι εκτίθενται σε πλήθος ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων σε διάφορες συχνότητες, τόσο στο χώρο κατοικίας όσο και στο χώρο της εργασίας. Τα ενδεχόμενα βιολογικά αποτελέσματα που οφείλονται στις κατασκευασμένες από τον άνθρωπο πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχουν προσελκύσει το επιστημονικό ενδιαφέρον από τα τέλη του 1800 και έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής κατά τα τελευταία τριάντα χρόνια.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εκδοθεί από διάφορους διεθνείς οργανισμούς οδηγίες για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Οι οδηγίες αυτές στοχεύουν στην προστασία της ανθρώπινης υγείας, θεσπίζοντας όρια-επίπεδα αναφοράς-σε κατάλληλα φυσικά μεγέθη. Μεταξύ άλλων φυσικών μεγεθών θεσπίζονται όρια για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E). Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει για το Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης (SAR - Specific Absorption Rate) ο οποίος αποτελεί μέγεθος που εκφράζει τον ρυθμό απορρόφησης της ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων από τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Υπολογίζεται ως η ενέργεια που απορροφάται από ορισμένη μάζα ιστού (ειδική απορρόφηση) μέσα σε ορισμένο χρόνο και μετριέται σε μονάδες ισχύος ανά μάζα (W/kg). Εκτεταμένη χρήση του μεγέθους γίνεται στα κινητά τηλέφωνα και οι κατασκευαστές αναγράφουν τον αντίστοιχο ρυθμό ειδικής απορρόφησης στο συνοδευτικό εγχειρίδιο για τις συσκευές που παράγουν.

Δεδομένου ότι η αρχή της προφύλαξης (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2000) επιτάσσει «καλύτερα ασφαλής παρά μετανιωμένος» οι οργανισμοί που ασχολούνται με την ανάπτυξη οδηγιών έκθεσης (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP κλπ) λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για την αποφυγή πιθανών επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπων. Παράλληλα, πραγματοποιούνται εργαστηριακές και επιδημιολογικές μελέτες προκειμένου να αναλυθούν σε πραγματική κλίμακα ποιες είναι οι επιπτώσεις από την έκθεση των ανθρώπων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Όπως προαναφέραμε διάφοροι διεθνείς οργανισμοί σε συνεργασία πολλές φορές με ανεξάρτητους φορείς, έχουν εκδώσει οδηγίες με βάση τα επιστημονικά δεδομένα των πρόσφατων ερευνών πάνω στον τομέα της προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Στις ΗΠΑ το όριο του SAR είναι στο 1,6 W/kg ανά 1 γραμμάριο ιστού, όπως έχει θεσπιστεί από την Επιτροπή Ομοσπονδιακών Τηλεπικοινωνιών-FCC, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 1991



ισχύει η οδηγία (European Commission, 1991) που προέκυψε από τη Διεθνή Επιτροπή Προστασίας από τη Μη-Ιονίζουσα Ακτινοβολία (ICNIRP, 1998) σε συνεργασία με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2000). Σύμφωνα με αυτή την οδηγία το όριο που τίθεται στις συσκευές που κυκλοφορούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 2 W/kg που περιλαμβάνεται για 10 γραμμάρια ιστού. Στην Ελλάδα με Κοινή Υπουργική Απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης, Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε, Υγείας-Πρόνοιας και Μεταφορών-Επικοινωνιών (Κ.Υ.Α. 53571/3839/6-9-2000), θεσπίστηκαν για πρώτη φορά τα όρια έκθεσης για την προστασία του γενικού πληθυσμού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά. Τα όρια που θεσπίστηκαν ήταν ίδια με αυτά της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

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

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

Σχετικά με τις τιμές του πίνακα 1 ισχύουν ότι: α) Η τιμή του  $f$  είναι όπως ορίζεται στη στήλη των συχνοτήτων και β) για συχνότητες από 100kHz ως 10GHz, οι τιμές των  $S_{eq}$ ,  $E_2$ , και  $H_2$  πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας έξι λεπτών (6min).

Μετά την έκδοση, όμως του Νόμου 3431/2006 και σύμφωνα με το άρθρο 31, §9 αυτού (τροποποιήθηκε με τον υπ' αριθμόν Ν. 4070/2012), τα όρια έκθεσης ορίζονται στο 70% των τιμών που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της αρχικής κοινής υπουργικής απόφασης. Επιπλέον, στην §10 του παραπάνω άρθρου, αναφέρεται ότι σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραιάς σε απόσταση μέχρι 300 μέτρων από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, τα όρια έκθεσης του κοινού απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των τιμών της αρχικής κοινής υπουργικής απόφασης. Συνεπώς, το αυστηρότερο όριο για το SAR στην Ελλάδα διαμορφώθηκε στα 1,2 W/kg και ο Πίνακας 1 στην αυστηρότερη περίπτωση (60%) μετασχηματίζεται ως εξής

Συχνότητες	Ένταση ηλ. πεδίου, rms (E σε V/m)	Ένταση μαγν. πεδίου, rms (H σε A/m)	Ισοδύναμη πυκνότητα ροής ισχύος επίπεδου κύματος ( $S_{eq}$ σε $W/m^2$ )
------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--



10-400 MHz	21.7	0.0565	1.2
400-2000 MHz	$1.065 \cdot f^{1/2}$	$0.00287 \cdot f^{1/2}$	$f/333$
2-300 GHz	47.2	0.124	6

**Πίνακας 2:** Επίπεδα αναφοράς στη ζητούμενη συχνοτική περιοχή βάσει του Ν.4070/2012

### Δράση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο ανθρώπινο σώμα

Ο οργανισμός μας είναι ένα ηλεκτρικό – ηλεκτρομαγνητικό σύστημα. Στο σώμα μας κυκλοφορούν ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία είναι απαραίτητα για τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού. Ο εγκέφαλος μας λαμβάνει κάθε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σαν πληροφορία, την οποία αφού επεξεργαστεί, απορρίπτει. Μ' αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια υπερδραστηριότητα του εγκεφάλου προκαλώντας προβλήματα. Επίσης, είναι γνωστό ότι το σώμα αποτελείται 80% από νερό, τα μόρια του οποίου λειτουργούν ως ηλεκτρικά δίπολα. Είναι αναμενόμενο λοιπόν, η διείδυση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος στον οργανισμό μας και η αλληλεπίδραση με τα πεδία του να έχει επιπτώσεις στην υγείας μας.

Ο συσχετισμός της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με βιολογικές επιπτώσεις στην υγεία μας είχε αρχίσει από το 1974 όταν η Αμερικανίδα γιατρός Ν. Wertheimer πραγματοποίησε την πρώτη επιδημιολογική μελέτη με τη βοήθεια του φυσικού Ε. Leeper, η οποία συσχέτισε την παιδική λευχαιμία με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προκαλούσαν οι γραμμές μεταφοράς ρεύματος και οι μετασχηματιστές. Η μελέτη αυτή δημοσιεύτηκε το 1979, αλλά έγινε αποδεκτή μετά από δέκα περίπου χρόνια με την παράλληλη δημοσίευση δεύτερης έρευνας που αρχικά είχε στόχο να τη διαψεύσει, αλλά κατέληξε να την επιβεβαιώνει. Εκατοντάδες διεθνείς έρευνες από ανεξάρτητα πανεπιστήμια και δημόσιους φορείς, χρησιμοποιώντας διαφορετική μεθοδολογία, καταλήξανε όλες σε ιδιαίτερα ανησυχητικά συμπεράσματα.

Οι επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διακρίνονται στις θερμικές και στις μη θερμικές. Οι πρώτες οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών του ανθρώπινου οργανισμού από την ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτούς. Οι συνέπειες στην υγεία εμφανίζονται όταν η θερμοκρασία του σώματος αυξηθεί πάνω από ένα βαθμό Κελσίου. Οι μη θερμικές επιδράσεις αντίθετα προκαλούνται με όλους τους άλλους τρόπους εκτός από την αύξηση θερμοκρασίας στους ιστούς του ανθρώπινου οργανισμού.

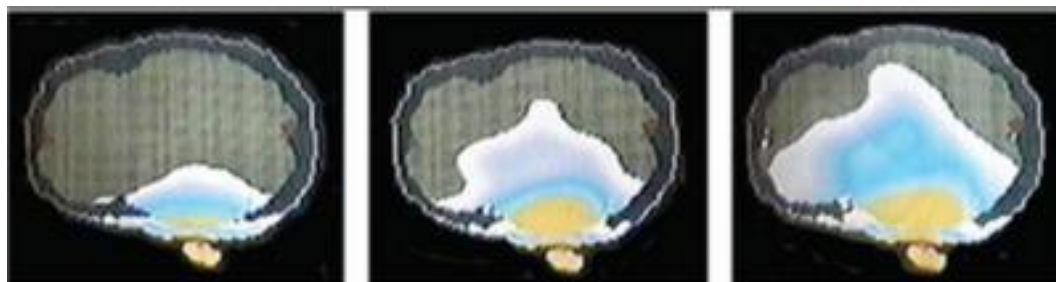
Για παράδειγμα νέες μελέτες αναφέρουν βλάβη του σπέρματος σε ανθρώπους και ζώα από την συνεχή έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, οδηγώντας σε σημαντικές ανησυχίες για τη γονιμότητα, την αναπαραγωγή και την υγεία των απογόνων. Πιο συγκεκριμένα, αρκετά διεθνή εργαστήρια έχουν αναπαραγάγει μελέτες που δείχνουν δυσμενείς επιπτώσεις στην

ποιότητα του σπέρματος, την κινητικότητα και την παθολογία στους άνδρες που χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές, συσκευές τηλεϊεδοποίησης στη ζώνη τους ή σε μια τσέπη ή σε σακίδιο πλάτης.

Στο πλαίσιο αυτό κατανοούμε πως οι άντρες που κουβαλούν το κινητό τους τηλέφωνο στην τσέπη του παντελονιού τους, ενδέχεται να μειώνουν τις πιθανότητές τους να τεκνοποιήσουν, καθώς η ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα επηρεάζει την ποιότητα του σπέρματος. Παράλληλα, μελέτες του ανθρώπινου σπέρματος δείχνουν γενετικές βλάβες από τα κινητά τηλέφωνα σε κατάσταση αναμονής και από ασύρματη χρήση φορητού υπολογιστή. Το σπέρμα δεν μπορεί να επισκευάσει βλάβες του DNA που περιέχεται σε αυτό. Έτσι, μειωμένη ποιότητα, κινητικότητα και βιωσιμότητα του σπέρματος συμβαίνει ακόμα και σε πολύ χαμηλές εκθέσεις, με αποτέλεσμα την μείωση της ανδρικής γονιμότητας έως και 8%.

Επιπλέον, το πόρισμα ερευνών του Βρετανικού Κοινοβουλίου αναφέρει ότι “τα παιδιά είναι πιθανώς περισσότερο ευάλωτα στις ακτινοβολίες εξαιτίας του αναπτυσσόμενου νευρικού τους συστήματος, της μεγαλύτερης απορρόφησης ενέργειας από τον εγκέφαλο και του μεγαλύτερου χρόνου εφόρου ζωής έκθεσης”. Τα παιδιά, οι εγκυμονούσες, οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με αλλεργίες ή εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα ανήκουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου. Πολλοί επιστήμονες, επίσης, θεωρούν ότι η σημερινή υπερβολική έκθεση παιδιών και εγκύων στις τεχνητές ακτινοβολίες έχει σχέση με την σύγχρονη αύξηση των παιδικών προβλημάτων νόησης και συμπεριφοράς (σήμερα 1 στα 91 παιδιά γεννιέται ή γίνεται αυτιστικό, ενώ τη δεκαετία του 1980 αυτό συνέβαινε μόνο σε 1 ανά 10.000 παιδιά).

Τα παιδιά βρίσκονται συνεχώς υπό ανάπτυξη, οπότε μεγάλος πληθυσμός των κυττάρων τους βρίσκονται σε φάση πολλαπλασιασμού. Επιπροσθέτως, έχουν μεγαλύτερους πληθυσμούς ανώριμων και αδιαφοροποίητων κυττάρων (άωρα κύτταρα και βλαστοκύτταρα), η προσβολή των οποίων, πέραν της αναστολής ωρίμανσής τους σε ιστούς (π.χ. ερυθρά αιμοκύτταρα από το μυελό των οστών), αυξάνει σημαντικά τη πιθανότητα παιδικών καρκίνων, μειώνοντας το προσδόκιμο επιβίωσης. Τα παιδιά είναι κατά δέκα φορές πιο ευαίσθητα από τους ενήλικους στην ίδια ποσότητα ακτινοβολίας, τόσο λόγω των προαναφερόμενων όσο και λόγω της μικρότερης μάζας τους.



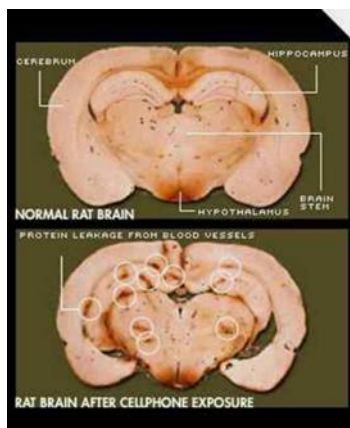
**Σχήμα 1:** Κατανομή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ενήλικα (αριστερή εικόνα), παιδί 10 ετών (μεσαία εικόνα) και παιδί 5 ετών (δεξιά εικόνα)

Μελέτες έχουν συσχετίσει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με καρκίνους διάφορων ειδών, ανάμεσα στους οποίους και η παιδική λευχαιμία. Πρέπει να τονιστεί ότι δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί τι θα συμβεί σε βάθος χρόνου αν γίνεται αλόγιστη χρήση κινητού τηλεφώνου από ένα παιδί, είτε τηλεφωνεί, είτε το τοποθετεί στα ρούχα του. Γι' αυτό, πρέπει να αποφεύγεται τελείως η χρήση του κινητού στο αυτί παρά μόνο για επείγουσες περιπτώσεις και για μικρή διάρκεια (μισό έως ένα λεπτό την ημέρα). “Ο κίνδυνος καρκίνου είναι 5 φορές μεγαλύτερος για τα παιδιά που κατοικούν κοντά σε καλώδια υψηλής τάσης”, διαπιστώνει ο D. Savitz σε έρευνά του το 1988, ενώ “οι επιπτώσεις καρκίνων παιδιών αυξάνουν όσο μικραίνει η απόσταση των κατοικιών τους από γραμμές υψηλής τάσης των 50 Hz”, προειδοποιεί η N. Wertheimer και ο E. Leeper. Επιπλέον, ο L. Tomeniuss το 1980, διαπίστωσε σε μελέτη του ότι “παιδιά που κατοικούν σε απόσταση 0-150 μέτρα από γραμμές υψηλής τάσης (50Hz, 200KV), έχουν διπλάσιο κίνδυνο να αναπτύξουν καρκίνο σε σχέση με παιδιά απομακρυσμένων περιοχών”.

Συγκεκριμένα, σε περιοχές όπου το μαγνητικό πεδίο υπερβαίνει το 0,3 μT ο κίνδυνος βρέθηκε 2,1 φορές μεγαλύτερος, ενώ για όσους κατοικούσαν στο ίδιο σπίτι αφότου γεννήθηκαν ο κίνδυνος βρέθηκε 5,6 φορές μεγαλύτερος. Επίσης, τα παιδιά – χρήστες των κινητών τηλεφώνων είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν μείωση της προσοχής, επιδείνωση της εκμάθησης και των γνωστικών δυνατοτήτων, αυξημένη ευερεθιστικότητα (επιρρεπής στους ερεθισμούς) και αυξημένη ετοιμότητα για επιληψία. Τέλος, τα παιδιά που χρησιμοποιούν την κινητή επικοινωνία δεν μπορούν να συνειδητοποιήσουν ότι υποβάλλουν τον εγκέφαλό τους σε ακτινοβολία και θέτουν την υγεία τους σε κίνδυνο. Αυτός ο κίνδυνος για την υγεία των παιδιών, δεν είναι πολύ χαμηλότερος από εκείνον που προέρχεται από τον καπνό ή το αλκοόλ.

Το 2005 ανακοινώθηκαν τα αποτελέσματα ενός μεγάλου ευρωπαϊκού προγράμματος όπου συμμετείχαν δώδεκα μεγάλα ερευνητικά κέντρα από επτά ευρωπαϊκές χώρες. Τα πειράματα αυτά ανέδειξαν μαζικές θραύσεις αλυσίδων DNA κάτω από την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μάλιστα για εντάσεις πολύ κάτω από τα επίσημα όρια επικινδυνότητας. Οι θραύσεις αυτές ήταν αμφίπλευρες, ενώ επιπλέον διαπιστώθηκε υποβάθμιση του φυσιολογικού μηχανισμού επιδιόρθωσης βλαβών που διαθέτει ο οργανισμός. Ο D. Savitz, το 1987 διαπίστωσε ότι “ο κίνδυνος ανάπτυξης μυελώδους λευχαιμίας είναι 2,6 φορές μεγαλύτερος για ηλεκτρολόγους, μηχανικούς τηλεπικοινωνιών και ραδιοερασιτέχνες”.





**Σχήμα 2:** Το φαινόμενο της διαρροής της πρωτεΐνης αλβουμίνης από το αίμα στον εγκέφαλο των ποντικών λόγω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία διεγείρουν τις πρωτεΐνες του στρες (ένδειξη ότι τα κύτταρα δέχονται επίθεση). Η ενεργοποίηση της κυτταρικής απόκρισης στρες αποτελεί ένα προστατευτικό μηχανισμό για τα κύτταρα όταν εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Ακόμα, η δομή σπείρας στον πυρήνα του DNA το κάνει να λειτουργεί σαν κεραία σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων και το καθιστά ιδιαίτερα ευάλωτο σε ζημιές από ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ο μηχανισμός περιλαμβάνει την άμεση αλληλεπίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων με το μόριο του DNA. Πολλές συχνότητες ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο περιβάλλον προκαλούν μεταβολές στο DNA, αφού τα ανθρώπινα βλαστικά κύτταρα δεν προσαρμόζονται στις χρόνιες εκθέσεις σε μη-θερμικά μικροκύματα και δεν μπορούν να επισκευάσουν το κατεστραμμένο DNA.

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι ένας σημαντικός βιοτροπικός παράγοντας που επιδρά όχι μόνο στην υγεία γενικά, αλλά επίσης στις διαδικασίες της ανώτερης νευρικής δραστηριότητας, που περιλαμβάνει τη συμπεριφορά και τη σκέψη. Η ακτινοβολία λοιπόν, επηρεάζει άμεσα τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Δεν υπάρχει αμφιβολία πως η ηλεκτρομαγνητική ρύπανση συνδέεται με μια σειρά αρνητικών επιδράσεων. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι συνέπεια της επίδρασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στις εγκεφαλικές λειτουργικές μονάδες που ενεργοποιούν και συντονίζουν το σύστημα που ελέγχει την ενέργεια της ραδιοσυχνότητας. Οι πιο απλές επιδράσεις είναι οι εξής:

- Βουητό των αυτιών.
- Πονοκέφαλοι ή κεφαλαλγίες.
- Αδυναμία συγκέντρωσης.
- Μείωση μαθησιακών ικανοτήτων.

- Προβλήματα συμπεριφοράς κι υπερκινητικότητας.
- Απώλειες και διαταραχές μνήμης.
- Διαταραχές ύπνου όπως χρόνια εξάντληση, αϋπνίες, υπνηλία καθώς και επίδραση στη φάση REM του ύπνου.
- Σύγχυση, στρες και αύξηση στην ευαισθησία ως προς το άγχος.

Οι πιο βαριές επιδράσεις σχετίζονται με ψυχιατρικά νοσήματα και περιλαμβάνουν:

- Κατάθλιψη.
- Κυκλοθυμία.
- Αγχώδης διαταραχή και κρίσεις πανικού.

και τα νευρολογικά νοσήματα όπως:

- Νόσος Αλτσχάιμερ (Alzheimer) – Άνοια.
- Επιληψία.
- Ημικρανία.
- Νόσος του Πάρκινσον (Parkinson).
- Πρωτογενείς εγκεφαλικοί όγκοι.

Επιπρόσθετα, θα αποτελούσε παράλειψη να μην τονίσουμε τις εγκεφαλικές βλάβες που μπορεί να δημιουργηθούν από την ακτινοβολία. Από αυτές, αξίζει να σημειωθεί η βλάβη των νευρικών κυκλωμάτων καθώς και αυτή του αιματοεγκεφαλικού φραγμού που έχουν ως αποτέλεσμα τον αποσυγχρονισμό της νευρωτικής δραστηριότητας που ρυθμίζει κρίσιμες λειτουργίες, το κλείσιμο των ενεργών καναλιών μεταφοράς ουσιών και την παγίδευση των βαρέων μετάλλων που αποτελούν παράγοντα πρόκλησης αυτισμού.

Στις μέρες μας διεξάγονται έρευνες πάνω στην επονομαζόμενη «τεχνητή αρρώστια», που αφορά πλήθος μικροπαθήσεων της καθημερινότητας. Το φαινόμενο της «αλλεργικής» αντίδρασης στις τεχνητές ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες αποκαλείται «ηλεκτροϋπερευαισθησία», έχει αναγνωριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και θεωρείται πιθανό να επηρεάσει τα επόμενα χρόνια σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί οι όροι «ασθένεια των μικροκυμάτων» για τα συμπτώματα των εργαζομένων κοντά σε ραδιοτηλεοπτικές κεραιές και ραντάρ και «γρίπη των γιάπηδων» για τη συμπτωματολογία των υπερεκτεθειμένων εταιρικών στελεχών στα κινητά τηλέφωνα και τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό γραφείου. Η χρόνια παραγωγή

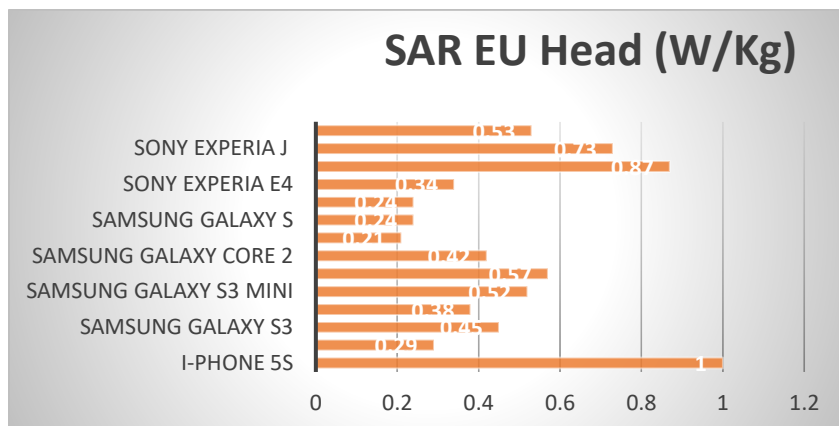
πρωτεϊνών του στρες, όπως συμβαίνει και εξαιτίας της συνεχούς έκθεσης σε πολλαπλές πηγές ακτινοβολίας. Το φαινόμενο της «μόλυνσης» του ηλεκτρικού δικτύου αποκαλείται «Βρώμικος Ηλεκτρισμός», έχει ήδη συνδεθεί με την ηλεκτροϋπερευαισθησία και οφείλεται στην εξάπλωση της χρήσης ηλεκτρονικών συσκευών μη γραμμικού φορτίου.

Από όλα τα παραπάνω είναι φανερό ότι ως χρήστες των ασύρματων συσκευών πρέπει να υιοθετήσουμε απλούς κανόνες προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Συγκεκριμένα πρέπει:

- Να απομακρύνουμε το κινητό τηλέφωνο από το κεφάλι μας κατά τη διάρκεια των κλήσεων, χρησιμοποιώντας ανοιχτή ακρόαση.
- Να μην έχουμε το κινητό τηλέφωνο στην τσέπη μας όταν μιλάμε με hands free.
- Να προτιμούμε τις σταθερές τηλεφωνικές γραμμές, ιδιαίτερα όταν κάνουμε κλήσεις μεγάλης διάρκειας.
- Να αποφεύγουμε τη χρήση του κινητού τηλεφώνου σε σημεία με κακό σήμα, όπου το τηλέφωνο εκπέμπει σε πλήρη ισχύ για να συνδεθεί.
- Να μοιράζουμε το χρόνο ομιλίας μας κρατώντας το κινητό τηλέφωνο και από τις δύο πλευρές του κεφαλιού.
- Να μην αφήνουμε το κινητό τηλέφωνο ανοιχτό δίπλα μας όταν κοιμόμαστε, αφού και σε λειτουργία «stand by» στέλνει σήμα κάθε λίγα λεπτά στην πλησιέστερη κεραία κινητής τηλεφωνίας.
- Να μην έχουμε συνεχώς ενεργοποιημένη την δυνατότητα κατεβάσματος δεδομένων μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, πάρα μόνο την ώρα που θέλουμε να περιηγηθούμε στο διαδίκτυο.

### Καταγραφή κινητών τηλεφώνων και εύρεση του SAR

Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζονται οι τιμές του SAR όλων των κινητών τηλεφώνων των μαθητών του τμήματος Β2 του σχολείου μας (σχολικό έτος 2015-2016). Υπενθυμίζουμε ότι σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία η τιμή του SAR δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1,2 W/kg.



**Σχήμα 3:** SAR κινητών τηλεφώνων μαθητών τμήματος

Ιδανική τιμή SAR για ένα κινητό τηλέφωνο θεωρείται έως το 0,4, μέτρια χαρακτηρίζεται η τιμή από 0,4 έως 0,7 και από 0,7 έως 1 θεωρείται υψηλή. Κινητά τηλέφωνα με ακτινοβολία SAR από 1 και πάνω καλό είναι να τα αποφεύγουμε. Δυστυχώς, η τιμή του SAR δεν είναι από τα πρώτα χαρακτηριστικά που εξετάζουν οι καταναλωτές όταν σκοπεύουν να αγοράσουν νέο κινητό, ενώ και οι περισσότερες εταιρίες αναγράφουν την ακτινοβολία SAR στα «ψιλά γράμματα» με τα χαρακτηριστικά των συσκευών τους.

Από την έρευνά μας διαπιστώσαμε ότι όλα τα κινητά τηλέφωνα των μαθητών συμμορφώνονται με τις οδηγίες έκθεσης που ορίζει η ελληνική νομοθεσία. Μικρότερες τιμές SAR έχουν τα τηλέφωνα της εταιρείας Samsung. Για παράδειγμα το Samsung Galaxy Grand Neo Plus έχει τιμή SAR 0,21 W/kg. Η μεγαλύτερη τιμή SAR που καταγράφηκε αφορούσε το μοντέλο iPhone 5S με τιμή 1 W/kg.

### Μετρήσεις εντός του σχολικού συγκροτήματος

Για την μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χρησιμοποιήσαμε τον ιστροπικό αισθητήρα ευρέος φάσματος M480836 της εταιρείας Extech Instruments (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ), έτσι ώστε να καταγραφεί οποιαδήποτε συνεισφορά στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο από κεραίες – πομπούς (κινητής τηλεφωνίας, ραδιοφωνικές, τηλεοπτικές, μικροκυματικές κλπ), οι οποίες εκπέμπουν στην περιοχή συχνοτήτων από 50 MHz έως 3,5 GHz και ενδεχομένως βρίσκονται εγκατεστημένες στην ευρύτερη περιοχή.

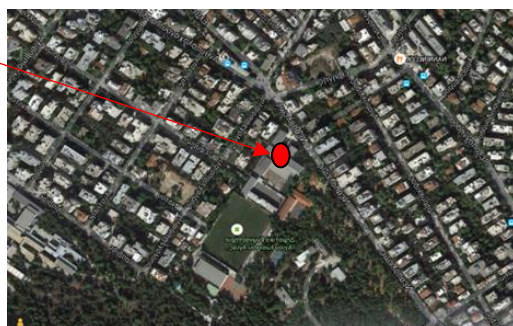


Σχήμα 4: Ισοτροπικός αισθητήρας M480836 Extech Instruments

Όταν βρισκόμαστε στο μακρινό πεδίο της κεραίας – πομπού το κύμα θεωρείται επίπεδο και αρκεί η μέτρηση της έντασης μόνο του ηλεκτρικού (E) ή του μαγνητικού (H) πεδίου. Αντίθετα στο κοντινό πεδίο είναι αναγκαία η μέτρηση της έντασης τόσο του ηλεκτρικού όσο και του μαγνητικού πεδίου. Στην παρούσα εργασία μετρήσαμε στο μακρινό πεδίο την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου με τον ισοτροπικό αισθητήρα σε λειτουργία MAX για να καταγράψουμε τη μέγιστη τιμή της έντασης (χειρότερο σενάριο). Η χρονική περίοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέγιστης τιμής της έντασης είναι αυτή των 6min. Το ύψος στο οποίο είχε τοποθετηθεί ο ισοτροπικός αισθητήρας ήταν περίπου στα 1,70 μέτρα από το δάπεδο. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα σημεία μέτρησης εντός του σχολικού συγκροτήματος και παρατίθεται ο Πίνακας 3 με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μετρήσεων, καθώς και το Σχήμα 13 στο οποίο παριστάνεται η μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E) ανά θέση. Στο εν λόγω σχήμα σημειώνεται με τη μορφή κόκκινης γραμμής η τιμή του αυστηρότερου ορίου για τη μετρούμενη φασματική περιοχή.

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 2 και 4 Δεκεμβρίου 2015 εντός του κτιρίου που στεγάζει το 1ο Γενικό Λύκειο Αγίας Παρασκευής, καθώς και στον προαύλιο χώρο του. Η εν λόγω σχολική μονάδα βρίσκεται επί της οδού Νεαπόλεως 5, στην περιοχή Άγιος Ιωάννης του Δήμου Αγίας Παρασκευής.

1ο ΓΕ.Λ. Αγίας  
Παρασκευής



Σχήμα 5: Χάρτης της περιοχής μέτρησης



Μέτρηση 1 (γραφείο καθηγητών αριστερά): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στη συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 301 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



**Σχήμα 6:** Φωτογραφία θέσης μέτρησης 1

Μέτρηση 2 (γραφείο καθηγητών δεξιά): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στη συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 31 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



**Σχήμα 7:** Φωτογραφία θέσης μέτρησης 2

Μέτρηση 3 (γραφείο Διευθυντή): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στη συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 23 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



**Σχήμα 8:** Φωτογραφία θέσης μέτρησης 3

Μέτρηση 4 (μέση του προαυλίου): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στη συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 54 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



**Σχήμα 9:** Φωτογραφία θέσης μέτρησης 4

Μέτρηση 5 (προαύλιο, δίπλα στο κυλικείο): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στη συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 66 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



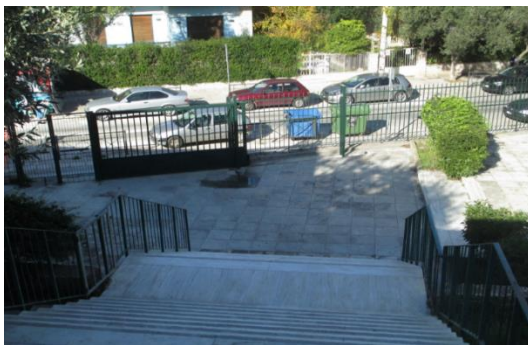
**Σχήμα 10:** Φωτογραφία θέσης μέτρησης 5

Μέτρηση 6 (εξώστης 1ου ορόφου): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στη συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 28 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.



**Σχήμα 11:** Φωτογραφία θέσης μέτρησης 6

Μέτρηση 7 (κύρια είσοδος): Η συνολική μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 50MHz-3,5GHz στην συγκεκριμένη θέση μετρήθηκε 26 φορές μικρότερη από το αυστηρότερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία.

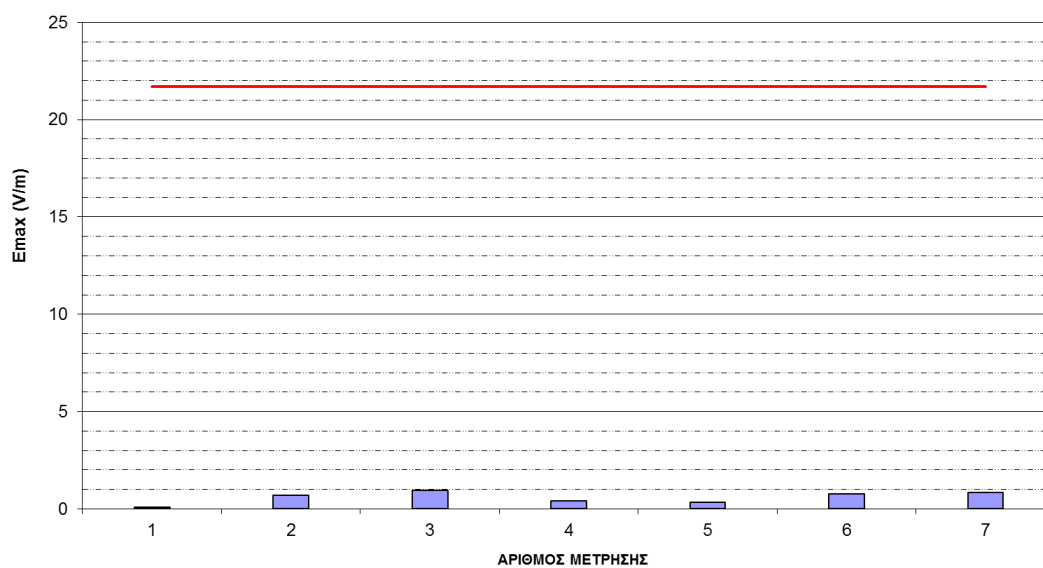




Σχήμα 12: Φωτογραφία θέσης μέτρησης 7

ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΑΥΣΤΗΡΟΤΕΡΟ ΟΡΙΟ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ E (V/m)	ΦΟΡΕΣ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΑΠΟ ΤΟ ΑΥΣΤΗΡΟΤΕΡΟ ΟΡΙΟ
Γραφείο καθηγητών (μπαίνοντας αριστερά)	0,072	21,700	301
Γραφείο καθηγητών (μπαίνοντας δεξιά)	0,700	21,700	31
Γραφείο Διευθυντή	0,943	21,700	23
Προαύλιο (μέσο)	0,400	21,700	54
Προαύλιο (κυλικείο)	0,330	21,700	66
Εξώστης 1ου ορόφου	0,762	21,700	28
Κύρια Είσοδος	0,850	21,700	26

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα όλων των μετρήσεων



Σχήμα 13: Τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E)



Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου  $E(V/m)$ , παρουσιάζει τιμές εντός των ορίων όπως αυτές καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία. Επομένως, δεν παρουσιάζεται υπέρβαση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού (μαθητών και εκπαιδευτικού προσωπικού) σε εκπομπές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

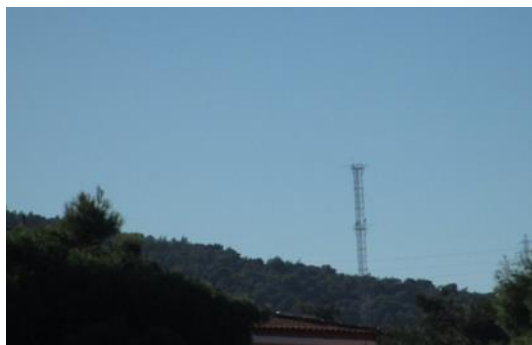
Οι πηγές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γύρω από το σχολείο είναι ορατές δια γυμνού οφθαλμού. Συγκεκριμένα:

1. Σε απόσταση περίπου 100 μέτρων και συγκεκριμένα στην ταράτσα κτιρίου στη συμβολή των οδών Ειρήνης και Αμαρυλλίδος, βρίσκονται τοποθετημένες κεραιές κινητής τηλεφωνίας της εταιρίας WIND, εντός αδιαφανούς πολυεστερικού καλύμματος κυλινδρικής διατομής (σχήμα 14).



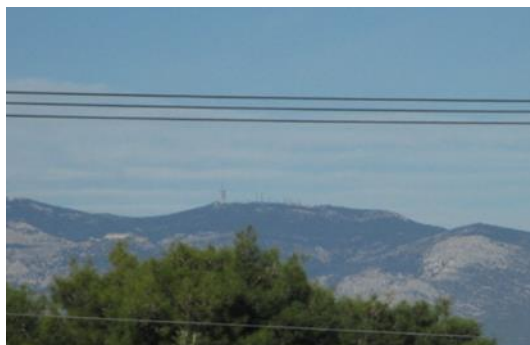
**Σχήμα 14:** Κεραία κινητής στη συμβολή των οδών Ειρήνης και Αμαρυλλίδος

2. Σε απόσταση περίπου 300 μέτρων και συγκεκριμένα προς την πλευρά του Υμηττού, βρίσκονται τοποθετημένες κεραιές και μικροκυματικά στοιχεία άγνωστου παρόχου επάνω σε ιστό (σχήμα 15).



**Σχήμα 15:** Κεραιές τοποθετημένες σε ιστό προς την πλευρά του Υμηττού

3. Στην Πάρνηθα, βρίσκονται τοποθετημένες κεραιές τηλεοπτικού σήματος, ραδιοφωνικού σήματος, μικροκυματικά στοιχεία, κεραιές κινητής τηλεφωνίας κλπ (σχήμα 16).



**Σχήμα 16:** Κεραιές στην Πάρνηθα

### Αποτελέσματα δημοσκοπικής έρευνας

Προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο η κοινή γνώμη είναι ευαισθητοποιημένη σε θέματα ακτινοπροστασίας, διενεργήσαμε μια δημοσκοπική έρευνα με τη χρήση ερωτηματολογίων. Η έρευνα διεξήχθη από την 1η Νοεμβρίου 2015 μέχρι και την 7η Νοεμβρίου 2015.

Από την επεξεργασία των 85 απαντημένων ερωτηματολογίων προέκυψε ότι επικρατεί σύγχυση γύρω από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και έλλειψη σωστής ενημέρωσης. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι περίπου το 60% αυτών που απάντησαν θεωρούν ότι το κινητό τηλέφωνο εκπέμπει ραδιενέργεια! Περίπου το 70% δεν γνωρίζει τι είναι το SAR, ενώ παράλληλα ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι ως ηλικία πρώτης χρήσης το 51,8% απάντησε μικρότερη των 14 ετών. Το 40% δήλωσε ότι είναι εθισμένο με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, το 49% δήλωσε ότι χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο πάνω από δύο ώρες ημερησίως, ενώ το 93% χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο για την είσοδο στο διαδίκτυο. Τέλος, το 90% πιστεύει ότι το κινητό τηλέφωνο βλάπτει την υγεία του.

### Βιβλιογραφικές Αναφορές

[1] Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Ανακοίνωση της Επιτροπής για την αρχή της προφύλαξης, COM (2000) 1, Βρυξέλλες 2.2.2000.

[2] Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, “Σύσταση του Συμβουλίου (1999/519/ΕΚ) της 12ης Ιουλίου 1999 περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz



— 300 GHz)”, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, αριθ. L 199 της 30/07/1999 σ. 0059 – 0070.

[3] Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, “Μετρήσεις της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας - Ένταση πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 100 kHz έως 1GHz”, ΕΛΟΤ EN 61566, 1999.

[4] Κ.Υ.Α. αριθ. 53571/3839/6-9-2000, “Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά”, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (Τεύχος Δεύτερο), Αριθ. Φύλλου 1105, 6 Σεπτεμβρίου 2000.

[5] Νόμος υπ’ αριθμόν 3431/2006, “Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις” Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (Τεύχος Πρώτο), Αριθ. Φύλλου 13, 3 Φεβρουαρίου 2006.

[6] Νόμος υπ’ αριθμόν 4070/2012, “Ρυθμίσεις Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών, Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και άλλες διατάξεις” Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας (Τεύχος Πρώτο), Αριθ. Φύλλου 82, 10 Απριλίου 2012.

[7] European Commission, “Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”

[8] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”,

[9] Health Physics, vol. 74, pp. 494-522, 1998. European Commission, “Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”

[10] World Health Organization, “Electromagnetic Fields and Public Health – Cautionary Policies”, WHO Backgrounder, 2000.

[11] R. Kitchen, RF Radiation Safety Handbook, Butterworth-Heinemann, 1994.

[12] World Health Organization, “Preamble to the Constitution of WHO as adopted by the International Health Conference”, New York, 19-22 June, 1946. Official Records of the World Health Organization, No. 2, 100.

[13] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, “Biological effects of pre-natal irradiation”, Annex C in United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Genetic and Somatic Effects of Ionising Radiation, UNSCEAR Report to the General Assembly with Scientific Annexes New York, United Nations, pp. 263-366, 1986.

[14] Independent Expert Group on Mobile Phones (<http://www.iegmp.org.uk>)

[15] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (<http://www.icnirp.org>)

[16] WHO International EMF Project (<http://www.who.int/peh-emf/en/>)

[17] Department of Health Mobile Telecommunications and Health (<http://www.dh.gov.uk/PolicyAndGuidance/HealthAndSocialCareTopics/>)

[18] Mobile Telecommunications and Health Research Programme (<https://www.gov.uk/government/organisations/public-health-england>)

Radio Transmitter Site Registers of GSMA

[19] (<http://www.gsmworld.com/health/networks/trans.shtml>)

- [20] Mobile Manufacturers Forum (<http://www.mmfai.org>)
- [21] Mobile Operators Association (<http://www.mobilemastinfo.com>)
- [22] Health Protection Agency (<http://www.hpa.org.uk/radiation>)
- [23] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων (<http://www.eett.gr>)
- [24] Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (<http://eeae.gr>)
- [25] <https://aktinobolia.wordpress.com/prostasia/sar/>
- [26] <http://www.aktinovia.com/health.htm>