



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Πληροφορική»

### Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Επίδραση της Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και Μοντέλο Προσομοίωσης Δικτύου Αισθητήρων
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Κωνσταντίνα Παλαιολόγου
Πατρώνυμο	Νικόλαος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ 08011
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης      Νοέμβριος 2010

---

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα  
Βαθμίδα

Επώνυμο

Όνομα  
Βαθμίδα

Επώνυμο

Όνομα  
Βαθμίδα

Επώνυμο

## Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελείται από δύο τμήματα, το θεωρητικό και το πειραματικό.

Στο πρώτο μέρος, το θεωρητικό, αρχικά παρατίθενται στοιχεία της θεωρίας των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και των ιδιοτήτων τους. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις φυσικές και τεχνητές πηγές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στα οποία όλοι είμαστε εκτεθειμένοι. Έπειτα, γίνεται εκτενής ανάλυση της ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης των χώρων από καλώδια υψηλής τάσης, των χώρων κατοικίας και γραφείου από τις ηλεκτρικές συσκευές, από ακτινοβολίες των κεραιών ραντάρ, από Walkie Talkies και ραδιοτηλέφωνα αυτοκινήτων, από κεραιές δορυφορικών επικοινωνιών και από την κινητή τηλεφωνία. Παρατίθεται ο οδηγός προστασίας-συνετής αποφυγής από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Τέλος, καταγράφεται η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και τους άλλους οργανισμούς μέσα από πειράματα και έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στο δεύτερο μέρος, το πειραματικό, η εργασία αυτή εξετάζει τη δυνατότητα κατασκευής συστήματος ελέγχου της επιβάρυνσης ενός κτιρίου από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σύστημα προσομοίωσης το οποίο χρησιμοποιεί εικονικούς αισθητήρες για να τροφοδοτήσει ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου. Η αντικατάσταση των εικονικών αισθητήρων με πραγματικούς θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

## Abstract

This project consists of two parts, a theoretical and a practical one.

In the first part, which is the theoretical one, we present elements of the theory of electromagnetic fields and their properties. Then, we refer to the natural and artificial sources of electromagnetic fields, which affect us. After that, we analyze in detail the electromagnetic pollution from high voltage cables, from electronic devices, radar antennas, walkie talkies, car phones, satellite communication antennas and mobile phone antennas. We also present a guide of protection and avoidance of electromagnetic fields. Finally, we record the effect of electromagnetic radiation to humans and other living species that have been identified by several global researchers.

In the second part, which is the practical one, this study examines the feasibility of developing a control system to check the degree of electromagnetic pollution of a building. In order to do so we designed and implemented a simulation of such a system which uses virtual sensors in order to feed a central control system with data. By replacing the virtual sensors with real ones, one could have an integrated electromagnetic radiation control system.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγό μου Τάσο Μαρκόπουλο για τη στήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια και τη συνολική του βοήθεια.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

Περίληψη .....	3
Abstract .....	3
Θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγό μου Τάσο Μαρκόπουλο για τη στήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια και την συνολική του βοήθεια. ....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	5
ΜΕΡΟΣ Α .....	7
Γενική Εισαγωγή .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	9
Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία .....	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ .....	10
1.3 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ .....	11
1.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ .....	12
1.5 Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ .....	12
Μονάδες και Φυσικά Μεγέθη .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	13
Όρια επικινδυνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας .....	13
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	14
2.3 ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ .....	16
2.4 ΠΗΓΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	16
2.5 ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ .....	17
2.6 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	18
Όρια επικινδυνότητας με βάση τις θερμικές μόνον επιδράσεις (30 KHz-300 GHz) .	18
2.7 ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ 50/60 Hz.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	21
Επιβάρυνση του περιβάλλοντος από μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες .....	21
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	22
3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	22
3.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ-ΓΡΑΦΕΙΟΥ .....	23
3.4 ΤΟ ΕΓΓΥΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΑΚΡΙΝΟ ΠΕΔΙΟ ΚΕΡΑΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ .....	24
3.5 ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΡΑΝΤΑΡ .....	24
3.6 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ WALKIE TALKIES ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΦΩΝΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ.....	25

3.7 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΕΡΑΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ .....	25
3.8 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΙΝΗΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ .....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	27
Προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία .....	27
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	28
4.2 ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ (ΣΥΝΕΤΗ ΑΠΟΦΥΓΗ).....	28
4.3 ΣΥΝΕΤΗ ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ ΚΑΙ ΤΟ ΓΡΑΦΕΙΟ .....	28
• ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	29
• ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ .....	29
• ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ .....	29
• Η ΠΟΛΙΤΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΤΗΣ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	31
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ .....	31
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	32
5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	32
5.3 ΟΡΙΑ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	33
5.4 ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....	34
5.5 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ .....	35
5.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	37
ΜΕΡΟΣ Β.....	38
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ .....	39
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	39
1.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	39
2.ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	41
3.ΚΛΑΣΕΙΣ.....	42
4.ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	45
5.XML.....	47
6.ΔΙΚΤΥΟ.....	48
7.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	50
8.ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	56
9.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	58
Παραπομπές .....	59
Βιβλιογραφία.....	60
Παράρτημα.....	63

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

## **ΜΕΡΟΣ Α**

## Γενική Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι όσο αυξάνουν οι δραστηριότητες των ανθρώπων αυξάνει και η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και οι επικοινωνίες και η χρήση της ραδιοηλεκτρονικής. Αυτό σημαίνει περισσότερη παραγωγή, περισσότερα δίκτυα και περισσότερα ηλεκτρικά μηχανήματα και συσκευές. Συνέπεια όλων αυτών είναι ότι το περιβάλλον του ανθρώπου έχει επιβαρυνθεί με ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.

Τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες ασχολούνται, ερευνούν και μελετούν ολοένα και περισσότερο την πιθανή δυσμενή επίδραση αυτών των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας τόσο στον ανθρώπινο οργανισμό όσο και στα ζώα.

Τέτοια ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία παράγονται από τις γραμμές μεταφοράς και διανομής των ηλεκτρικών δικτύων Υπερυψηλής και Υψηλής Τάσης, αλλά και από τα μέσης και χαμηλής τάσεως δίκτυα, όπως επίσης και από όλα τα καλώδια των βιομηχανικών και οικιακών εγκαταστάσεων και συσκευών που διαρρέονται από ρεύμα 50 ή 60 περιόδων. Έντονο είναι το ενδιαφέρον που έχει εκδηλωθεί στο διεθνή χώρο από την επιστημονική κοινότητα και από την κοινή γνώμη πολλών χωρών για την πιθανή επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία.



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία**

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ονομάζεται το είδος εκείνο της ενέργειας που μεταδίδεται με τη μορφή κυμάτων, δηλαδή τοπικών και χρονικών μεταβολών του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Τα Ηλεκτρομαγνητικά πεδία εμφανίζονται σε ένα ευρύ σύνολο συχνοτήτων (φάσμα), που διαιρείται σε περιοχές (ζώνες συχνοτήτων) ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής ή χρήσης τους.

## 1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

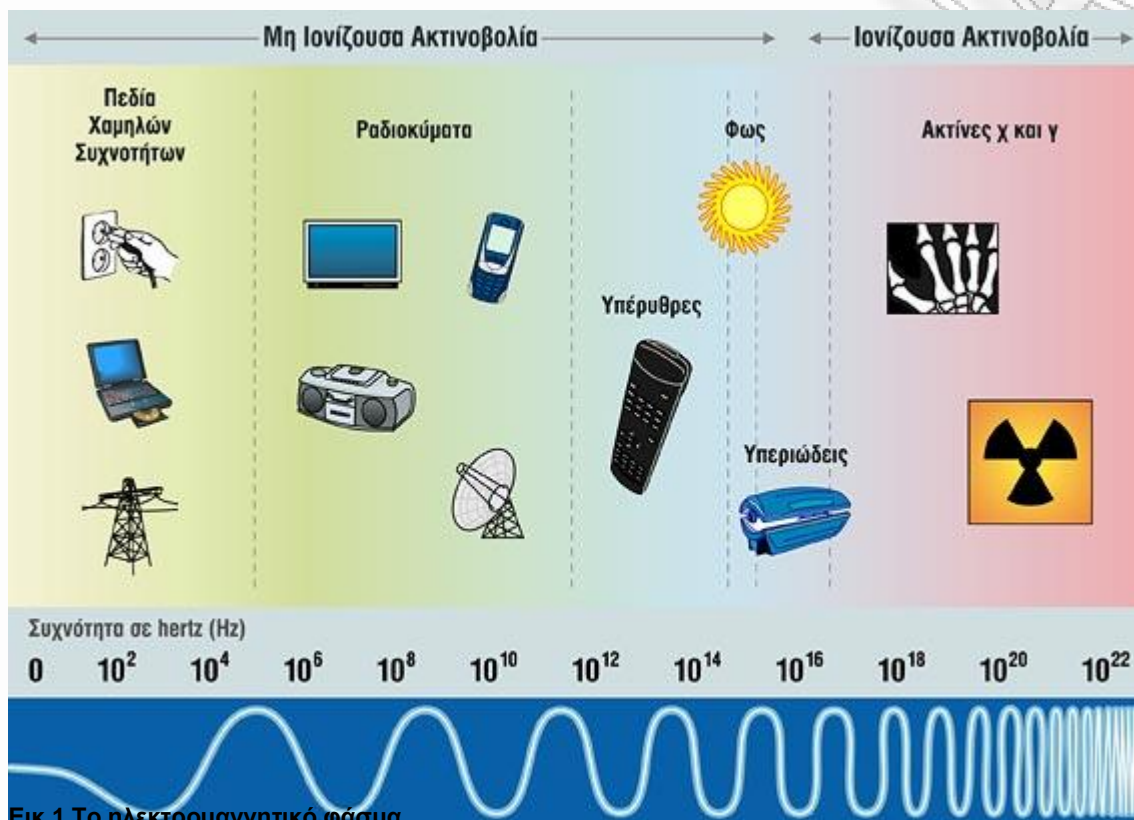
Το ηλεκτρικό πεδίο είναι χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία. Αντίστοιχα, το μαγνητικό πεδίο είναι χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα.

Από την άλλη, τα ηλεκτρικά πεδία παράγονται από ηλεκτρικά φορτισμένα αντικείμενα όπως είναι οι αγωγοί. Όταν αυξάνεται η τάση που εφαρμόζεται σε έναν αγωγό, τόσο αυξάνεται και το προκαλούμενο ηλεκτρικό πεδίο. Αλλάζοντας την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, το ηλεκτρικό πεδίο δε μεταβάλλεται.[2] Για το λόγο αυτό, όταν βρισκόμαστε κάτω από μια γραμμή μεταφοράς, π.χ. 400 kV το ηλεκτρικό πεδίο είναι το ίδιο, ανεξάρτητα από την ένταση του ρεύματος της γραμμής. Τα καλώδια ισχύος είναι θωρακισμένα με το εξωτερικό τους μεταλλικό περίβλημα, οπότε το ηλεκτρικό πεδίο γύρω από αυτά έχει μηδενική τιμή. Το ηλεκτρικό πεδίο επίσης εξασθενίζει όσο απομακρυνόμαστε από τους αγωγούς.

Η τήρηση κάποιας απόστασης από έναν αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος αποτελεί μέτρο προστασίας. Άλλο μέτρο που πρέπει να λαμβάνουμε είναι ο περιορισμός του χρόνου έκθεσης στα πεδία και η αποφυγή της μη αναγκαίας έκθεσης.

Κατά συνέπεια, τα μέτρα προφύλαξης από τα ηλεκτρικά πεδία είναι: θωράκιση των αγωγών και συντόμευση της χρονικής διάρκειας έκθεσης, ενώ τα μέτρα προφύλαξης από τα μαγνητικά πεδία είναι: συντόμευση της χρονικής διάρκειας έκθεσης και αύξηση της απόστασης από τους αγωγούς. Τα πιο πάνω μέτρα προφύλαξης πρέπει να είναι μέσα στα όρια που ορίζουν οι «Προσωρινές Κατευθυντήριες Γραμμές οι σχετικές με την έκθεση σε Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία» της IRPA/WHO. [3]

### 1.3 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Εικ.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Η περιοχή συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ακτινοβολίας είναι από 0 ως  $10^{22}$  Hz (Εικ. 1). Τις ακτινοβολίες αυτές μπορούμε να κατατάξουμε στις πιο κάτω κατηγορίες, κατά αύξουσα συχνότητα:

- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων
- Ραδιοκύματα
- Μικροκύματα
- Υπέρυθρη ακτινοβολία
- Ορατό φως
- Υπεριώδης ακτινοβολία
- Ακτίνες «Χ»
- Ακτίνες «γ»
- Κοσμική ακτινοβολία

Το μήκος κύματος δηλαδή η απόσταση που καλύπτεται από το πεδίο σε έναν κύκλο και η συχνότητα μιας ακτινοβολίας είναι μεγέθη αντίστροφης αναλογίας. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα και το αντίστροφο. Για παράδειγμα τα μήκη των ραδιοκυμάτων μετριοούνται σε m, των μικροκυμάτων σε cm και των ακτίνων «Χ» σε κλάσμα των mm. Στις εξαιρετικά χαμηλές συχνοότητες ανήκουν οι συχνοότητες 0-300 Hz. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι συχνοότητες 50 ως 60 Hz της ηλεκτρικής τάσης, ηλεκτρικής έντασης και των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται κατά την παραγωγή, μεταφορά, διανομή και χρήση ηλεκτρισμού.

## 1.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Οι ιδιότητες των πεδίων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έχουν σχέση με τη συχνότητα και το μήκος κύματός τους. Έτσι, στην άνω περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (στην οποία περιλαμβάνεται και μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας) η ενέργεια που ακτινοβολείται είναι ικανή να σπάσει τους δεσμούς των μορίων που συγκρατούν τα κύτταρα και να προκαλέσει γενετική βλάβη. Η ακτινοβολία των πεδίων αυτής της περιοχής λέγεται ιοντίζουσα.

Η ακτινοβολία των πεδίων της κάτω περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος λέγεται μη ιοντίζουσα. Άρα, η ακτινοβολία των πεδίων 50 Hz είναι μη ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η ένταση τέτοιων πεδίων μειώνεται σχεδόν εκθετικά, καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή σχηματισμού των πεδίων αυτών. Μερικά πεδία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπως τα μικροκύματα, αν και ανήκουν στις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες, μπορούν να παράγουν επαρκή ενέργεια και να θερμάνουν ένα αντικείμενο που εκτίθεται σε αυτά. Τα πεδία εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων δεν έχουν επαρκή ενέργεια ώστε να δημιουργήσουν θερμικό φαινόμενο.

## 1.5 Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που παράγεται από μια ηλεκτρική γραμμή ή συσκευή, μεταβάλλεται ως συνάρτηση της τάσης. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου της γραμμής αυτής είναι ανάλογη προς την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή. Τόσο η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, όσο και η ένταση του μαγνητικού πεδίου εξαρτώνται από τη γενικότερη ηλεκτρική και γεωμετρική κατασκευή. Σε απλές περιπτώσεις γεωμετρικής και ηλεκτρικής κατασκευής υπάρχει η δυνατότητα μαθηματικής ανάλυσης με την οποία μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της έντασης των πεδίων σε οποιαδήποτε απόσταση από τη γραμμή. Επίσης, έχουν κατασκευαστεί κατάλληλα όργανα για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Είναι δύσκολο, όμως, να καθορισθεί με βεβαιότητα η τιμή της έντασης ενός πεδίου, δεδομένου ότι υπεισέρχονται πολλές παράμετροι. [4]

### Μονάδες και Φυσικά Μεγέθη

Τα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν ένα ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο είναι:

1. Συχνότητα  $f$  –Hertz Hz
2. Ένταση  $I$ - Ampère A
3. Πυκνότητα έντασης  $J$  -Ampere ανά  $m^2$  ,  $A/m^2$
4. Ένταση του μαγνητικού πεδίου  $H$  –Ampere ανά  $m$  ,  $A/m$
5. Πυκνότητα μαγνητικής ροής  $B$ - Tesla T , $Wb/m^2$
6. Διαπερατότητα  $\mu$  - Henry ανά  $m$  ,  $H/m$
7. Τάση  $V$ - Volt V
8. Ένταση ηλεκτρικού πεδίου  $-kV/m$

Ένταση μαγνητικού πεδίου είναι η δύναμη με την οποία το πεδίο ενεργεί σε ένα στοιχείο ηλεκτρικού ρεύματος σε ορισμένο σημείο. Η πυκνότητα μαγνητικής ροής χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από ηλεκτρικό ρεύμα σε αγωγό. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου συνδέεται με την πυκνότητα της μαγνητικής ροής με βάση τον τύπο:  $B=\mu H$ .

Έτσι, το μαγνητικό πεδίο ορίζεται ως το διανυσματικό πεδίο της πυκνότητας της μαγνητικής ροής  $B$  . Η τιμή του  $\mu$  προσδιορίζεται από τις ιδιότητες του μέσου και για τα περισσότερα βιολογικά υλικά είναι ίση με το  $\mu_0$ , την τιμή της μαγνητικής διαπερατότητας του ελεύθερου χώρου.

Η μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού πεδίου είναι το  $kV/m$  και η μονάδα μέτρησης της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι το  $Ampere/m$  . Συνήθως, όμως, χρησιμοποιούμε ως έννοια την πυκνότητα μαγνητικής ροής η οποία μετρείται σε Gauss ή σε Tesla. ( $10.000 \text{ Gauss} = 1 \text{ Tesla}$ )

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Όρια επικινδυνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας**

## 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεταφέρει ενέργεια την οποία απορροφά ο ανθρώπινος οργανισμός. Πηγές αυτής της ακτινοβολίας υπάρχουν παντού στο περιβάλλον και διακρίνονται σε φυσικές και σε τεχνητές.

Ο άνθρωπος με εξαίρεση τον τελευταίο αιώνα εξελίχθηκε εκτεθειμένος μόνο σε φυσικές ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες όπως το μαγνητικό πεδίο της γης (το οποίο πολλοί οργανισμοί χρησιμοποιούν για τον προσανατολισμό τους), τα κύματα που παράγονται από τους κεραυνούς, την ηλιακή και άλλες κοσμικές ακτινοβολίες .

Το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον άρχισε να διαφοροποιείται όταν ξεκίνησε τη λειτουργία του το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 1881 στο Goldaming της Αγγλίας.

Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα αναπτύσσονται οι πρώτες κεραιές εκπομπής και λήψης ηλεκτρομαγνητικών σημάτων για την μετάδοση ήχου από απόσταση που σήμαναν την αρχή της ραδιοφωνίας. Τα επόμενα χρόνια, η ασύρματη μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων χρησιμοποιήθηκε για στρατιωτικούς σκοπούς (ραντάρ), για την μετάδοση τηλεοπτικού σήματος κ.α. Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών (κινητή τηλεφωνία κλπ) πρόσθεσε άλλη μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης.

## 2.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Η συχνότητα ορίζεται ως ο αριθμός των κυμάτων τα οποία διέρχονται από κάποιο σημείο μέσα σε ορισμένο χρόνο προς το χρόνο αυτό. Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hertz, το οποίο σημαίνει τον αριθμό των κυμάτων ή των κύκλων ή περιόδων ανά δευτερόλεπτο. Οι κύριες κατηγορίες ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι οι εξής:

- Ακτινοβολίες Χαμηλών Συχνοτήτων από όλες τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές ,τα καλώδια των οικιακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και του δικτύου της ΔΕΗ, τους μετασχηματιστές, τα τρένα και τα τρόλεϊ κ.α.
- Ακτινοβολίες Υψηλών Συχνοτήτων από τα κινητά τηλέφωνα και τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας, το ασύρματο ίντερνετ (WI-FI), τα φορητά τηλέφωνα και τις βάσεις τους (DECT), τις συσκευές bluetooth, τα συστήματα συναγερμού, τους φούρνους μικροκυμάτων, τις ασύρματες κονσόλες παιχνιδιών, τις κεραιές εκπομπής ραδιοτηλεοπτικών σημάτων, τα ραντάρ του στρατού, των αεροδρομίων και των λιμανιών, τα μετεωρολογικά ραντάρ, τους δορυφόρους, το σύστημα επικοινωνίας της αστυνομίας , την υπέρυθρη ακτινοβολία από τον ήλιο κ.α.
- Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες από τις ακτίνες Χ (ακτινογραφίες), την υπεριώδη και άλλες κοσμικές ακτινοβολίες, το αέριο ραδόνιο από διάφορα σημεία της γης, το ουράνιο που

χρησιμοποιείται στα εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας, ραδιενεργά υλικά που βρίσκονται σε διάφορα πετρώματα κ.α.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία οφείλονται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν, έχουν συχνότητα 50 Hz (Ευρώπη) ή 60 Hz (ΗΠΑ). Οι συνήθεις ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές ανήκουν στην κατηγορία των «πολύ υψηλών συχνοτήτων» βρίσκονται στην περιοχή  $0,5 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^9$  Hz. Η κατηγορία των πεδίων «εξαιρετικά υψηλών συχνοτήτων» καλύπτει την περιοχή  $1 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{18}$  Hz και περιλαμβάνει (κατά αύξουσα σειρά) τα μικροκύματα, την υπέρυθρη ακτινοβολία, την ορατή ακτινοβολία, την υπεριώδη ακτινοβολία, τις ακτίνες «Χ» και τις ακτίνες «γ».

Περιοχή συχνοτήτων	συχνότητα	Μήκος κύματος στον αέρα	Χαρακτηριστικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων
Εξαιρετικά χαμηλές συχνότητες	0-300Hz	>1000Km	Γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας, ακουστικές υποβρύχιες, επικοινωνίες
Ακουστική συχνότητα	0,3-3 kHz	1000- 100 Km	Φωνή, ακουστικές συχνότητες
Πολύ χαμηλές συχνότητες	3-30kHz	100- 10 Km	Πολύ μεγάλες περιοχές επικοινωνιών, ακουστικές συχνότητες
Χαμηλές συχνότητες	30-300kHz	10- 1 Km	Ραδιοεπικοινωνία ναυσιπλοΐας, επικοινωνίες ναυτικού, μεγάλων αποστάσεων, ηλιακή ακτινοβολία
Μεσαίες συχνότητες	0,3-3MHz	1-0,1 Km	Ραδιοεπικοινωνία ναυσιπλοΐας, επικοινωνίες ναυτικού, ερασιτεχνικοί ραδιοσταθμοί
Υψηλές συχνότητες	3-30MHz	100-10 m	Ζώνες πόλεων, ερασιτεχνικοί σταθμοί, διεθνείς επικοινωνίες, έλεγχος αεροπλοΐας
Πολύ υψηλές συχνότητες	30-300MHz	10-1 m	Αστυνομία, πυροσβεστική υπηρεσία, ερασιτεχνικοί σταθμοί FM VHF-TV, εξοπλισμός βιομηχανικών ραδιοσυχνοτήτων, έλεγχος ναυσιπλοΐας, αεροπλοΐας
Πάρα πολύ υψηλές συχνότητες	0,3-3GHz	1-0,1m	Επικοινωνία ταξί, αστυνομία, ΠΟΥ, ερασιτεχνικοί σταθμοί, φούρνοι μικροκυμάτων, ιατρική διαθερμία, βιομηχανικά μικροκύματα
Υπέρ-υψηλές συχνότητες	3-30GHz	10-1 cm	Επικοινωνία δορυφόρων, ραντάρ, ερασιτεχνικοί σταθμοί, ραντάρ πρόγνωσης καιρού, ραντάρ πολιτικής αεροπορίας

Εξαιρετικά υψηλές συχνότητες	30-300GHz	1-0,1 cm	Επικοινωνία δορυφόρων, ραντάρ ραδιοαυσιπλοίας, ραδιοφασματομετρία
Υπέρυθρη ακτινοβολία	300GHz-300THz	1m-100m	Εποπτεία, ηλεκτρονικός πόλεμος, διαδικασίες βιομηχανικής θέρμανσης

Πίνακας 1: Περιοχές χρησιμοποιούμενων συχνοτήτων και αντίστοιχες πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες) [5]

## 2.3 ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

### Φυσικές πηγές

Στη γη υπάρχει ένα στατικό ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ της ιονόσφαιρας και του εδάφους ή μεταξύ νεφών και του εδάφους, με αποτέλεσμα το ξέσπασμα κεραυνών στην περίπτωση καταιγίδων, ώστε όλο αυτό το ηλεκτρικό φορτίο που αποθηκεύεται στα νέφη να εκτονωθεί. Όταν ο καιρός είναι αίθριος, η ένταση αυτού του πεδίου κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα από 0,1 kV/m ως 0,5kV/m, ενώ στην περίπτωση καταιγίδων παίρνει σαφώς μεγαλύτερες τιμές από 3 kV/m ως 20 kV/m. Επιπλέον, στη γη υπάρχουν μόνιμα ηλεκτρικά πεδία λόγω των φορτίων που υπάρχουν. Όταν συμβαίνουν φυσικά φαινόμενα, όπως οι καταιγίδες και η ηλιακή δραστηριότητα, προκαλούνται διαταραχές των μόνιμων αυτών πεδίων. Άλλη μια φυσική πηγή ηλεκτρικού πεδίου αποτελούν τα ενδογενή ηλεκτρικά πεδία και ρεύματα που φέρουν οι ζωντανοί οργανισμοί και που παίζουν ρόλο στις λειτουργίες των ίδιων των οργανισμών όπως η νευρομυϊκή δραστηριότητα.

### Πηγές που δημιουργούνται από τον άνθρωπο- βιομηχανικές και οικιακές συσκευές και εγκαταστάσεις

Το περιβάλλον του ανθρώπου είναι φορτισμένο από πεδία τεχνητής προέλευσης. Αυτά προκύπτουν από την ευρύτατα διαδεδομένη χρήση του ηλεκτρισμού μιας και κάθε χρήση ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργεί ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Επομένως στο σύγχρονο τρόπο ζωής τα τεχνητά ηλεκτρικά πεδία υπάρχουν παντού γύρω μας και μας επηρεάζουν. Τα πεδία αυτά στις κατοικίες προέρχονται από όλες τις οικιακές συσκευές, όπως, ηλεκτρικές κουζίνες, ψυγεία, φωτιστικά, τηλεοράσεις. Βέβαια, τα αναπτυσσόμενα ηλεκτρικά πεδία έχουν συνήθως χαμηλή τιμή αφού η τάση των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών καθώς και των περισσότερων επαγγελματικών είναι επίσης χαμηλή.

## 2.4 ΠΗΓΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

### Φυσικές πηγές

Η Γη δημιουργεί μαγνητικό πεδίο λόγω των μετάλλων που υπάρχουν σε ρευστή κατάσταση στο εσωτερικό της. Το φυσικό μαγνητικό πεδίο αποτελείται από μια συνιστώσα που ξεκινά από τη γη, η οποία ενεργεί σαν μόνιμος μαγνήτης και μερικές μικρότερες χρονικά μεταβαλλόμενες συνιστώσες που έχουν σχέση με τη δραστηριότητα του ηλίου ή ατμοσφαιρικά συμβάντα. Η μαγνητική επαγωγή δηλαδή η ένταση του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια της γης εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος – την απόσταση του τόπου από τον Ισημερινό και κυμαίνεται από 31 μT ως 62 μT.



## **Πηγές που δημιουργούνται από τον άνθρωπο- βιομηχανικές και οικιακές συσκευές και εγκαταστάσεις**

Τα στατικά και τα χρονικά μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία που οφείλονται σε τεχνητές πηγές δημιουργούμενες από τον άνθρωπο έχουν γενικά υψηλότερες εντάσεις από τα φυσικά μαγνητικά πεδία. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για πηγές που λειτουργούν στις βιομηχανικές συχνότητες 50 ή 60 Hz όπου τα πεδία που εμφανίζονται είναι πολλές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερα από τα φυσικά μαγνητικά πεδία των ίδιων συχνοτήτων. Άλλες τεχνητές πηγές μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τον άνθρωπο βρίσκονται στον τομέα της έρευνας, στις διαδικασίες της ιατρικής και της βιομηχανίας και στον εξοπλισμό παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας.

### **2.5 ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**

Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μετά από σχετική εισήγηση της επιστημονικής επιτροπής καθοδήγησης επί διεπιστημονικών θεμάτων, υιοθέτησε τα όρια για την προστασία του κοινού της ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection - Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες), όπως αυτά παρουσιάστηκαν στις σχετικές κατευθυντήριες γραμμές της. Η ICNIRP είναι μια ανεξάρτητη επιστημονική οργάνωση, μεγάλου κύρους που ασχολείται με την προφύλαξη των ανθρώπων από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες (όπως είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας). Είναι επίσημα αναγνωρισμένη μη κυβερνητική οργάνωση από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, το Διεθνές Γραφείο Εργασίας και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Έχει ως μέλη διεθνώς αναγνωρισμένους επιστήμονες που καλύπτουν τις επιστημονικές περιοχές της ιατρικής, της βιολογίας, της επιδημιολογίας, της φυσικής και της μηχανικής.

Η ICNIRP, αφού εξέτασε το σύνολο των δημοσιευμένων ερευνών σχετικά με τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων, κατέληξε ότι οι μόνες επιδράσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την θέσπιση ορίων έκθεσης των ανθρώπων είναι αυτές που οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών από την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από το σώμα. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι οι δυσμενείς βιολογικές επιδράσεις προκύπτουν με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά 1°C. Η αύξηση αυτή γίνεται με την απορρόφηση ενέργειας από το ανθρώπινο σώμα με ρυθμό μεγαλύτερο από 4W/kg, δηλαδή για έναν άνθρωπο 80kg με ρυθμό 320W. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ενδεχομένως κάποιες ομάδες πληθυσμού να είναι πιο ευπαθείς και ότι η δεν αποκλείεται η έκθεση να λαμβάνει χώρα σε ήδη επιβαρημένους χώρους με αυξημένη θερμοκρασία ή υγρασία ή κατά την διάρκεια έντονης άσκησης, επέλεξαν έναν συντελεστή ασφαλείας 50 στη θέσπιση των ορίων έκθεσης του κοινού. Έτσι, προέκυψε ο βασικός περιορισμός για την έκθεση του κοινού σε 0,08W/kg, δηλαδή για έναν άνθρωπο 80kg το όριο του ρυθμού απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι 6,4W. Ταυτόχρονα, για να μην υπάρχουν περιοχές του σώματος στις οποίες να εμφανίζεται τοπικά υψηλή απορρόφηση ενέργειας προβλέπονται οι περιορισμοί και για τον μέγιστο τοπικό ρυθμό απορρόφησης σε 2W/kg για το κεφάλι και τον κορμό του σώματος και 4W/kg στα άκρα. Σε παρόμοια συμπεράσματα και όρια για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχουν καταλήξει και άλλοι διεθνείς επιστημονικοί φορείς, όπως το IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers – Ίδρυμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών) (ANSI-IEEE C 95.1-1991).

## 2.6 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η καθιέρωση ορίων επικινδυνότητας για τη μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τους πλέον σοβαρούς οργανισμούς είναι η απόδειξη της επιστημονικής κοινότητας για τις επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού από την έκθεση στην ακτινοβολία αυτή. Δεδομένου ότι κάθε δόση ακτινοβολίας, ιονίζουσας ή μη, δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής, όσο μικρή κι αν είναι μιλάμε για όρια επικινδυνότητας και όχι ασφαλείας .

Οι θερμικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι εκείνες που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που ακτινοβολούνται . Οι οποιοσδήποτε βλάβες οφείλονται στη θέρμανση των ιστών από την ακτινοβολία και την αδυναμία των θερμορυθμιστικών μηχανισμών των διάφορων ιστών να την αντιμετωπίσουν.

Όσοι δέχονται μόνο τις θερμικές επιδράσεις προτείνουν υψηλά όρια, ενώ εκείνοι που πιστεύουν και στις αθερμικές προτείνουν σαφώς μικρότερα όρια.

### **Όρια επικινδυνότητας με βάση τις θερμικές μόνον επιδράσεις (30 ΚHz-300 GHz)**

Ανάλογα με το βαθμό απορρόφησης από τους διάφορους ιστούς του σώματος εμφανίζονται οι επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία. Οι μηχανισμοί μεταφοράς ενέργειας από ένα κύμα σε ένα ζωνικό ιστό είναι: α. Διέγερση των ελευθέρων ηλεκτρονίων των ατόμων, β. Εξαναγκασμένη πόλωση των ατόμων και μορίων των ιστών από το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος, γ. Ευθυγράμμιση υπαρχόντων διπόλων ατόμων ή μορίων με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος. Το τελικό αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού.

Για τη μελέτη των επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στους ιστούς εισήχθη το μέγεθος Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης SAR (Specific Absorption Rate). Πρόκειται για το μέτρο της απορροφούμενης από τον οργανισμό ενέργειας και ορίζεται ως το ποσό της κυματικής ενέργειας που απορροφά η μονάδα μάζας ενός ιστού στη μονάδα του χρόνου. Είναι διαφορετικός για το κάθε είδος ιστού και εξαρτάται από τη συχνότητα του κύματος και τον προσανατολισμό του σώματος σε σχέση με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου του κύματος. [6]

Επομένως ο SAR ορίζεται σαν το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που απορροφά η μονάδα μάζας ενός ιστού στη μονάδα του χρόνου: δηλ. είναι το ποσό της H/M ισχύος που απορροφά η μονάδα μάζας ενός ιστού γι' αυτό εκφράζεται σε Watts/Kg<sup>3,9,11</sup> Θεωρητικές μελέτες και πειράματα σε ανθρώπους έδειξαν ότι ο SAR παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν ο μεγάλος άξονας του σώματος είναι παράλληλος προς την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και το μήκος (ύψος ανθρώπου) ίσο με τα 4/10 του μήκους κύματος της ακτινοβολίας.

Το σώμα μας απορροφά περισσότερο, ακριβώς τις συχνότητες που χρησιμοποιούμε στη ραδιοφωνία και την τηλεόραση. Μέγιστη απορρόφηση ανά είδος ιστού εμφανίζουν τα σημεία του σώματος όπως ο λαιμός, τα πόδια, οι αγκώνες και η κοιλιακή χώρα όπου ο SAR παίρνει τιμές πολύ μεγαλύτερες από το μέσο ολόκληρου του σώματος. Αυτό δείχνει ότι τα σημεία αυτά πρέπει να εκτίθενται όσο γίνεται λιγότερο στην κυματική ενέργεια.

Φυσικό Μέγεθος	Όρια ΕΕ (W/kg)	Ελληνικά όρια <sup>1</sup>	
		70% ορίων ΕΕ (W/kg)	60% ορίων ΕΕ (W/kg)
Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος	0,08	0,056	0,048
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό	2	1,4	1,2
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα	4	2,8	2,4

**Πίνακας 2: Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την απορροφούμενη ενέργεια στο σώμα ενός ανθρώπου που κατατάσσεται στο γενικό κοινό από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων (περιλαμβάνονται και οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας).**

Οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί του ανθρωπίνου σώματος «αντέχουν» μέχρι ένα ρυθμό απορρόφησης 4 W/Kg αποτρέποντας μέχρι το όριο αυτό οποιαδήποτε αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας του οργανισμού. Επιβάλλοντας και μια ανοχή, για λόγους «διπλής ασφάλειας», μιας τάξης μεγέθους (10 φορές πιο κάτω), το κριτήριο του καθορισμού ορίων επικινδυνότητας, με βάση τους θερμικούς μόνο μηχανισμούς, διαμορφώθηκε ως εξής:

Ο μέγιστος επιτρεπόμενος ρυθμός απορρόφησης κυματικής ενέργειας δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 0,4 W/Kg, αθροισόμενη κατά μέσο όρο μέσα σε οποιαδήποτε 6 λεπτά του εικοσιτετράωρου και για ολόσωμη έκθεση.

Το κριτήριο αυτό διαμορφώθηκε με την προϋπόθεση ότι οι εργαζόμενοι σε ηλεκτρομαγνητικά βεβαρημένους χώρους είναι ενήμεροι των κινδύνων, λαμβάνουν μέτρα ασφαλείας και εκτίθενται μόνο για ένα οκτάωρο. Επειδή ο γενικός πληθυσμός εκτίθεται σε εικοσιτετράωρη βάση και δεν είναι ενημερωμένος ώστε να λαμβάνει μέτρα ασφαλείας, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του ρυθμού απορρόφησης για το γενικό πληθυσμό ορίστηκε πέντε φορές μικρότερη δηλαδή 0,08 W/Kg.

Χαρακτηριστικά Έκθεσης	Όρια επικινδυνότητας ηλεκτρικού πεδίου E σε KV/m		Όρια επικινδυνότητας μαγνητικού πεδίου B	
	IPRA	Ευρωπαϊκή Ένωση	IPRA	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ				
8ωρη έκθεση	10	30	500μT	1600μT
Βραχεία έκθεση	30	-	5000μT	-
Για τα άκρα μόνο	-	-	25000μT	25000μT
ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ				
24 ωρη έκθεση	5	10	100μT	640μT
Λίγες ώρες μόνο	10	-	1000μT	
Για τα άκρα μόνο	-	-		25000μT

**Πίνακας 3: Σύγκριση ορίων επικινδυνότητας ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (30 KHz -300 GHz ) [5]**

Όλοι οι διεθνείς οργανισμοί που καθόρισαν τα όρια επικινδυνότητας για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συμφωνούν ότι η περιοχή συχνοτήτων από 1 MHz έως 1000MHz είναι η πλέον επικίνδυνη. Σε αυτήν την περιοχή συχνοτήτων λειτουργούν σήμερα η ραδιοφωνία, η τηλεόραση, η κινητή τηλεφωνία, πολλές βιομηχανικές και ιατρικές διατάξεις, ενώ και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, λόγω του μετασχηματιστή της υψηλής τάσης, εκπέμπει σε πολλαπλάσιες συχνότητες από την κύρια συχνότητα λειτουργίας του.

**2.7 ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ 50/60 Hz**

Πολλές χώρες δεν έχουν θεσπίσει κανονισμούς ή οδηγίες σχετικά με την έκθεση ανθρώπων σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία 50 Hz. Σε αυτές τις χώρες βρίσκουν εφαρμογή οι προσωρινές κατευθυντήριες γραμμές σχετικές με την έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία 50/60 Hz που έχει εκδώσει η IRPA(International Radiation Protection Association).

Για να προσεγγίσουμε τον κίνδυνο που διατρέχει η υγεία μας από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι ανάγκη να αναλύσουμε όλα τα διαθέσιμα στοιχεία που αφορούν στα φυσικά τους χαρακτηριστικά και τις βιολογικές επιδράσεις, τις χρησιμοποιούμενες πηγές, τις στάθμες έκθεσης και τον πληθυσμό, ο οποίος ενδεχομένως διατρέχει κάποιο κίνδυνο. Οι συντελεστές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στους κανονισμούς ασφαλείας της υγείας δεν εγγυώνται ασφάλεια, αλλά αντιπροσωπεύουν την προσπάθεια για αντιστάθμιση των αβεβαιοτήτων και της άγνοιας.

Όσον αφορά τα μη ιοντίζοντα μαγνητικά πεδία, οι κανονισμοί προστασίας της υγείας εφαρμόζονται στις χαρακτηριστικές παραμέτρους του ακτινοβολούντος πεδίου στο σημείο του χώρου όπου ένα άτομο μπορεί να βρεθεί ή να εκτεθεί. Σε αυτή την περίπτωση, τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως η ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας, η ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας, η ένταση του ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ορισμένων συχνοτήτων. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί επίσης να εφαρμοστούν οι ανταλλαγές ενέργειας μεταξύ ακτινοβολίας και ατόμου, τότε η ποσότητα που χρησιμοποιείται με πολλούς περιορισμούς θα είναι η ενέργεια ή η ισχύς που μεταφέρεται στους ιστούς ανά μονάδα μάζας.

Οι γενικές αρχές για την προστασία από τη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία διέπονται από ένα αξίωμα που βασίζεται στις ακόλουθες αρχές:

Η πρώτη αρχή είναι η συμμόρφωση προς τους κανονισμούς προστασίας της υγείας. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται επαρκής προστασία στους εργαζομένους που εκτίθενται για επαγγελματικούς λόγους, καθώς και στα υπόλοιπα άτομα, από βλάβες στην υγεία που θα μπορούσαν να προκληθούν από μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Η δεύτερη αρχή είναι ότι η συμμόρφωση προς τους κανονισμούς προστασίας είναι εγγυημένη, όσο είναι δυνατό, από την εξέλιξη και τη συμμόρφωση προς τους κανονισμούς κατασκευής και λειτουργίας συσκευών, οι οποίοι εφαρμόζονται κατά τη μελέτη και κατασκευή των συσκευών, οι οποίοι εφαρμόζονται κατά τη μελέτη και κατασκευή των συσκευών και μηχανημάτων εκπομπής μη ιοντίζουσών ακτινοβολιών. Δηλαδή, υπάρχει και μια ορισμένη ακτινοβολία με την οποία μπορούμε να κατασκευάζουμε μηχανήματα, που εκπέμπουν ακτινοβολία ορισμένου μεγέθους. Όταν η ασφάλεια δεν είναι εγγυημένη ικανοποιητικά από την κατασκευή λόγω των χαρακτηριστικών της συσκευής που εκπέμπει την ακτινοβολία ή λόγω της χρησιμοποίησής της πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα προστατευτικά μέτρα, ώστε να συμμορφώνονται προς τους βαθμούς προστασίας της υγείας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **Επιβάρυνση του περιβάλλοντος από μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες**

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στους σύγχρονους εσωτερικούς χώρους, τα όρια έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που έχουν θεσπίσει επιστημονικοί οργανισμοί για την αποφυγή προβλημάτων υγείας, πολύ συχνά ξεπερνιούνται και αυτό οφείλεται σε:

- κεραιές κινητής τηλεφωνίας που υπάρχουν πια σε κάθε αστική περιοχή
- κεραιές ασύρματου τηλεφώνου ή ίντερνετ (από αυτή που έχουμε στο σπίτι μας ή από γειτονικές κατοικίες)
- μη εμφανή προβλήματα στην ηλεκτρική καλωδίωση (φθαρμένη μόνωση, λάθος συνδέσεις κυκλωμάτων κ.α.)
- ηλεκτρικές συσκευές
- καλώδια μεταφοράς και διανομής της Δ.Ε.Η.

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται στοιχεία για την επιβάρυνση χώρων, εσωτερικών και εξωτερικών, από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προερχόμενη από διαφορετικές πηγές.

### 3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης 380 KV της ΔΕΗ αποτελείται από τους γνωστούς πυλώνες που συναντάμε στην εξοχή και στις μεγαλουπόλεις. Στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο πυλώνων, το ύψος των αγωγών από το έδαφος παίρνει τη μικρότερη τιμή του και οι πεδιακές εντάσεις  $E$  και  $B$  επί του εδάφους γίνονται μέγιστες.

Το ηλεκτρικό πεδίο στο έδαφος και στο μέσο της απόστασης των πυλώνων παίρνει τιμές από 4 KV/m μέχρι 30 KV/m ανάλογα με το ύψος των γραμμών από το έδαφος, τη στιγμιαία τιμή της τάσης και τη διάταξη των φάσεων. Οι τιμές αυτές είναι ίσες ή μεγαλύτερες από το όριο επικινδυνότητας των διεθνών οργανισμών. Σε απόσταση 50 μέτρων από τις γραμμές, το ηλεκτρικό πεδίο έχει αποσβεστεί σημαντικά, γίνεται όμως μικρότερο από το όριο ασφαλείας των 10 V/m μόνον πέρα των 200 m, για όλες τις περιπτώσεις.

Το μαγνητικό πεδίο στο έδαφος και στο μέσο μεταξύ των δύο πυλώνων κυμαίνεται μεταξύ 10 mG και 150 mG, ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που μεταφέρουν οι γραμμές, το ύψος τους από το έδαφος και τη διάταξη των φάσεων. Οι τιμές αυτές είναι πολύ μικρότερες από το όριο επικινδυνότητας και μεγαλύτερες από το όριο ασφαλείας των 2 mG. Στη βάση των πυλώνων το μαγνητικό πεδίο κυμαίνεται μεταξύ 6 και 60 mG. Η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου γίνεται μικρότερη από το όριο ασφαλείας των 2 mG πέρα από την απόσταση των 200 m, για κάθε περίπτωση.

Κάτω από τις γραμμές υψηλής τάσης της ΔΕΗ (380.000 V) και δίπλα τους, μέχρι την απόσταση των 30m περίπου, η έκθεση υπερβαίνει ή πλησιάζει πολύ τα όρια επικινδυνότητας. Ασφαλής μπορεί να θεωρηθεί μια απόσταση μεγαλύτερη των 200 m. [7]

#### **Μερικοί πρόσθετοι πιθανοί μηχανισμοί βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης**

A. Συσσώρευση κοσμικής ακτινοβολίας κατά μήκος των αγωγών υψηλής τάσης. Πρόκειται για σωματίδια κυρίως υφής και κάθε άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του δέχεται μια δόση «φυσικής ραδιενέργειας» ( Η μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καλύπτει τις



συχνοτήτες μέχρι και το ορατό φως. Από το υπεριώδες και μετά, η ακτινοβολία είναι ιοντίζουσα και είναι γνωστή ως ραδιενέργεια.) περίπου 50 mgem το χρόνο που οφείλεται:

- Σε ουρανούχα και φθοριούχα πετρώματα του φλοιού της γης.
- Σε σωματίδια εξαιρετικά μεγάλης ενέργειας, από και συγκρούσεις γαλαξιών που έγιναν πριν εκατομμύρια χρόνια και που ταξιδεύουν ακόμα στο σύμπαν.
- Σε κάθε είδους σωματίδια που εκπέμπει ο Ήλιος, που «προσφέρουν» στον άνθρωπο το 1/3 της ολικής φυσικής δόσης ραδιενέργειας. Η ακτινοβολία αυτή παίρνει τις μέγιστες τιμές της κατά τις εκλάμψεις του Ηλίου.

Β. Συσσώρευση καρκινογόνων ουσιών και ραδιενεργών στοιχείων γύρω από τις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης. Παρατηρούνται μεγάλες συγκεντρώσεις βενζολίου καθώς και ραδιενεργού πολωνίου και ραδονίου κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης.[8] Τα στοιχεία αυτά έλκονται με απλούς φυσικούς μηχανισμούς από τα μαγνητικά πεδία των γραμμών υψηλής τάσης και είναι αυτά υπεύθυνα για καρκινογένεσεις και όχι τα ίδια τα μαγνητικά πεδία.

Γ. Παράταση του χρόνου ζωής των ελεύθερων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες είναι χημικές ενώσεις ή τμήματα χημικών ενώσεων που φέρουν ένα ή περισσότερα μονήρη ηλεκτρόνια. Αυτές παράγονται ανά πάσα στιγμή στον ανθρώπινο οργανισμό. Είναι οξειδωτικές και χρησιμοποιούνται σε μια σειρά διεργασιών και κυρίως στην αντιμετώπιση εξωτερικών βλαβερών επιδράσεων. Το περίσσειμα των ελεύθερων ριζών καταστρέφεται με τους κατάλληλους μηχανισμούς του οργανισμού, διαφορετικά, η άσκοπη παρουσία τους μπορεί να αποβεί καταστροφική αφού προδιαθέτουν τον οργανισμό σε μια σειρά ασθενειών.[9]

### 3.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ-ΓΡΑΦΕΙΟΥ

Στις κατοικίες και τα γραφεία, τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία δημιουργούνται από ένα πολύ μεγάλο φάσμα συχνοτήτων, που εκτείνεται από τα 50 Hz (ηλεκτρικές συσκευές) μέχρι τη ζώνη των GHz (τηλεοράσεις και οθόνες υπολογιστών).

Στα σπίτια και σε σημεία που απέχουν περισσότερο από ένα μέτρο από ηλεκτρικές συσκευές, οι μετρήσεις [10] έδειξαν ότι το ηλεκτρικό πεδίο κυμαίνεται μεταξύ 1-8 V/m ενώ το μαγνητικό πεδίο μεταξύ 0,5 -1,5 mG, τιμές που είναι κάτω και από το όριο ασφαλείας. Σε επαφή με τους τοίχους μετρήθηκαν μεγαλύτερες τιμές λόγω των καλωδιώσεων και των πριζών, με μέγιστες τα 200 V/m για το ηλεκτρικό και 5 mG για το μαγνητικό και σε απόσταση λίγων μόνων εκατοστών γίνονται αμελητέες. Στα κρεβάτια που έχουν πρίζα δίπλα τους, οι τιμές του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου, στη θέση του μαξιλαριού, κυμαίνονται μεταξύ 3-6 V/m και 0,5-1 mG αντίστοιχα. Ο ύπνος μας είναι απόλυτα ασφαλής, αρκεί να μην υπάρχουν δίπλα μας άλλες ηλεκτρικές συσκευές όπως το ηλεκτρικό ξυπνητήρι που πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση ενός μέτρου.

Μια τυπική τηλεόραση ή οθόνη υπολογιστή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε τρεις περιοχές συχνοτήτων: α. πεδία συχνοτήτων που παράγονται από το μετασχηματιστή υψηλής τάσης 20000 στη συχνότητα 15-20 KHz, β. πεδία συχνοτήτων (ραδιοσυχνότητες) και γ. ραδιενέργεια από την οθόνη, ιοντίζουσας συχνότητας, η οποία τα τελευταία χρόνια είναι σχεδόν αμελητέα.

Οι ηλεκτρονικές διατάξεις που ενεργοποιούν την οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι όμοιες με εκείνες μιας συσκευής τηλεόρασης. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία ηλεκτρονικών υπολογιστών με διαφορετική θωράκιση. Η προσπάθεια των εταιρειών για θωράκιση οφείλεται στο ότι, ενώ για την περίπτωση της τηλεόρασης είναι εύκολο για τον τηλεθεατή με κατάλληλη τοποθέτηση της συσκευής και διαρρύθμιση των επίπλων να βρίσκεται πέρα από τη ζώνη επικινδυνότητας των 2 μέτρων, στον υπολογιστή αναγκαστικά ο χρήστης βρίσκεται σε απόσταση 30-50 εκατοστά από την οθόνη. Παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις τιμές της ακτινοβολίας ανάλογα με το βαθμό θωράκισης του κάθε μοντέλου. Ο χρήστης πρέπει να εργάζεται σε απόσταση μεγαλύτερη του μισού μέτρου. Οποιαδήποτε μετακίνηση της οθόνης ή καθαρισμός της πρέπει να γίνεται με κλειστή τη συσκευή, ενώ κανένας δεν πρέπει να βρίσκεται στο πίσω μέρος της οθόνης.

Σε επαφή με τις οικιακές συσκευές, οι τιμές του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου παίρνουν πολύ μεγάλες τιμές που ξεπερνούν και το όριο επικινδυνότητας. Στη συνήθη απόσταση του χρήστη από τις οικιακές συσκευές, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι

πολύ μικρότερα του ορίου επικινδυνότητας ακόμη και μικρότερα από το όριο ασφαλείας. Πεδία μεγαλύτερα από το όριο ασφαλείας στην απόσταση του χρήστη δημιουργούν μερικά μοντέλα των εξής συσκευών: πιστολάκια μαλλιών, ηλεκτρική ξυριστική μηχανή, μίξερ, ηλεκτρική κουζίνα, φούρνος μικροκυμάτων, ηλεκτρική σκούπα, ηλεκτρικά τρυπάνια, επιτραπέζιοι λαμπτήρες φθορισμού. Ειδικά για το φούρνο μικροκυμάτων πρέπει να προσθέσουμε ότι εκπέμπει και ραδιοκύματα. Είναι συνετό να τηρείται η απόσταση ασφαλείας του μισού μέτρου και επιπλέον να τοποθετείται σε ένα υψηλό ράφι ή τραπέζι, ώστε να προστατεύονται τα μικρά παιδιά που κολλούν το πρόσωπό τους στο τζάμι και κοιτάζουν το φαγητό που ψήνεται. Επισκευή τους δεν πρέπει να επιχειρείται.

### 3.4 ΤΟ ΕΓΓΥΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΑΚΡΙΝΟ ΠΕΔΙΟ ΚΕΡΑΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

Ο χώρος γύρω από μια κεραία εκπομπής ραδιοσυχνότητας χωρίζεται σε δύο περιοχές:

Περιοχή εγγύς πεδίου που εκτείνεται από την επιφάνεια της κεραίας μέχρι την απόσταση  $2D^2/\lambda$  όπου  $D$  η μεγαλύτερη διάσταση της κεραίας και  $\lambda$  το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Μέσα στην περιοχή αυτή ο προσανατολισμός του ηλεκτρικού πεδίου δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται σε κάθε σημείο και σε κάθε χρονική στιγμή. Συγκεκριμένα το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου περιστρέφεται πάνω σε ένα επίπεδο παράλληλο με τη διεύθυνση διάδοσης. Στην περιοχή του εγγύς πεδίου δεν υπάρχει ροή ενέργειας. Εφόσον ο προσανατολισμός αλλάζει διαρκώς, είναι δυσχερής ο προσδιορισμός του ρυθμού απορρόφησης της ακτινοβολίας από έναν ζωντανό οργανισμό που βρίσκεται μέσα σε αυτήν την περιοχή και συνεπώς ο καθορισμός των ορίων επικινδυνότητας.

Περιοχή μακρινού πεδίου που εκτείνεται πέρα από την απόσταση  $2D^2/\lambda$  μέχρι το άπειρο. Σε κάθε σημείο της περιοχής ο προσανατολισμός των  $E$  και  $B$  διατηρείται σταθερός, είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης και συνιστούν ένα επίπεδο κύμα.

### 3.5 ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΡΑΝΤΑΡ

Οι κεραίες των ραντάρ συλλογής πληροφοριών, των ραντάρ επιτήρησης στρατηγικών χώρων και καθοδήγησης πυραύλων εκπέμπουν ισχυρότατες δέσμες που μπορεί να είναι επικίνδυνες μέχρι και σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων .

Στα ραντάρ έρευνας, η πυκνότητα ισχύος υπολογίζεται με προσεγγιστικές μόνο μεθόδους σε αποστάσεις μικρότερες από 208 μέτρα από την κεραία και οι τιμές που προκύπτουν δεν μπορούν να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας όχι γιατί δεν εγκυμονούν κινδύνους, αλλά το αντίθετο. Πολύ περισσότερο, δηλαδή, δεν μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι επιτρέπεται να εκτίθεται κανείς στο εγγύς πεδίο κεραίας αφού δεν είναι γνωστό το πόσο επικίνδυνο είναι.

Τα ραντάρ επιτήρησης στρατηγικών χώρων εκπέμπουν ισχυρότατες δέσμες που μπορούν να αποτελούν κίνδυνο ακόμη και σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων. Τα χειρίζεται εξειδικευμένο προσωπικό, κάτω από αυστηρά μέτρα ασφαλείας και βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές, ώστε να μην επηρεάζεται ο γενικός πληθυσμός.

Τα ραντάρ πολιτικών αεροδρομίων προκαλούν αμελητέα γενική επιβάρυνση του περιβάλλοντος με τα τερματικά τους, αν ληφθούν υπόψη οι εξής πρόσθετοι παράγοντες:

A. Η κεραία του ραντάρ είναι εγκατεστημένη σε πύργο ύψους 33 μέτρων πάνω από το έδαφος,

B. Το κατακόρυφο διάγραμμα ακτινοβολίας έχει ελάχιστα τμήματα κάτω από το οριζόντιο επίπεδο δηλαδή η κεραία εκπέμπει οριζόντια.

Η πιθανότητα να βρεθούν μονάδες του γενικού πληθυσμού ή και εργαζόμενοι στη διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας της κεραίας είναι μόνο θεωρητική. Αν όμως συμβεί, θα γίνει σε ορεινές περιοχές και σε μεγάλες αποστάσεις, που η πυκνότητα ισχύος θα είναι ασήμαντη. Στα αεροδρόμια λειτουργεί εκτός του κυρίως ραντάρ και ένα πλήθος άλλων μικρότερων πομπών που δημιουργούν ένα ηλεκτρομαγνητικό υπόβαθρο που πρέπει να ερευνηθεί συστηματικά.

Τα ραντάρ καιρού και ναυσιπλοΐας δε δημιουργούν σημαντική επιβάρυνση στο περιβάλλον.



### **3.6 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ WALKIE TALKIES ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΦΩΝΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**

Τα Walkie-Talkies λειτουργούν στις συχνότητες 27,1 MHz, 150 MHz, 164,45 MHz, οι οποίες είναι πολύ επικίνδυνες. Οι πυκνότητες ισχύος που μετρήθηκαν είναι μεγάλες και πρέπει να προβληματίσουν σοβαρά τους χρήστες των συσκευών αυτών.

Οι κεραίες των ραδιοτηλεφώνων αυτοκινήτων (συνήθως ταξί) εκπέμπουν ισχύ από 4-100 watt σε συχνότητες από 27 μέχρι 164,45 MHz (πλέον επικίνδυνη περιοχή συχνοτήτων). Σε απόσταση λίγων μόλις εκατοστών από τους πομπούς αυτούς μετρήθηκαν μεγάλες πυκνότητες ισχύος.[10]

### **3.7 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΕΡΑΙΕΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ**

Η πυκνότητα ισχύος κατά τη διεύθυνση του κύριου λοβού μιας κεραίας δορυφορικών επικοινωνιών είναι μεγάλη, όμως επειδή έχει ουράνιο προσανατολισμό δεν μπορεί να επηρεάσει εργαζόμενους ή περιόικους στη διεύθυνση αυτή. Οι δορυφορικοί σταθμοί πρέπει να εγκαθίστανται μακριά από κατοικημένες περιοχές, το δε προσωπικό τους να λαμβάνει μέτρα προστασίας, αφού προηγηθεί η ηλεκτρομαγνητική χαρτογράφηση του χώρου με ειδικές μετρήσεις.

Οι κεραίες ραδιοφωνίας και τηλεόρασης συνήθως εγκαθίστανται στις κορυφές ακατοίκητων λόφων ή βουνών έξω από τις πόλεις (πάρκα κεραιών). Οι θεωρητικοί υπολογισμοί αλλά και οι μετρήσεις έδειξαν πως δεν αποτελούν κανένα κίνδυνο για το γενικό πληθυσμό αλλά ούτε για τους εργαζόμενους γιατί τοποθετούνται ψηλά και μακριά από σπίτια. Πομποί, αντίθετα, ραδιοφωνίας ή τηλεόρασεως μέσα στην πόλη πρέπει να απαγορευθούν, γιατί δημιουργούν μια ζώνη επικινδυνότητας δεκάδων ή εκατοντάδων μέτρων γύρω τους.[11]

### **3.8 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΙΝΗΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθιερώσει ένα κοινό πρότυπο, το GSM που είναι κυτταρικό-κυψελωτό επειδή, η γεωγραφική περιοχή που καλύπτει, διαιρείται σε μικρότερες περιοχές-κυψέλες που σχηματίζονται από τις κεραίες των σταθερών σταθμών βάσης οι οποίοι εγκαθίστανται συνήθως σε ταράτσες ψηλών κτιρίων. Η πυκνότητα και το μέγεθος των κυψελών εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή (εμπόδια), το εύρος της παραχωρημένης στο σύστημα περιοχής συχνοτήτων, αλλά, κυρίως, από την αναμενόμενη πυκνότητα τηλεφωνικών κλήσεων κάθε περιοχής, που καθορίζεται από τον αριθμό των χρηστών της σε συνδυασμό με τις τηλεφωνικές τους απαιτήσεις. Η ακτίνα της κυψέλης μπορεί να είναι μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα (μακροκυτταρική τηλεφωνία), μερικές δεκάδες χιλιόμετρα (κυτταρική), μερικές εκατοντάδες μέτρα (μικροκυτταρική) ή μόλις λίγα μέτρα (πικοκυτταρική τηλεφωνία).

Σήμερα, η κινητή τηλεφωνία είναι κυτταρική. Η θέση των σταθμών βάσης προσδιορίζεται και από την απαίτηση για οπτική μεταξύ τους επαφή, ώστε να είναι δυνατή η άμεση διασύνδεσή τους με μικροκυματικό κανάλι.

Η άδεια που παραχωρήθηκε από το ελληνικό δημόσιο στις εταιρείες για την εγκατάσταση του συστήματος GSM για την κινητή τηλεφωνία (Νόμοι 2075/92 και 2246/94) συνοδεύτηκε και από πολεοδομικές εγκυκλίους 32342/7-7-93, 33066/34/21-7-93 και 12690/12/30-3-94, σύμφωνα με τις οποίες:

Α. Για να διευκολυνθεί η οπτική επαφή μεταξύ των σταθμών βάσης :

α. εξαιρέθηκαν οι σταθμοί βάσης της κινητής τηλεφωνίας από την υποχρεωτική για ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς, ένταξή τους στα προβλεπόμενα πάρκα κεραιών,

β. επιτράπη η εγκατάστασή τους σε δάση, δασικές και αναδασωτές εκτάσεις και σε πυρήνες εθνικών δρυμών. Επίσης, σε εντός ή εκτός σχεδίου περιοχές ειδικής προστασίας (αρχαιολογικές, ιστορικές-παραδοσιακές) ύστερα από σύμφωνη γνώμη των αρμόδιων υπηρεσιών.

Β. Για να διευκολυνθούν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας στην εξεύρεση κατάλληλων θέσεων για την εγκατάσταση των σταθμών και κεραιών βάσης, ώστε να εξασφαλιστεί η σύμφωνη με τις προδιαγραφές ποιότητας τηλεφωνικής κάλυψης των διαφόρων περιοχών :

α. επιτράπη η δυνατότητα κατασκευής στεγάστρων μηχανημάτων και μεταλλικών βάσεων κεραιών στα δώματα ή και μέσα στα κτίρια και μάλιστα πάνω από το επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος,

β. εξαιρέθηκαν από το συντελεστή δόμησης τα στέγαστρα και οι βάσεις της κεραίας.

**ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΕΡΑΙΩΝ ΒΑΣΗΣ:** Οι τιμές πυκνότητας ισχύος είναι μέσα στα όρια επικινδυνότητας σε ό,τι αφορά σε αποστάσεις μικρότερες από 50 μέτρα από μια συνηθισμένη κεραία κινητής τηλεφωνίας. Η πιθανότητα να βρεθεί κάποιος κατά τη διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας σε τέτοιες αποστάσεις είναι εντελώς αμελητέα, συνεπώς ο κίνδυνος εκμηδενίζεται. Οι τιμές της πυκνότητας ισχύος είναι παντού μικρότερες από όλα τα όρια επικινδυνότητας στο έδαφος και για ένα μέσο ύψος κεραίας 25 μέτρα. Η επιβάρυνση του πληθυσμού από την ακτινοβολία των κεραιών βάσης είναι σχεδόν αμελητέα.[12][13]

**ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ:** Ενώ υπάρχει γενική παραδοχή από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα ότι η ακτινοβολία των κεραιών των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας έχει ασήμαντη επίδραση στην υγεία του ανθρώπου, υπάρχει διαφορά σε ό,τι αφορά στην ακτινοβολία των κινητών τηλεφωνικών συσκευών.

Η FCC (Federal Communications Commission), η FDA (Food and Drug Administration) και το EPA (Environmental Protection Agency) έχουν εδώ και αρκετά χρόνια ανακοινώσει ότι πρέπει να εφαρμόζονται τα ισχύοντα μέτρα προστασίας όπως αυτά έχουν καθοριστεί από την IRPA (International Radiation Protection Association) και έχουν συμπληρωθεί και από την οδηγία IEEE C95.1-1991 και προβλέπει τα εξής:

Α. Για ολόσωμη 24ωρη έκθεση 9γενικός πληθυσμός) καθορίζει ως όριο επικινδυνότητας τα  $0,6 \text{ mW/cm}^2$  και ως μέγιστο επιτρεπόμενό Ειδικό Ρυθμό Απορρόφησης τα  $0,8 \text{ W/Kg}$ .

Β. Αν η έκθεση είναι τοπική, επιτρέπονται υπερβάσεις των ορίων αν μπορεί να αποδειχθεί ότι ο Ειδικός Ρυθμός Απορρόφησης είναι μικρότερος από  $1,6 \text{ W/kg}$  για κάθε γραμμάριο οποιουδήποτε ιστού του κεφαλιού.

Γ. Πομποί συχνοτήτων 450-1500MHz θεωρούνται ασφαλείς αν η ισχύς εκπομπής τους είναι μικρότερη από  $1,4(450/f)$ , όπου  $f$  η συχνότητα MHz.

Στην προσπάθεια εκτίμησης του βαθμού επικινδυνότητας των φορητών τηλεφώνων έγιναν οι εξής επισημάνσεις:

1. Η ισχύς εκπομπής των φορητών τηλεφώνων του στην Ελλάδα είναι 2W.

2. Οι περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν το φορητό τηλέφωνο σε επαφή με το σώμα(αυτό).

Οι επισημάνσεις αυτές είναι οι πρώτες στην προσπάθεια εκτίμησης του βαθμού επικινδυνότητας των φορητών κυτταρικών τηλεφώνων. Ο θεωρητικός υπολογισμός της πυκνότητας ισχύος στο περιβάλλον του τηλεφώνου για ισχύ εκπομπής 2 W, που είναι πολύ μεγαλύτερες και από τα δυτικά όρια επικινδυνότητας. Η σύγκριση δεν είναι επιτρεπτή αφού τα όρια αυτά αφορούν σε ολόσωμη έκθεση, ενώ η ακτινοβολία του φορητού εντοπίζεται στο κεφάλι.

Η ισχύς εκπομπής των φορητών τηλεφώνων στην Ελλάδα πρέπει να μειωθεί καταρχήν στα  $0,5\text{W}$  με μελλοντική προοπτική στα  $0,25\text{W}$ . Μόνο με τη μείωση αυτή τα φορητά θα συμμορφωθούν προς τα δυτικά όρια επικινδυνότητας. [14]

**ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ:** Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα κινητά τηλέφωνα αυτοκινήτων που έχουν την κεραία τοποθετημένη στο εξωτερικό μέρος του αυτοκινήτου. Στην περίπτωση αυτή οι τιμές πυκνότητας ισχύος στο εσωτερικό του αυτοκινήτου είναι αισθητά μειωμένες σε σχέση με εκείνες των φορητών.[15]

Η επιτροπή Comar του IEEE σε συνεργασία με τον A.W.Guy του Πανεπιστημίου της Ουάσινγκτον εξέτασε τη χειρότερη δυνατή περίπτωση έκθεσης στην ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου αυτοκινήτου και είναι η περίπτωση ενός ατόμου έξω από ένα αυτοκίνητο με το κεφάλι του σε απόσταση 9 εκατοστών από κεραία ισχύος  $3,5 \text{ W}$  του αυτοκινήτου. Ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης είναι ο μισός του ορίου για έκθεση σε ακτινοβολία μεμονωμένου ιστού.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

## **Προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία**

#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι σίγουρο ότι η συζήτηση γύρω από την επικινδυνότητα της μη ιοντίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας θα συνεχιστεί για πολλά από τα επόμενα χρόνια αφού η επιστημονική κοινότητα δεν έχει ακόμα αποφανθεί οριστικά κατά πόσο η ακτινοβολία αυτή είναι επικίνδυνη. Το κοινό έχει τις εξής επιλογές: να περιμένει μέχρις ότου η επιστημονική κοινότητα να απαντήσει οριστικά και οι πολίτες να μην κάνουν τίποτα μέχρι τότε ή να υιοθετήσει από τώρα όλα τα επιβαλλόμενα μέτρα για το ενδεχόμενο που επιβεβαιωθεί η επικινδυνότητα. Το ερώτημα που προκύπτει για τον καταναλωτή είναι το τι πρέπει ο ίδιος να κάνει.

#### 4.2 ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ (ΣΥΝΕΤΗ ΑΠΟΦΥΓΗ)

Η πολιτική που κερδίζει συνεχώς έδαφος καθώς προχωρεί η ενημέρωση του κοινού, ονομάστηκε «συνετή αποφυγή» από τον καθηγητή Granger Morgan του πανεπιστημίου Carnegie Mellon και είναι ταυτόσημη με την πολιτική ALARA [16] και συμπυκνώνεται στις εξής προτάσεις:

- ü Α. Οι ενδείξεις επικινδυνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αρκετά σοβαρές ώστε να επιβάλλουν τη λήψη μέτρων, όχι όμως τόσο σοβαρές ώστε να επιβάλλουν την εγκατάλειψη της ηλεκτρικής ενέργειας ή τη ριζική αλλαγή της παραγωγής, διανομής και χρήσης της. Επίσης δεν επιβάλλουν την εγκατάλειψη του σημερινού συστήματος τηλεπικοινωνιών.
- ü Β. Ένα λογικό κόστος πρέπει να αναληφθεί για βελτιώσεις στο σύστημα παραγωγής, διανομής και χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και για βελτιώσεις στα συστήματα τηλεπικοινωνιών με στόχο τη μείωση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.
- ü Γ. Μέτρα μηδενικού ή ασήμαντου κόστους μπορούν και πρέπει να λαμβάνονται από τους ίδιους τους πολίτες για τη μείωση του χρόνου παραμονής τους σε μεγάλα πεδία.

#### 4.3 ΣΥΝΕΤΗ ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ ΚΑΙ ΤΟ ΓΡΑΦΕΙΟ

Σύμφωνα με την έκθεση της επιστημονικής επιτροπής του NCRP [17] οφείλουμε να προσέξουμε τα εξής:

1. Αν πρόκειται να αγοράσουμε σπίτι, φροντίζουμε να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 200 μέτρων από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης της ΔΕΗ. Την ίδια απόσταση πρέπει να έχουν σχολεία, νηπιαγωγεία και παιδικό σταθμοί.
2. Αν πρόκειται να χτίσουμε καινούριο σπίτι, τότε:
  - A. Τοποθετούμε τον πίνακα ηλεκτρικής εγκατάστασης στο πιο απρόσιτο και απομονωμένο σημείο του σπιτιού.
  - B. Αποφεύγουμε την εγκατάσταση θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις στο πάτωμα, το ταβάνι ή τους τοίχους.
  - Γ. Το κλασικό καλοριφέρ είναι ο ηλεκτρομαγνητικά «καθαρότερος» τρόπος θέρμανσης (μετά το τζάκι και τη σόμπα ξύλων).
3. Σκεφτόμαστε καλά αν πράγματι χρειαζόμαστε το φορητό κινητό τηλέφωνο και το χρησιμοποιούμε όσο γίνεται λιγότερο. Κάνουμε το ίδιο και με το πιστολάκι των μαλλιών.
4. Δεν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιούμε: ηλεκτρικές κουβέρτες, θερμαινόμενα στρώματα ύδατος, ηλεκτρική ξυριστική μηχανή, ηλεκτρική οδοντόβουρτσα, επιτραπέζιους λαμπτήρες φθορισμού, ούτε το ηλεκτρικό ξυπνητήρι.
5. Τα υπνοδωμάτια πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν λιγότερες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Τα κρεβάτια να τοποθετούνται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από τις εντελώς απαραίτητες ηλεκτρικές συσκευές.

6. Οφείλουμε να καθόμαστε σε απόσταση πάνω από μισό μέτρο από την οθόνη του υπολογιστή. Τοποθετούμε τον υπολογιστή έτσι, ώστε κανείς να μη βρίσκεται στο πίσω μέρος της οθόνης και σε απόσταση μικρότερη του ενός μέτρου. Καλό είναι να τηρούμε μια απόσταση πάνω από 2 μέτρα από την οθόνη των τηλεοράσεων. Μετακίνηση ή καθαρισμός τους πρέπει να γίνεται αφού τις κλείσουμε.

7. Στο καθιστικό τοποθετούμε τους καναπέδες ή τις πολυθρόνες μακριά από ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, από πρίζες και προπαντός από το σημείο εισόδου του καλωδίου παροχής ηλεκτρισμού.

8. Τοποθετούμε το φούρνο μικροκυμάτων σε ψηλό ράφι, μακριά από την πρόσβαση των παιδιών.

9. Χρησιμοποιούμε όσο γίνεται περισσότερο τις κλασικές σκούπες παρά τις ηλεκτρικές.

10. Αν στο χώρο εργασίας υπάρχουν πολλοί υπολογιστές, ζητάμε από τους υπεύθυνους

A. να τους αραιώσουν όσο γίνεται, ώστε να βρίσκονται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση μεταξύ τους,

B. να τοποθετηθούν οι υπολογιστές με τρόπο ώστε κανένας εργαζόμενος να μη βρίσκεται στο πίσω μέρος της οθόνης και σε απόσταση μικρότερη του ενός μέτρου.

Η πολιτική της συνετής αποφυγής των πεδίων μπορεί να εξειδικευτεί για κάθε επίσημο φορέα, έτσι ώστε να συμβάλλει και αυτός με τη σειρά του στο έργο της προστασίας των πολιτών από τις ενδεχόμενες ανεπιθύμητες επιδράσεις της ακτινοβολίας.

#### • ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι εταιρείες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας οφείλουν να εξετάσουν τις εξής εναλλακτικές προτάσεις:

A. Την απομάκρυνση των γραμμών υψηλής τάσης από κατοικημένες περιοχές.

B. Την αγορά των σπιτιών που βρίσκονται κοντά στις γραμμές αυτές και τη διαφορετική αξιοποίησή τους π.χ. ανέγερση αποθηκών ή άλλων εγκαταστάσεων.

Γ. Τη μεταφορά ρεύματος υψηλής τάσης με υπόγειους αγωγούς που εγγυάται δραστική μείωση των πεδίων.

Οφείλουν να θέσουν όρους και σε άλλους φορείς της Πολιτείας ώστε :

A. Να απαγορευτεί η έκδοση αδειών οικοδομών σε χώρους που απέχουν λιγότερο από 200 μέτρα από γραμμές υψηλής τάσης.

B. Στις προεκτάσεις των σχεδίων πόλεως να προβλεφτούν ανοιχτοί χώροι – σημεία εισόδου μελλοντικών γραμμών υψηλής τάσης, με στόχο να εξασφαλίσει τις καλύτερες δυνατές συνθήκες διαβίωσης για τους κατοίκους.

Επίσης, οι εταιρείες αυτές πρέπει να μελετήσουν την πλήρη αυτοματοποίηση ηλεκτρομαγνητικά βεβαρημένων χώρων στην παραγωγή ηλεκτρισμού ή στους υποσταθμούς, ώστε να μην είναι αναγκαία η παρουσία προσωπικού στους χώρους αυτούς. Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστούν τεχνικές ελέγχου εξ αποστάσεως.

#### • ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας οφείλουν να μειώσουν την ισχύ εκπομπής των φορητών. Επιπλέον, επειδή στην τηλεφωνία οι κεραιές βάσης θα βρίσκονται στην άμεση γειτονιά μας θα πρέπει οι σχεδιασμοί να γίνουν με την αρχή ότι «σε κάθε σημείο του χώρου όπου είναι πιθανόν να βρεθεί άνθρωπος η πυκνότητα ισχύος της εκπεμπόμενης από τις κεραιές βάσης ακτινοβολίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ». Αν αυτό οδηγήσει σε αύξηση του κόστους, το οικονομικό αυτό βάρος θα πρέπει να το αναλάβουν οι πολίτες εκείνοι που θα θελήσουν να αγοράσουν τις υπηρεσίες της κινητής τηλεφωνίας: κανένας πολίτης δεν είναι υποχρεωμένος να ακτινοβολείται επειδή ο γείτονας του επιθυμεί να απολαμβάνει κάποιες υπηρεσίες.

#### • ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Οι εταιρείες κατασκευής κοινών ηλεκτρικών οικιακών συσκευών έχουν τη δυνατότητα να διαθέσουν στην αγορά ασφαλέστερα προϊόντα προσανατολίζοντας την έρευνά τους σε τομείς

όπως: α. η ηλεκτρομαγνητική θωράκιση των ηλεκτρικών συσκευών, β. η χρησιμοποίηση διπλών αγωγών αντιθέτων ρευμάτων που τα μαγνητικά τους πεδία αλληλοεξουδετερώνονται, γ. η γενίκευση της χρήσης αυτόματων χρονοδιακοπών με ηχητικό σήμα διακοπής της λειτουργίας τους. Έτσι, καθένας θα πλησιάζει τη συσκευή σε συνθήκες πλήρους ασφάλειας, δ. άλλες πρωτότυπες ιδέες όπως η κατασκευή απλού κυκλώματος που φέρνει την τάση στην πρίζα μόνον όταν ανοίγει μια συσκευή.

- Η ΠΟΛΙΤΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΤΗΣ

Η υπεύθυνη Πολιτεία με κατάλληλη νομοθεσία και επίβλεψη πρέπει να υποχρεώσει τους εμπλεκόμενους φορείς και τις εταιρείες να λάβουν τα μέτρα που προαναφέρθηκαν. Επιπλέον, πρέπει να μελετηθούν και να εφαρμοστούν μέθοδοι στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και την ενεργειακή τροφοδοσία που να εγγυώνται ηλεκτρομαγνητικά καθαρότερα κτίρια. Πρέπει να γίνει σχεδιασμός συνετής αποφυγής των πεδίων:

1. Η αναδιάταξη των φάσεων και η μεταβολή της απόστασης των συρμάτων στις γραμμές υψηλής τάσης μπορεί να μειώσει τα πεδία αν σχεδιαστεί προσεκτικά ώστε να αποφευχθεί η συνακόλουθη αύξηση των εκκενώσεων.

2. Υπόγεια στρώση των γραμμών υψηλής τάσης με τους αγωγούς σε τριγωνική διάταξη μέσα σε μεταλλικό σωλήνα μειώνει σημαντικά τα πεδία.

3. Κύρια πηγή των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων είναι οι μετασχηματιστές και οι ελαιοδιακόπτες που πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία των κτιρίων μακριά από τους χώρους εργασίας. Στα πολύ μεγάλα κτίρια ο μεγάλος μετασχηματιστής πρέπει να τοποθετείται στο τελευταίο υπόγειο.

4. Οι κατακόρυφοι αγωγοί διανομής ηλεκτρισμού σε κάθε όροφο δεν πρέπει να περνάνε από τοίχους χώρων εργασίας.

5. Ο τέταρτος αγωγός, ο ουδέτερος, σε ένα τριφασικό σύστημα διανομής ρεύματος έχει μεγάλη σημασία στη μείωση των πεδίων όπως και οι καλές γειώσεις των κτιρίων.

6. Πρέπει να μελετηθούν οι συνέπειες που είχε η αντικατάσταση των παλαιών μεταλλικών σωλήνων καλωδιώσεων των κτιρίων από τους σημερινούς πλαστικούς. Ίσως οι παλαιοί να παρείχαν μεγαλύτερη μόνωση όσον αφορά στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

7. Σειρά κραμάτων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ηλεκτρομαγνητική μόνωση ιδιαίτερα επικίνδυνων διατάξεων.

8. Η διάταξη των επίπλων πρέπει να μπει στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων με στόχο τη μείωση της έκθεσης. Ο κύριος σύμμαχός μας είναι η ιδιότητα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων να «σβήνουν» πολύ γρήγορα με την απόσταση.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ**

## 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πατέρας του βιοηλεκτρομαγνητισμού πρέπει να θεωρηθεί ο Ιπποκράτης, που πρώτος επιχείρησε να θεραπεύσει περιπτώσεις καρκίνου με έκθεση στην ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ηλιοθεραπεία). Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, ο Luigi Galvani επιχείρησε να θεραπεύσει όγκους, ανευρίσματα και αιμορραγίες διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στους ιστούς.

Με τη γνωστοποίηση των εργασιών των Helmholtz, Kelvin και Hertz, οι πρώτοι ιατροφυσικοί άρχισαν να πειραματίζονται με εναλλασσόμενα ρεύματα. Εκείνη την εποχή, με πειράματα αυτεπαγωγής ή χωρητικής σύζευξης και για να μην έρχονται σε άμεση ηλεκτρική επαφή οι ιστοί των ασθενών με τα ρεύματα, αυτοί τοποθετούνταν σε πηνία για να τους γίνουν θεραπείες.[18]

Την ίδια εποχή, ο Tesla στην Αμερική πραγματοποιούσε ανάλογα πειράματα με υψίσυχνα ρεύματα. Οι αναζητήσεις για ευεργετικές επιδράσεις τους συνεχίστηκαν και από το 1926 οι χειρουργοί άρχισαν να χρησιμοποιούν τις ραδιοσυχνότητες στις εγχειρήσεις ευαίσθητων οργάνων όπως ο εγκέφαλος.

Οι ανησυχίες για πιθανές ανεπιθύμητες επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δημιουργήθηκαν πριν το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο με την ανακάλυψη του ραντάρ, που λειτουργεί στη μικροκυματική περιοχή συχνοτήτων (GHz) και εκπέμπει ισχυρές κατευθυντικές δέσμες. Τα συνεχώς αυξανόμενα κρούσματα ασθενειών σε χώρους κυρίως τηλεπικοινωνιών ανάγκασαν τους επιστήμονες να ξεκινήσουν τη συστηματική μελέτη των βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με αποτέλεσμα το σημερινό τεράστιο όγκο εργασιών στο θέμα αυτό.

## 5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) και η μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ), που εκπέμπεται από αυτά, (συχνότητες μέχρι  $3 \cdot 10^{11}$  Hz που είναι το κάτω όριο της υπέρυθρης ακτινοβολίας), μέχρι μερικές δεκαετίες πριν, θεωρούνταν ακίνδυνα για τους ζωντανούς οργανισμούς. Όπως δηλώνει και η ονομασία της, η ακτινοβολία αυτή δεν προκαλεί ιονισμό όταν απορροφάται από την ύλη. Όμως το ίδιο ακίνδυνη πιστεύαμε ότι είναι και η ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατά την ανακάλυψη της στα τέλη του προπερασμένου αιώνα. Μάλιστα κάποιοι πρωτοπόροι επιστήμονες στην ανακάλυψη των ραδιενεργών ακτινοβολιών προσβλήθηκαν πολύ σύντομα από καρκίνο και πέθαναν.

Οι άμεσες βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων της μη ιοντίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι σε κάθε περίπτωση πολύ ηπιότερες από τις αντίστοιχες της ιοντίζουσας. Αυτός είναι και ο λόγος που οι επιπτώσεις της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας, η "ηλεκτρομαγνητική ρύπανση", όπως πλέον αποκαλείται ευρίσκονται υπό εντατική διερεύνηση τις τελευταίες δεκαετίες. Οι ακτινοβολίες αυτές περιλαμβάνουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία προερχόμενα από γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, (κυρίως εκείνες που μεταφέρουν υψηλή τάση), κεραιές ραδιοτηλεοπτικών σταθμών, κινητής τηλεφωνίας, RADAR, κ.λ.π. , αλλά και από οικιακές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που συχνά χρησιμοποιούνται σε επαφή ή σε μικρή απόσταση με τον ανθρώπινο εγκέφαλο και το ανθρώπινο σώμα εν γένει, (ασύρματα τηλέφωνα, οθόνες τηλεοράσεων και υπολογιστών, φούρνοι μικροκυμάτων, κ.λ.π.).

Τα προϊόντα της τεχνολογίας συμβάλλουν καθοριστικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου. Η κατασκευή και η χρήση τους όμως, πρέπει να πληροί αυστηρές προϋποθέσεις, ώστε να μην προκαλούνται ανεπιθύμητες επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον.

Πώς, όμως, γίνεται η μη-ιοντίζουσα ακτινοβολία από τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, ενώ έχει μικρότερη συχνότητα από το φυσικό-ορατό φως να προκαλεί βιολογικά φαινόμενα που δεν μπορεί να προκαλέσει το φυσικό φως; Το ερώτημα, όμως, αυτό δεν έχει υπόσταση αφού τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε αντίθεση με το φυσικό φως δεν διαδίδονται με μορφή φωτονίων.



Το φυσικό φως δεν είναι πολωμένο, δεν μπορεί να εμφανίζει φαινόμενα συμβολής, ούτε να προκαλέσει συντονισμό σε παλλόμενα ηλεκτρικά φορτία και εκπέμπεται ασυνεχώς υπό μορφή κυματοπακέτων-φωτονίων. Αντίθετα, τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από ηλεκτρικά κυκλώματα, μπορούν να εκπέμπονται συνεχώς και έχουν συγκεκριμένη πόλωση οπότε και μπορούν να προκαλούν φαινόμενα συμβολής, αλλά και να επάγουν εξαναγκασμένες ταλαντώσεις σε ελεύθερα ηλεκτρικά φορτία, όπως τα ελεύθερα ιόντα που βρίσκονται κατά μεγάλες συγκεντρώσεις στα κύτταρα παίζοντας καθοριστικό ρόλο στις βιολογικές διαδικασίες.

Τις τελευταίες 2 - 3 δεκαετίες συσσωρεύονται πάρα πολλά δεδομένα για βλαπτικές επιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς των ΗΜΠ γενικά, αλλά και ειδικά της μη-ιοντίζουσας ακτινοβολίας ραδιοφωνικών (RF) και μικροκυματικών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας στην κινητή τηλεφωνία.

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει συνεχής-έντονη διεθνής ανησυχία για τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προέρχεται από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας και από τα κινητά τηλέφωνα, στην υγεία του ανθρώπου. Έχει μάλιστα διατυπωθεί η άποψη ότι η μαζική έκθεση εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο τα τελευταία χρόνια στα πεδία της κινητής τηλεφωνίας αποτελεί το μεγαλύτερο βιολογικό πείραμα που έχει ποτέ πραγματοποιηθεί.

### 5.3 ΟΡΙΑ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Τα «όρια αποδεκτής έκθεσης» που έχουν υιοθετήσει όλοι οι μεγάλοι διεθνείς οργανισμοί λαμβάνουν υπ' όψιν τους μόνον τις θερμικές επιδράσεις, (αυτές που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση θερμοκρασίας του εκτιθέμενου οργανισμού), παρά το γεγονός ότι οι μηχανισμοί με τους οποίους δρουν οι μη-ιοντίζουσες ακτινοβολίες και τα ασθενή ηλεκτρομαγνητικά πεδία, στα κύτταρα, δεν είναι ακόμη σαφείς.

Όμως είναι, πλέον, αποδεδειγμένο ότι το μεγάλο πλήθος των βιολογικών επιδράσεων από τα ΗΜΠ της ανθρώπινης τεχνολογίας στις συνήθεις τιμές έντασης που δέχεται ο μέσος άνθρωπος, είναι μη-θερμικά φαινόμενα, δε συνοδεύονται δηλαδή από αύξηση θερμοκρασίας του εκτιθέμενου οργανισμού, [Velizarov et al, 1999], [Hyland, 2000], [Salford et al, 2003], [Παναγόπουλος- Μαργαρίτης, 2003], [Panagoroylos et al, 2004].

Πολλά εργαστήρια ερευνούν επί δεκαετίες τις βιολογικές επιπτώσεις των ακτινοβολιών και ασχολούνται με τις αλλοιώσεις σε κύτταρα και σε πειραματόζωα μετά από έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κινητής τηλεφωνίας σε πραγματικές συνθήκες χρήσης κινητού τηλεφώνου. Έχουν επισημάνει τους κινδύνους που συνεπάγεται η μακρά χρήση κινητού τηλεφώνου καθώς και τους κινδύνους από τη διαμονή κατοίκων πλησίον κεραιών βάσης κινητής τηλεφωνίας.

Οι τιμές έντασης ακτινοβολίας που έχουν καταμετρηθεί σε χώρους διαβίωσης οικιών κοντά σε κεραιές βάσης κινητής τηλεφωνίας, αν και βρίσκονται εντός των ορίων της Πολιτείας, εν τούτοις θεωρείται ότι είναι δυνητικά επικίνδυνες για την υγεία των κατοίκων που δέχονται την ακτινοβολία αυτή μέχρι και 24 ώρες το 24ωρο. Άλλωστε οι μελέτες για μακροπρόθεσμη βλάβη στην υγεία μέχρι και την πρόκληση όγκων έχουν τεκμηριωθεί επιδημιολογικά. Οι άμεσες επιπτώσεις με τη μορφή πονοκεφάλων, έλλειψης συγκέντρωσης, αϋπνίες, μείωση ανοσοποιητικού κ.λ.π., αποτελούν καθημερινά συμπτώματα σε όσους μένουν κοντά σε κεραιές.

Αν και οι εν λόγω τιμές είναι εντός των ορίων που ακολουθεί η Ελλάδα σύμφωνα και με τον νόμο 3431/2006, εν τούτοις βρίσκονται επάνω από τα αυστηρότερα όρια που ισχύουν σε άλλες χώρες όπως προαναφέρθηκε, και ιδιαίτερα στην πρώην Σοβιετική Ένωση όπου οι βιολογικές επιδράσεις των Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων και τα μη-θερμικά φαινόμενα ήταν ήδη υπό διερεύνηση αρκετές δεκαετίες πριν αρχίσει η σχετική έρευνα στη Δύση. Το αντίστοιχο όριο που είχε θεσπιστεί, είναι  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (περίπου 0,4 βολτ/μέτρο) [Λιολιούσης, 1997]. Το όριο αυτό που είχε θεσπιστεί στην πρώην Σοβιετική Ένωση, λάμβανε υπ' όψιν και τις μη-θερμικές επιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς. Το αντίστοιχο όριο που ισχύει σήμερα στη Ρωσία είναι  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , (περίπου 3 βολτ/μέτρο) [19], ενώ παρόμοια είναι τα όρια που ισχύουν στην Αυστρία, στη Νέα Ζηλανδία, στην Ιταλία στην Κίνα και πρόσφατα στη Γαλλία αλλά και στο Βέλγιο (3 βολτ/μέτρο με απώτερο στόχο την τιμή 0,6 βολτ/μέτρο - απόφαση βελγικού κοινοβουλίου 16 Φεβρουαρίου 2007).

Συνεπώς είναι σαφές ότι αν και οι εντάσεις ακτινοβολίας που καταμετρούνται είναι εντός των ορίων που ισχύουν στη χώρα μας, όμως είναι πάνω από τα όρια άλλων χωρών, που στηρίζονται σε ολοένα αυξανόμενες επιδημιολογικές και πειραματικές μελέτες.

#### 5.4 ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Υπάρχει πλήθος επιστημονικών - πειραματικών μελετών, δημοσιευμένων σε έγκυρα διεθνή επιστημονικά έντυπα, που καταδεικνύουν σοβαρές μη-θερμικές βιολογικές επιδράσεις, με επίπεδα έκθεσης εντός των ισχυόντων (δυτικών) «ορίων αποδεκτής έκθεσης», ή λίγο πάνω από τα όρια αυτά, όπως αλλαγή συμπεριφοράς, (ως προς την λήψη τροφής και την κινητικότητα), καθώς και φαινόμενα συνέργειας με ψυχοφάρμακα, (αμφεταμίνες - δηλαδή διαφορετικές αντιδράσεις για την ίδια δόση φαρμάκου), σε ποντικούς, [Gandhi, 1982], μείωση της συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου σε εγκεφαλικά κύτταρα κοτόπουλων, [Bawin et al, 1978], αυξημένο ποσοστό μονοκλωνικών και δικλωνικών θραύσεων DNA, σε εγκεφαλικά κύτταρα αρουραίων, μετά από 1η νόο ακτινοβολία διάρκειας 2h, με συχνότητα 2450 MHz και μέση πυκνότητα ισχύος  $2 \text{ mW/cm}^2$ , [Lai and Singh, 1995, 1996], επίσης θραύσεις του DNA παρατηρήθηκαν σε ανθρώπινους ινοβλάστες μετά από διακοπτόμενη έκθεση 16h σε RF πεδίο συχνότητας 1800 MHz με τιμή SAR 1.2 ή 2 W/kg., [Diem et al, 2005], ενώ σε ολόκληρους οργανισμούς έχουν βρεθεί επίσης επιδράσεις όπως μείωση κατά 30-60% της αναπαραγωγικής ικανότητας εντόμων, [Μαργαρίτης, Παναγόπουλος, 2000], [Panagopoulos -Margaritis 2003], Panagopoulos, 2004], καθώς και πρόκληση κυτταρικού θανάτου σε προβιτελλογενετικά και βιτελλογενετικά στάδια ωοθυλακίων εντόμων, [Panagopoulos et al, 2006].

Άλλες επιδράσεις αφορούν σε αλλοιώσεις στη μορφή ανθρώπινων ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων κατά τη διάρκεια συνομιλίας σε κινητό τηλέφωνο, (Kraus et al, 2000), αυξημένη θνησιμότητα, καθυστέρηση ανάπτυξης και μορφολογικές αλλοιώσεις σε γονιμοποιημένα αυγά πουλιών, μετά από έκθεση σε RF πεδία χαμηλών εντάσεων και διαφόρων συχνοτήτων  $10^8 - 10^{10} \text{ Hz}$ , [Xenos and Margas, 2003], μείωση 50-60%, στον αριθμό γεννήσεων αρουραίων, μετά από έκθεση λίγων ημερών κατά τη διάρκεια της εμβρυογένεσης - οργανογένεσης, σε RF πεδίο 9.3 (3Hz, έντασης  $5 \text{ Mw/cm}^2$ , (στην περίπτωση αυτή η ένταση ήταν 5 φορές πάνω από τα όρια), [Xenos and Margas, 2003]. Παρατεταμένη χρήση των κινητών τηλεφώνων, (περισσότερο από 25λεπτη καθημερινής συνομιλίας), βρέθηκε να προκαλεί στους χρήστες, μείωση στο ρυθμό σύνθεσης μελατονίνης, μιας ορμόνης που ρυθμίζει τον ημερήσιο βιολογικό κύκλο και έχει αντικαρκινική δράση, [Burch et al, 2002].

Άλλα πειράματα, διαπίστωσαν αλλοιώσεις σε νευρικά εγκεφαλικά κύτταρα αρουραίων, μετά από έκθεση 2 ωρών σε πεδίο κινητού τηλεφώνου 915MHz και αύξηση της διαπερατότητας της μεμβράνης αίματος-εγκεφαλικού ιστού, [Salford et al, 2003], φαινόμενο που εξηγεί τις κεφαλαλγίες και τα προβλήματα απώλειας βραχύχρονης μνήμης που πολύ συχνά αναφέρονται, [Hyland, 2000], από παρατεταμένη έκθεση ανθρώπων στα πεδία των κινητών τηλεφώνων αλλά και των κεραιών βάσεων κινητής τηλεφωνίας.

Επίσης από πιο πρόσφατα πειράματα έχει διαπιστωθεί μεταβολή στην έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων σε ανθρώπινες κυτταρικές σειρές, [Nyland and Leszczynski, 2006], [Belyaev et al, 2006], [Remondini et al, 2006], καθώς και σε αδιαφοροποιητά εμβρυονικά κύτταρα, [Czyz et al, 2004].

Σε πείραμα που έγινε στο Αιγινήτειο Νοσοκομείο σε συνεργασία με τη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, έγιναν μετρήσεις ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων σε 19 άντρες και γυναίκες που βρίσκονταν σε χώρο ο οποίος περιείχε το μικρότερο δυνατό αριθμό ηλεκτρικών συσκευών ή διατάξεων. Μετά από αρκετές επαναλήψεις του ίδιου πειράματος παρατηρήθηκε ότι τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες παρουσιάζουν την ίδια αυξητική πορεία στην ενέργεια του εγκεφάλου τους υπό την επίδραση της ακτινοβολίας.[20]

Σε άλλο πείραμα που έγινε με τους ίδιους συνεργάτες με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από κινητό GSM900 και από κεραία WiFi σε ηλεκτροεγκεφαλογράφο, παρατηρήθηκε ότι η τάση του εγκεφάλου των ανθρώπων που μετείχαν

στο πείραμα κάθε άλλο παρά σταθερή είναι και ότι δεν ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή που ακολουθεί στην περίπτωση που γίνεται καταγραφή των τιμών της σε χώρο χωρίς αυτούς τους ακτινοβολητές.[21]

Σκοπός μιας άλλης μελέτης ήταν να εξετάσει αν ακτινοβολία παρόμοιας μορφής με αυτή που εκπέμπεται από ένα κινητό τηλέφωνο, έχει επίδραση στη διανοητική λειτουργία του ανθρώπου. Η ακτινοβολία εκπεμπόταν από κεραία μήκους  $\lambda/4$ , είχε συχνότητα 915 MHz και μέση ισχύ 1 W και είχε τοποθετηθεί δίπλα στην αριστερή κροταφική περιοχή των εξεταζομένων, οι οποίοι είχαν χωριστεί σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα εξετάστηκε σε τεστ διανοήσης, ενώ η δεύτερη στη λειτουργία του ύπνου, στην κατανάλωση αλκοόλ και κάθε άλλης ουσίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μόνο τεστ που επηρεάστηκε και στις δύο ομάδες ήταν αυτό που σχετιζόταν με το χρόνο αντίδρασης. Μάλιστα υπήρξε μια αύξηση στην ταχύτητα απόκρισης δηλαδή μείωση του χρόνου αντίδρασης των εξεταζομένων παρουσία ακτινοβολίας, και δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές κατά την ανάκληση λέξεων, αριθμών ή εικόνων ή στη χωρική μνήμη. [22]

Σε πρόσφατη στατιστική μελέτη σε σχέση με την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από κεραίες ραδιοηλεκτρονικών σταθμών, [Halberg and Johansson, 2002], διαπιστώνεται συσχέτιση μεταξύ του αριθμού περιπτώσεων εμφάνισης μορφής καρκίνου (μελάνωμα) σε ορισμένο τόπο και του αριθμού των λαμβανόμενων σημάτων από ραδιοφωνικούς σταθμούς στον τόπο αυτό. Στη μελέτη αυτή έγινε ανάλυση δεδομένων από τέσσερις διαφορετικές χώρες, (ΗΠΑ, Νορβηγία, Σουηδία, Δανία). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής βρίσκονται σε συμφωνία με εκείνα προγενέστερης μελέτης, [Dolk, 1997], που διαπίστωσε ότι ο αριθμός των περιστατικών καρκίνου του δέρματος και του προστάτη, αυξάνεται ανάλογα με την μείωση της απόστασης από κεραίες ραδιοφωνικών σταθμών. Ακόμη νέα δεδομένα μιλούν για εμφάνιση διαφόρων μορφών ασθενειών νευροψυχιατρικής φύσεως σε κατοίκους περιοχής γύρω από εγκατεστημένους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας, [Abdel Rassoul et al, 2006].

Τέλος, όσο το πλήθος των κεραιών αυξάνεται τα τελευταία χρόνια, υπάρχουν συνεχώς αυξανόμενες μαρτυρίες για πονοκεφάλους, απώλεια μνήμης, αποβολές, χωρίς «εμφανείς» εξηγήσεις, από ανθρώπους που πλησίον της κατοικίας ή του χώρου εργασίας τους εγκαταστάθηκαν κεραιές, κινητής τηλεφωνίας η/και ραδιοηλεκτρονικών σταθμών. Αντίστοιχα, τα τελευταία χρόνια σε φάρμες όπου τα ζώα αναπτύσσονται πλησίον κεραιών, παρουσιάζονται με αύξουσα συχνότητα, περιστατικά όπως, μείωση της ποσότητας παραγόμενου γάλακτος, αποβολές και τοκετοί νεκρών εμβρύων. Αναφέρεται επίσης ότι τα φαινόμενα αυτά σε ζώα αναστέλλονται όταν απομακρυνθούν από τις περιοχές των κεραιών και εμφανίζονται πάλι με την επιστροφή των ζώων στις περιοχές αυτές, [Hyland, 2000].

Οι μέχρι τώρα επιδημιολογικές μελέτες σε ανθρώπινο πληθυσμό, σε σχέση με ακτινοβολίες κινητής τηλεφωνίας έχουν καταγράψει συσχέτιση της έκθεσης στις ακτινοβολίες αυτές με καρκίνο [Pickl S, 2005], ενώ άλλη μελέτη κατέδειξε για πρώτη φορά, αμυδρή συσχέτιση με κάποιο είδος καρκίνου του ματιού, [Stang et al 2001]. Άλλες επιδημιολογικές μελέτες καταδεικνύουν για πρώτη φορά συσχέτιση μεταξύ χρήσης αναλογικών κινητών τηλεφώνων (παλαιότερης τεχνολογίας από τα σημερινά) και περιπτώσεων εμφάνισης εγκεφαλικών όγκων, [Auninen et al, 2002], [Hardell et al, 2002].

## 5.5 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ

Αναμφισβήτητα η Κινητή Τηλεφωνία αποτελεί στην εποχή μας πολύτιμο αγαθό που μπορεί να σώζει ζωές. Θα πρέπει όμως να διακρίνουμε ότι είναι διαφορετική περίπτωση η χρήση κινητών τηλεφώνων (αφού είναι δική μας επιλογή, μολονότι είναι γνωστοί οι κίνδυνοι), από τις κεραίες βάσης, που ακτινοβολούν άτομα που δεν έχουν καμία επιθυμία να δεχθούν την (ασθενή έστω) ακτινοβολία αυτή και μάλιστα σε 24ωρη βάση.

Οι Κυτταρικοί βιολόγοι και οι Βιοφυσικοί με ιδιαίτερη γνώση του αντικειμένου της επίπτωσης των ακτινοβολιών, (ιοντιζουσών και μη-ιοντιζουσών), είναι ιδιαίτερα επιφυλακτικοί στα «όρια αποδεκτής έκθεσης» που έχουν θεσπιστεί κυρίως με πολιτικά-οικονομικά κριτήρια (Hardell et al, 2007) χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν οι αποδεδειγμένες πλέον μη-θερμικές επιπτώσεις, που είναι εξ ίσου σοβαρές με τις θερμικές.

Οι επιστήμονες θεωρούν, λοιπόν, σωστό στην περίπτωση των Μη-ιοντιζουσών ακτινοβολιών, όπως είναι οι μικροκυματικές ακτινοβολίες της κινητής τηλεφωνίας, να ακολουθείται η αρχή της προφύλαξης, δηλαδή η αποφυγή κάθε έκθεσης σε τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, εφόσον αυτό είναι εφικτό.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, θεωρείται ότι η εγκατάσταση των εν λόγω κεραιών επάνω σε κτίρια σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και σε απόσταση μόλις λίγων μέτρων από παραπλήσια οικήματα-κτίρια αναλόγου ύψους, είναι επικίνδυνη και θα πρέπει να αποφεύγεται. Κατά συνέπεια, υπερισχύει η άποψη ότι η πλειονότητα των κεραιών βάσης κινητής τηλεφωνίας (λειτουργούν περίπου 7.000 κεραιές στη χώρα μας) ενέχει κινδύνους για τους μόνιμως διαμένοντες (24 ώρες το 24ωρο) στις πλησίον ευρισκόμενες πολυκατοικίες, αφού οι τιμές που έχουμε μετρήσει εντός οικιών (μέγιστο μέχρι και 8,0 V/m) είναι μεγαλύτερες από τα όρια που ισχύουν σε άλλες χώρες όπως αναλυτικά αναφέρθηκε.

Η πρόσφατη ελληνική νομοθεσία (νόμος 3431/2006 (ΦΕΚ 13 Α', άρθρο 31) εφαρμόζει αυστηρότερα όρια, σε επίπεδα 70% (και κατά περίπτωση 60% για σχολεία, βρεφονηπιακούς σταθμούς, γηροκομεία και νοσοκομεία) εκείνων που έχει προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, δηλαδή περίπου 630μW/cm<sup>2</sup> για συχνότητα 1800MHz. και 315μW/cm<sup>2</sup> για συχνότητα 900MHz. Οι μελέτες αποδεικνύουν ότι έχουμε βλάβες στους ανθρώπους και στο περιβάλλον ακόμα και όταν η ένταση της ακτινοβολίας είναι κάτω από αυτά τα όρια έκθεσης. Σε αρκετές χώρες ισχύουν πολύ πιο αυστηρά «όρια αποδεκτής έκθεσης», όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Χώρα	Όριο Αποδεκτής Έκθεσης (ΥΛη)
Ελλάδα	22-33
Ελβετία	4-6
Αίγυπτος	4
Κίνα	6
Βουλγαρία	6
Βέλγιο	3 (απόφαση για μελλ. μείωση σε 0,6)
Παρίσι	2
Αυστρία (Σάλτσμπουργκ)	0,2
Ρωσία	1

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Τιμές αποδεκτής έκθεσης στην ακτινοβολία από κεραιές βάσης κινητής τηλεφωνίας σε διάφορες χώρες**

Σε πολλές δημοσιεύσεις έχουν αναφερθεί συμπτώματα του συνδρόμου των μικροκυμάτων (Obfeld g et al, 2004), δηλ. διαταραχή μνήμης, συγκέντρωσης, ύπνου, εξάντληση, πονοκεφάλους (Hutter et al 2006), ιδιαίτερα σε απόσταση 50 - 400μέτρων από την κεραία (Santini r et al 2002) σε τιμές πυκνότητας ισχύος, 0.44 - 0.025 μW/cm<sup>2</sup> (δηλαδή 1432 έως 25200 φορές κάτω από τα ελληνικά όρια ασφαλείας).

Κάτοικοι που διέμεναν εντός 400μέτρων από κεραιά κινητής τηλεφωνίας για τουλάχιστον 10 χρόνια παρουσίασαν αυξημένα ποσοστά καρκίνου σε σχέση με τους κατοίκους που ζούσαν μακρύτερα των 400 μέτρων (Eger h et al 2004). Σε πειραματικό επίπεδο οι Magras end Xenos (1977) με τιμή έκθεσης 0.16-1.053Mw/cm<sup>2</sup> (δηλαδή 598-3938 φορές κάτω από τα ελληνικά όρια), διαπίστωσαν επιπτώσεις στην αναπαραγωγική ικανότητα

ποντικών. Το ίδιο παρατηρήθηκε σε έντομα και μάλιστα με έκθεση στην ακτινοβολία κινητού τηλεφώνου για διάρκεια μόλις 6 λεπτά την ημέρα για 3 συνεχόμενες ημέρες (Panagoroulos et al, 2004). Κάτω από τις ίδιες συνθήκες προκλήθηκε αύξηση του κυτταρικού θανάτου (Panagoroulos et al, 2007), ενώ ο Balmoni (2005) διαπίστωσε πως όταν οι φωλιές των πουλιών ήταν εντός 200 μέτρων από κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ήταν μειωμένη η αναπαραγωγή και ο ρυθμός ανάπτυξης και αυξημένη η εμβρυϊκή θνησιμότητα, σε σύγκριση με τα πουλιά που οι φωλιές τους ήταν σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων από τις κεραιές. Σε πολύ πρόσφατη επιδημιολογική μελέτη αποδείχθηκε η συσχέτιση ανάμεσα στην ανάπτυξη όγκων και στην έκθεση σε ακτινοβολία κινητής τηλεφωνίας (Hardel I et al 2006) κάτι το οποίο καταγράφεται ολοένα και περισσότερο σε μεγαλουπόλεις ανά την υφήλιο.

## 5.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι σύγχρονες τεχνολογικές επιτεύξεις πρέπει να ωφελούν χωρίς να βλάπτουν. Για το λόγο αυτό πρέπει να επιδιώκεται η μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους.

Η πλειονότητα των ερευνών για τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία του ανθρώπου και των ζώων αφορούν σε βραχυχρόνιες εκθέσεις. Ελάχιστα είναι γνωστά για τις επιπτώσεις σε μακροχρόνιες εκθέσεις, οι οποίες ενδεχομένως να είναι διαφορετικές.

Αν δεν αποδειχθεί η απόλυτη αθωότητα των ακτινοβολιών αυτών, πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί στη χρήση τους και να λαμβάνουμε μέτρα προστασίας, ιδιαίτερα για τους αναπτυσσόμενους οργανισμούς δηλαδή τα έμβρυα, τα νεογέννητα και τα παιδιά.

## **ΜΕΡΟΣ Β**

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάλυση που προηγήθηκε στο μέρος Α δείχνει ότι είναι σημαντική η δυνατότητα ελέγχου της επιβάρυνσης ενός χώρου (π.χ. γραφείων, οικιών κλπ.) από ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Ένα σύστημα ελέγχου θα μπορούσε να χρησιμοποιεί αισθητήρες οι οποίοι να καλύπτουν επαρκώς όλους τους χώρους και να μετρούν σε τακτά χρονικά διαστήματα την υπάρχουσα ακτινοβολία. Τα δεδομένα των αισθητήρων θα μπορούν να διαβιβάζονται σε ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου για επιπλέον επεξεργασία και αξιολόγηση και για την άμεση ενημέρωση των χρηστών σε περιπτώσεις αυξημένων επιπέδων ακτινοβολίας.

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος απευθείας είναι δαπανηρή. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η δημιουργία ενός ανάλογου συστήματος όπου όμως οι αισθητήρες θα προσομοιώνονται ώστε να μην υπάρχει αρχικό κόστος και να αποφευχθεί ο κίνδυνος απώλειας της επένδυσης σε περίπτωση αποτυχίας. Το σύστημα προσομοίωσης που θα παρασχεθεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρωτότυπο (proof-of-concept prototype) ώστε να υλοποιηθεί το πραγματικό σύστημα σε επόμενη φάση της ανάπτυξης.

### 1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η προσομοίωση είναι η απομίμηση ενός πραγματικού συστήματος μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η συμπεριφορά του συστήματος αναπαρίστανται με χρήση μοντέλων τα οποία παράγουν τις απαιτούμενες τιμές που θα δημιουργούσε το πραγματικό σύστημα με χρήση αλγορίθμων παραγωγής τυχαίων αριθμών.

Με τον τρόπο αυτό της προσομοίωσης μπορούμε να εξετάσουμε ένα σύστημα χωρίς αυτό να υπάρχει στην πραγματικότητα, να εφαρμόσουμε διάφορα σενάρια και διαμορφώσεις, και να εκτιμήσουμε κατά πόσο το σύστημα αυτό είναι χρήσιμο ή λειτουργικό πριν προχωρήσουμε σε πολύπλοκες και δαπανηρές κατασκευές. Επομένως, η προσομοίωση είναι σημαντικός παράγοντας στη διαδικασία σχεδιασμού ενός νέου συστήματος.

Στην εργασία αυτή προσομοιώνεται ένα σύστημα αισθητήρων οι οποίοι μετρούν την εκπομπή ακτινοβολίας από πηγές όπως κεραίες κινητής τηλεφωνίας, wi-fi και ασυρμάτων τηλεφώνων κλπ. Οι αισθητήρες αυτοί συνδέονται μέσω δικτύου TCP/IP με ένα κεντρικό σύστημα καταγραφής των μετρήσεων. Τέτοιοι αισθητήρες υπάρχουν ήδη διαθέσιμοι στην αγορά και ένας από αυτούς (GoldenBrains 2010) χρησιμοποιήθηκε σαν μοντέλο για την επιλογή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα. Ο αισθητήρας αυτός εμφανίζεται στην Εικ.1.



Εικ. 1: Αισθητήρας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Το κεντρικό σύστημα αξιοποιεί τα στοιχεία που συλλέγονται για την παροχή εκτιμήσεων σχετικά με τη «μόλυνση» του χώρου από ακτινοβολίες.

Ένα μοντέλο κατάλληλο για προσομοίωση μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε συνεχές ή διακριτό όσον αφορά την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ή την παράμετρο του χρόνου. Αν ένα σύστημα μπορεί να βρίσκεται σε μια οποιαδήποτε κατάσταση ή αν οι τιμές του συστήματος μεταβάλλονται σε κάθε χρονική στιγμή, τότε το σύστημα θα θεωρείται συνεχές, ενώ αν το σύστημα έχει συγκεκριμένες τιμές από κάποιο σύνολο ή οι τιμές μεταβάλλονται σε συγκεκριμένα χρονικά σημεία τότε το σύστημα χαρακτηρίζεται σαν διακριτό.

Το υπό εξέταση σύστημα προσομοιώνει αισθητήρες οι οποίοι λειτουργούν διαρκώς και η μέτρησή τους μπορεί να μεταβάλλεται ανά πάσα χρονική στιγμή. Με βάση αυτή την κατηγοριοποίηση το σύστημά μας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν συνεχές.

Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος περιλαμβάνει το σύστημα επικοινωνίας με το χρήστη (user interface) το οποίο παρουσιάζει την κάτοψη του κτιρίου που εξετάζεται και τους αισθητήρες που βρίσκονται σ' αυτό. Κάθε αισθητήρας εμφανίζεται σε ξεχωριστό παράθυρο με σκοπό να προσομοιωθεί η συσκευή του αισθητήρα και να είναι δυνατή και εύκολη η ενσωμάτωση πραγματικών αισθητήρων στο μέλλον.

Οι αισθητήρες επικοινωνούν με το κεντρικό σύστημα μέσω δικτύου TCP/IP και ανταλλάσσουν πληροφορίες με αυτό.

Το κεντρικό σύστημα καταχωρεί τις πληροφορίες των αισθητήρων σε βάση δεδομένων για να μπορεί να γίνει αξιοποίηση των ιστορικών στοιχείων. Για το λόγο αυτό κάθε αισθητήρας θα πρέπει να έχει ένα μοναδικό κωδικό (serial number) ο οποίος θα του αποδίδεται κατά τη στιγμή της δημιουργίας του. Αν ο αισθητήρας είχε δημιουργηθεί ήδη στο παρελθόν, τα υπόλοιπα στοιχεία θα ανακτώνται αυτόματα από τη βάση δεδομένων.

Ο εξεταζόμενος χώρος πρέπει να μπορεί να εισαχθεί στο σύστημα παραμετρικά (να μην είναι δηλαδή ενσωματωμένος στο πρόγραμμα). Για το λόγο αυτό μπορεί να καταχωρείται στη βάση δεδομένων ή να εισάγεται από ειδικά διαμορφωμένα αρχεία (π.χ. σε τυποποίηση XML). Η δεύτερη προσέγγιση παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να δεχθεί τα δεδομένα του κτιρίου από κάποιο άλλο ανεξάρτητο σύστημα.

Το παρόν σύστημα αποτελεί ένα πρωτότυπο το οποίο έχει σαν σκοπό την εξέταση της χρησιμότητας ενός τέτοιου προσομοιωτή. Επιπλέον, η προσέγγιση αυτή πιθανόν να δημιουργήσει νέα δεδομένα τα οποία με τη σειρά τους θα επιφέρουν νέες απαιτήσεις ή τροποποιήσεις. Με αυτό το σκεπτικό, το σύστημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο με το μέγιστο βαθμό ευελιξίας ώστε να είναι φιλικό στις αλλαγές και να μπορεί να ενσωματώνει τις νέες απαιτήσεις με το ελάχιστο κόστος. Επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στο μέγιστο βαθμό που είναι δυνατό πρότυπα σχεδίασης λογισμικού – design patterns.

Τα πρότυπα σχεδίασης λογισμικού (patterns) είναι γενικές λύσεις σε συγκεκριμένα προβλήματα οι οποίες έχουν αποδειχθεί ως αποτελεσματικές και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Δεν αποτελούν έτοιμο κώδικα που μπορεί να ενσωματωθεί αυτόματα σε ένα πρόγραμμα, όπως για παράδειγμα μια βιβλιοθήκη, αλλά την περιγραφή της δομής που πρέπει να έχει ο κώδικας ώστε να είναι πιο αποτελεσματικός, εύκολος στη συντήρηση και την επέκταση. Στην περίπτωση των αντικειμενοστραφών γλωσσών προγραμματισμού, όπως η Java, τα πρότυπα σχεδίασης συνιστούν τη δημιουργία κατάλληλων κλάσεων και ιεραρχιών από κλάσεις ώστε το κάθε πρόβλημα να αντιμετωπίζεται καλύτερα.

Το πιο γνωστό pattern που δίνει την παραπάνω ευελιξία είναι η αρχιτεκτονική model-view-controller (MVC). Με την αρχιτεκτονική MVC επιτυγχάνεται ανεξαρτησία της παρουσίασης των δεδομένων από τα ίδια τα δεδομένα και τη λογική της επεξεργασίας τους. Έτσι είναι εφικτή η τροποποίηση οποιουδήποτε επιπέδου χωρίς να επηρεάζεται το άλλο.

Το μοντέλο (M) χειρίζεται τη συμπεριφορά και την κατάσταση των δεδομένων και παρέχει κατάλληλες μεθόδους για την αλλαγή της κατάστασης. Επίσης, περιλαμβάνει κατάλληλους μηχανισμούς ώστε να ενημερώνεται όποια άλλη κλάση ενδιαφέρεται για τυχόν αλλαγές που έγιναν στα δεδομένα. Το μοντέλο δεν είναι η βάση δεδομένων, ωστόσο η επικοινωνία με τη βάση δεδομένων ελέγχεται από αυτό.

Η εμφάνιση (V) χειρίζεται τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζονται τα δεδομένα στη διεπαφή με το χρήστη και παρέχει τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα μέσω κατάλληλων συστατικών όπως κουμπιά, πεδία, κλπ. Κάθε ενέργεια του χρήστη κοινοποιείται στον ελεγκτή. Επίσης οι αλλαγές στην εμφάνιση γίνονται μόνον κατόπιν εντολής του ελεγκτή.

Ο ελεγκτής (C) δέχεται τα συμβάντα από την εμφάνιση και δίνει αντίστοιχες εντολές στο μοντέλο για την αλλαγή της κατάστασης που απαιτείται κάθε φορά. Όταν ενημερωθεί για



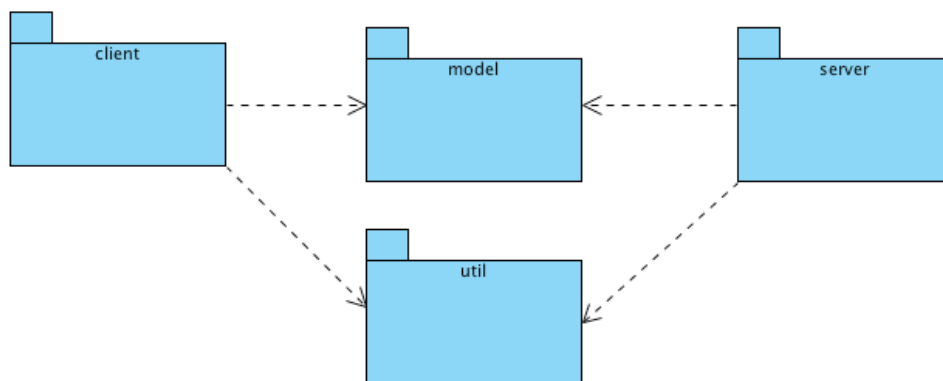
ολοκλήρωση των αλλαγών στην κατάσταση, δίνει κατάλληλες εντολές στην εμφάνιση ώστε αυτή να παρουσιάζει τα νέα δεδομένα.

Το σύστημα χρησιμοποιεί και ορισμένα συστατικά τα οποία θα είναι πιθανόν απαραίτητα και σε άλλα συστήματα, όπως για παράδειγμα η επικοινωνία μέσω του δικτύου TCP/IP και η σύνδεση με τη βάση δεδομένων. Τα μέρη του προγράμματος που αφορούν τις παραπάνω διαδικασίες μπορούν να αναπτυχθούν σαν πιο γενικές κλάσεις ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν στο μέλλον. Εδώ είναι σημαντική η εφαρμογή της λογικής σχεδιασμού βάση συμβολαίου (design by contract) όπου η διεπαφή -interface είναι σαφώς καθορισμένη και γενική και περιλαμβάνει όλα τα προαπαιτούμενα (pre-conditions) και τις συνθήκες που θα ισχύουν με την ολοκλήρωση της εκτέλεσης κάθε ενέργειας (post-conditions).

## 2. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Ένα σύστημα όπως το υπό ανάπτυξη λογισμικό πρέπει να είναι σε θέση να εξυπηρετεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό συστημάτων και αρχιτεκτονικής. Αυτό είναι απαραίτητο επειδή το λογισμικό αναμένεται να επικοινωνεί σε επόμενες εκδόσεις με πραγματικούς αισθητήρες και θα λειτουργεί προκειμένου να εξυπηρετήσει οποιοδήποτε κτίριο κάθε είδους οργανισμού. Για να γίνει αυτό η ανεξαρτησία από το λειτουργικό σύστημα αποτελεί απαραίτητο όρο.

Το σύστημα αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού Java. Η Java είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα και παρέχεται δωρεάν. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά της είναι ότι δεν παράγει εκτελέσιμο κώδικα ο οποίος είναι άμεσα εξαρτημένος από την αρχιτεκτονική και το λειτουργικό σύστημα. Αντίθετα, το παραγόμενο αποτέλεσμα είναι σε μορφή bytecodes και εκτελείται με τη μεσολάβηση του Java Virtual Machine (JVM). Με τον τρόπο αυτό το παραγόμενο αποτέλεσμα μπορεί να εκτελεστεί σε οποιοδήποτε υπολογιστή-λειτουργικό σύστημα διαθέτει JVM. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ταυτόχρονα και μειονέκτημα αφού το πρόγραμμα επιβαρύνεται με τον επιπλέον χρόνο μεταγλώττισης από το JVM. Στα πλαίσια της προσομοίωσης τα πλεονεκτήματα της Java βαρύνουν περισσότερο από το μειονέκτημα.



Εικ. 2: Πακέτα (packages) του προγράμματος προσομοίωσης

Το σύστημα προσομοίωσης αναπτύχθηκε σε τέσσερα πακέτα (packages) με σκοπό την κατηγοριοποίηση των κλάσεων και τη διευκόλυνση της παραπέρα ανάπτυξης και συντήρησης (Εικ.2).

**Client:** Περιλαμβάνει τις κλάσεις που αφορούν αποκλειστικά τον πελάτη (client) και στην πραγματικότητα αποτελεί την προσομοίωση του αισθητήρα. Με τον τρόπο αυτό θα μπορεί εύκολα στο μέλλον να αντικατασταθεί αυτό το τμήμα με πραγματικούς αισθητήρες.

**Server:** Περιλαμβάνει τις κλάσεις που αφορούν τον εξυπηρετητή (server). Σε ορισμένα σημεία όπως αυτό της ανταλλαγής μηνυμάτων με τον client έχουν χρησιμοποιηθεί παραδοχές οι οποίες όμως μπορούν εύκολα να προσαρμοσθούν στην περίπτωση επικοινωνίας με πραγματικούς αισθητήρες σαν clients.

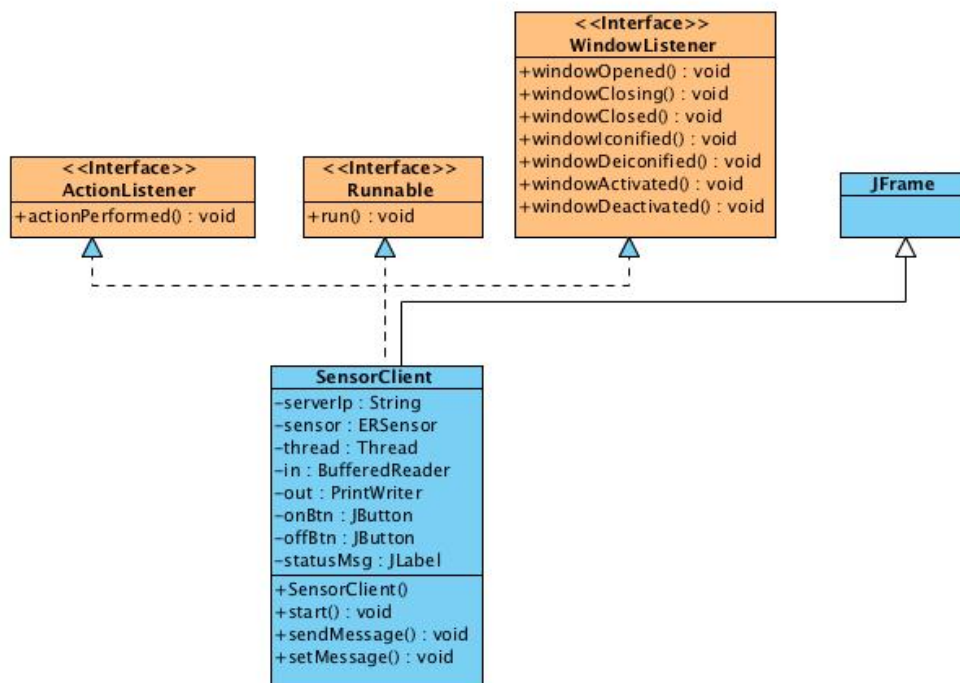
**Model:** Περιλαμβάνει τις βασικές κλάσεις που μοντελοποιούν τα στοιχεία του συστήματος.

**Util:** Περιλαμβάνει βοηθητικές κλάσεις που σχετίζονται με πρόσβαση σε εξωτερικά στοιχεία όπως η βάση δεδομένων, τα αρχεία διαμόρφωσης (configuration) κλπ.

### 3. ΚΛΑΣΕΙΣ

Η απεικόνιση των κλάσεων γίνεται σύμφωνα με τη σύσταση UML (Unified Modelling Language). Κάθε κλάση απεικονίζεται σαν ένα παραλληλόγραμμο όπου στο πάνω μέρος αναγράφεται το όνομα της κλάσης, στη συνέχεια παρατίθενται οι μεταβλητές και τέλος οι μέθοδοι της κλάσης.

Οι σχέσεις μεταξύ των κλάσεων εμφανίζονται σαν βέλη τα οποία σημαίνουν κληρονομικότητα. Η συνεχής γραμμή σημαίνει κληρονομικότητα από πλήρη κλάση, ενώ η διακεκομμένη γραμμή σημαίνει κληρονομικότητα από αφηρημένη (abstract) κλάση ή από πρότυπο κλάσης (interface).



**Εικ. 3: Διάγραμμα κλάσεων client**

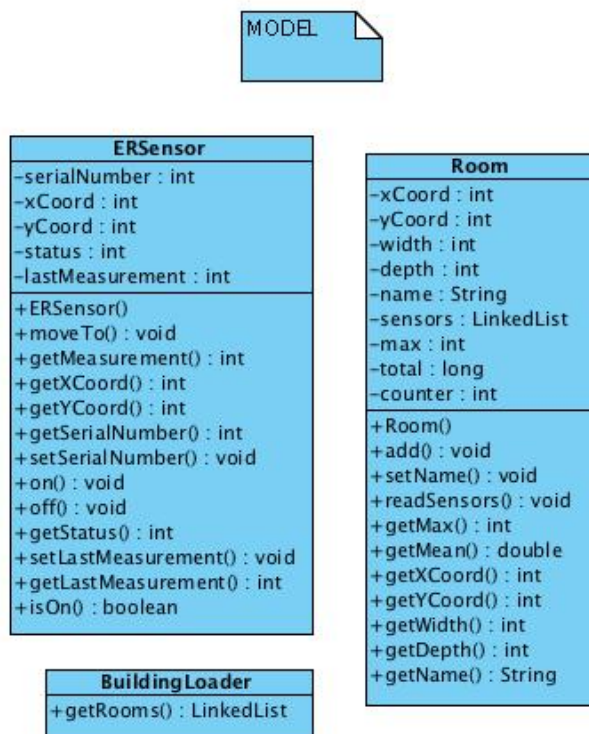
Άλλη μορφή σχέσης είναι η αθροιστική η οποία συμβολίζεται με σχήμα τύπου ρόμβου και καταδεικνύει την ύπαρξη μιας συλλογής από αντικείμενα μιας κλάσης μέσα σε μία άλλη κλάση.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν οι πλήρεις κλάσεις εμφανίζονται με μπλε χρώμα, ενώ τα πρότυπα κλάσεων (interfaces) με πορτοκαλί.

Οι επί μέρους κλάσεις που περιλαμβάνει κάθε package και οι σχέσεις που τις διέπουν παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα κλάσεων (Εικ. 3 – 6):

**SensorClient:** Η κλάση αυτή υλοποιεί όλη τη λειτουργία του client. Αφ' ενός παρουσιάζει το “παράθυρο” (JFrame) μέσα στο οποίο εκτελείται ο προσομοιωτής του αισθητήρα και αφ' ετέρου

αντιδρά στα γεγονότα (events) που προέρχονται από τα κουμπιά της εφαρμογής και φροντίζει για την επικοινωνία με τον server. Στην περίπτωση αυτή κρίθηκε σκόπιμο να μη χρησιμοποιηθεί η αρχιτεκτονική MVC επειδή το πρόγραμμα προσομοίωσης είναι αρκετά απλό. Ουσιαστικά έχουν συνενωθεί ο controller και το view, ενώ το model υλοποιείται με την κλάση ERSensor η οποία παρουσιάζεται παρακάτω.

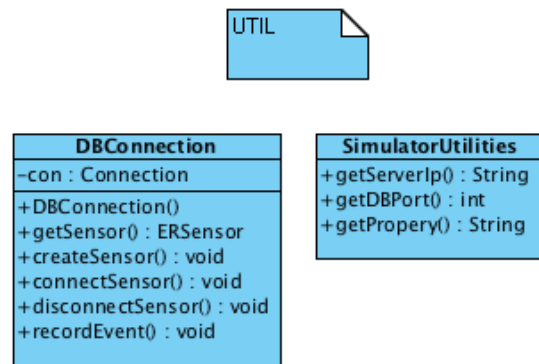


Εικ 4: Διάγραμμα κλάσεων model

**ERSensor:** Αποτελεί τη λογική αναπαράσταση (model) ενός αισθητήρα. Περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που απαιτούνται για να προσομοιωθεί η κατάσταση του αισθητήρα και συγκεκριμένα τη θέση του αισθητήρα, το σειριακό του αριθμό, την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (ενεργοποιημένος ή όχι) και την τελευταία του μέτρηση.

**Room:** Αποτελεί τη λογική αναπαράσταση ενός δωματίου από το κτίριο που εξετάζεται. Διαθέτει μεταβλητές που τηρούν την κατάσταση του δωματίου και μια συνδεδεμένη λίστα με τους αισθητήρες που βρίσκονται σε αυτό το δωμάτιο.

**Building Loader:** Παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής των στοιχείων του κτιρίου από εξωτερικό αρχείο μορφής XML.



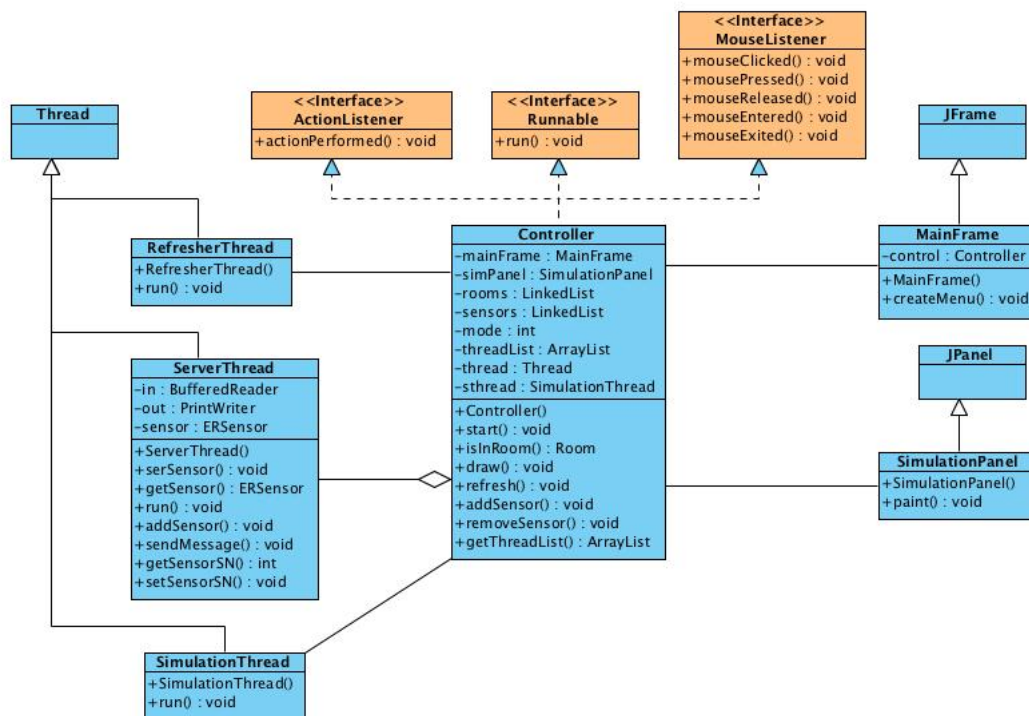
Εικ. 5: Διάγραμμα κλάσεων util

**DBConnection:** Βοηθητική κλάση που δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης με τη βάση δεδομένων και την εκτέλεση εντολών SQL. Τα στοιχεία σύνδεσης με τη βάση δεδομένων τηρούνται σε εξωτερικό αρχείο (.properties) προκειμένου να είναι εύκολη η αλλαγή τους.

**SimulationUtilities:** Η κλάση αυτή παρέχει μεθόδους για την ανάκτηση παραμέτρων που αφορούν στη σύνδεση με τη βάση δεδομένων (όνομα ΒΔ, IP διεύθυνση του server, όνομα χρήστη και κωδικός σύνδεσης) και το δίκτυο (IP διεύθυνση του server, πόρτα που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για τη σύνδεση), από το εξωτερικό αρχείο ρυθμίσεων (.properties).

Οι κλάσεις αυτές είναι αρκετά γενικές και λειτουργούν με εξωτερικά στοιχεία τα οποία παρέχονται μέσω αρχείων διαμόρφωσης (.properties). Αν και βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο κατασκευής, μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν και να προσαρμοσθούν στις ανάγκες οποιουδήποτε συστήματος χωρίς να απαιτείται αλλαγή στον κώδικα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την παραπέρα ανάπτυξη του συστήματος και την ενοποίησή του με πραγματικούς αισθητήρες.





Εικ. 6: Διάγραμμα κλάσεων server

**Controller:** Αποτελεί το κεντρικό σημείο ελέγχου του server. Εδώ τηρούνται όλες οι πληροφορίες που αφορούν τους αισθητήρες και τον τρόπο επικοινωνίας μαζί τους και εδώ καταγράφονται όλες οι πληροφορίες και οι μετρήσεις στη βάση δεδομένων.

Ο Controller αντιμετωπίζει τα event που δημιουργούνται από επιλογές του μενού και από πάτημα των πλήκτρων του ποντικιού. Επίσης, ο ίδιος ο Controller εκτελείται σε ξεχωριστό νήμα (thread) όπου σε μία διαδικασία επανάληψης εντοπίζονται συνδέσεις από τους αισθητήρες και ενεργοποιείται ένα νέο νήμα κάθε φορά που αναλαμβάνει την επικοινωνία με τον καθέναν από αυτούς.

**MainFrame:** Είναι η κεντρική οθόνη του server. Απλά παρουσιάζει τις πληροφορίες που έχουν επεξεργαστεί στο model και έχει προωθήσει ο controller.

**SimulationPanel:** Αποτελεί την περιοχή της οθόνης όπου απεικονίζονται το εξεταζόμενο κτίριο και εμφανίζονται οι συνδεδεμένοι αισθητήρες και οι μετρήσεις τους με αριθμητική και χρωματική ένδειξη.

**SimulationThread:** Η κλάση αυτή εκτελείται σε ξεχωριστό νήμα και δέχεται τις αιτήσεις συνδέσεις από clients (αισθητήρες). Για κάθε νέα σύνδεση ενεργοποιεί ένα νέο νήμα τύπου ServerThread.

**ServerThread:** Αποτελεί ένα νήμα το οποίο εκτελείται για κάθε ενεργό client (αισθητήρα) και επικοινωνεί μαζί του προκειμένου να στείλει ή να λάβει μηνύματα.

**RefresherThread:** Ξεχωριστό νήμα το οποίο φροντίζει να ανανεώνεται το περιεχόμενο της οθόνης σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να αναπαριστά την ακριβή κατάσταση του μοντέλου ανά πάσα στιγμή.

#### 4. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

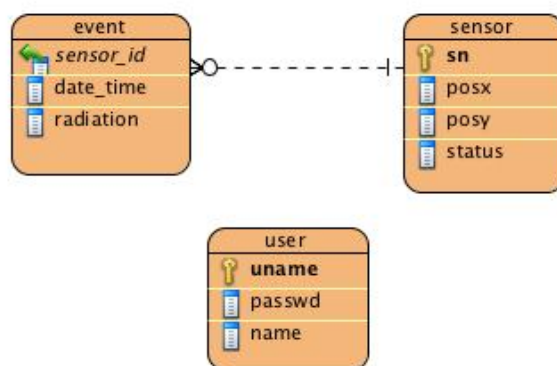
Σαν «βάση δεδομένων» ορίζεται μία κοινόχρηστη συλλογή από δεδομένα που συνδέονται λογικά μεταξύ τους καθώς και η περιγραφή τους, και τα οποία ικανοποιούν τις ανάγκες ενός συστήματος – οργανισμού. Τα δεδομένα καταχωρούνται στη βάση δεδομένων σε κατάλληλες δομές που ονομάζονται πίνακες. Η λογική δομή των πινάκων καθορίζεται με βάση τις συστάσεις της κανονικοποίησης, μιας διαδικασίας που έχει σαν σκοπό την αποφυγή επαναλήψεων.

Για τη δημιουργία και τη διαχείριση μιας βάσης δεδομένων απαιτείται ειδικό λογισμικό το οποίο καλείται Σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων ή DataBase Management System (DBMS). Υπάρχει διαθέσιμη πληθώρα λογισμικού DBMS (π.χ. Oracle, MS-SQLServer, Sybase, Postgres, MySQL, κλπ). Κάποια από αυτά είναι εμπορικά προϊόντα, ενώ κάποια άλλα όπως η MySQL ανήκουν στην κατηγορία του ελεύθερου λογισμικού / λογισμικού ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) και δεν υστερούν σε αξιοπιστία και ποιότητα των εμπορικών εφαρμογών.

Η διαδικασία κατασκευής και διαχείρισης της βάσης δεδομένων γίνεται με τη χρήση της δομημένης γλώσσας ερωταποκρίσεων ή Structured Query Language (SQL) η οποία παρέχει κατάλληλες εντολές. Η SQL αποτελεί καθιερωμένο πρότυπο (standard) και υποστηρίζεται από κάθε DBMS, τουλάχιστον από τα πλέον γνωστά.

Με βάση τα παραπάνω για ένα έργο σαν την παρούσα εργασία προτιμότερη είναι η χρήση λογισμικού με κριτήριο την αξιοπιστία τους, το μηδενικό κόστος και το ότι υποστηρίζουν το πρότυπο SQL πλήρως.

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε είναι η MySQL. Όπως και η Java αποτελεί ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα και χρησιμοποιείται σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών καθώς και στην πλειοψηφία των εφαρμογών διαδικτύου (DuBois, 2008). Η σύνδεση με τη βάση δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του Java DataBase Connectivity (JDBC). Η διασύνδεση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί πολύ εύκολα να τροποποιηθεί ώστε να υποστηρίζει οποιαδήποτε άλλη σχεσιακή βάση δεδομένων (Reese, 2003).



**Εικ. 7: Διάγραμμα οντοτήτων – συσχετίσεων βάσης δεδομένων**

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε ένα απλό σχήμα όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικ. 7):

Η δομή αυτή της βάσης δεδομένων απλά καταγράφει τα γεγονότα και τις μετρήσεις των αισθητήρων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και χρήσιμων συμπερασμάτων.

Λόγω της χρήσης του προτύπου SQL που υποστηρίζεται από την πλειονότητα των DBMS και της τεχνολογίας JDBC είναι δυνατή η χρήση οποιουδήποτε DBMS με απλή αλλαγή του οδηγού JDBC.

Τα στοιχεία σύνδεσης με τη βάση δεδομένων έχουν καταχωρηθεί σε εξωτερικό αρχείο τύπου .properties και μπορούν να αλλάξουν εύκολα χωρίς να απαιτείται καμία αλλαγή στον κώδικα του προγράμματος.

Σε επόμενη, βελτιωμένη έκδοση του προγράμματος προσομοίωσης, θα μπορούσαν να ενσωματωθούν οι JDBC οδηγοί των πλέον γνωστών DBMS και να καθορίζεται το εν χρήσει σύστημα παραμετρικά, ώστε η εφαρμογή να είναι ευέλικτη και ανεξάρτητη από DBMS.

Για τις ανάγκες ενός πιο ολοκληρωμένου συστήματος θα απαιτηθεί η τροποποίηση της βάσης δεδομένων και η προσθήκη περισσότερων πινάκων ώστε να καταγράφονται περισσότερες πληροφορίες όπως αυτές θα προκύψουν από τα δεδομένα που θα παρέχουν οι πραγματικοί αισθητήρες.

## 5.XML

Η γλώσσα XML (Extensible Markup Language) σχεδιάστηκε με σκοπό τη μεταφορά, αποθήκευση και προβολή δεδομένων. Η τεχνολογία αυτής της γλώσσας επιτρέπει τη δημιουργία προσαρμοσμένων τύπων ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εφαρμογής. Οι προσαρμοσμένοι τύποι είναι της μορφής <τύπος></τύπος> και περιλαμβάνουν τα δεδομένα δίνοντας τους την ανάλογη σημασία.

Με τον τρόπο αυτό είναι εύκολη η επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών ή απομακρυσμένων συστημάτων επειδή το ένα δεν απαιτείται να γνωρίζει την εσωτερική δομή του άλλου. Μόνη προϋπόθεση είναι η γνώση της δομής του αρχείου XML.

Κάθε αρχείο XML περιέχει έναν τύπο που ονομάζεται ρίζα και ο οποίος περιλαμβάνει όλους τους άλλους τύπους.

Υπάρχουν έτοιμες τυποποιήσεις XML για κοινές εφαρμογές όπως στο χώρο της υγείας (HL7), άμυνας, εμπορίου (UBL), κλπ. Ωστόσο δεν βρέθηκε κάποιο πρότυπο τυποποίησης για το συγκεκριμένο θέμα της εργασίας. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε αυθαίρετα μια δομή XML.

Η αρχικοποίηση του εξεταζόμενου χώρου γίνεται από κατάλληλα διαμορφωμένο αρχείο XML. Η επιλογή της XML έγινε με σκοπό τη μελλοντική αξιοποίηση άλλων εφαρμογών και τη συνεργασία με αυτές. Θα μπορούσε για παράδειγμα η κάτοψη του κτιρίου να παρέχεται από κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα το οποίο πιθανόν να διαθέτει ήδη ο κάτοχος του προς εξέταση κτιρίου.

Λόγω της φύσης και της ευελιξίας της XML αλλά και της ευκολίας με την οποία διαχειρίζεται την XML η γλώσσα προγραμματισμού Java, είναι εφικτή η τροποποίηση της δομής του αρχείου προκειμένου να καλύψει μελλοντικές ανάγκες και συνεργαζόμενες εφαρμογές.

Η δομή του XML αρχείου φαίνεται παρακάτω:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!--
  Document : rooms.xml
  Description:
    Keeps the data of a building to be evaluated for radiation emission.
-->

<building>
  <room>
    <xcoord>10</xcoord>
    <ycoord>10</ycoord>
    <width>140</width>
    <depth>100</depth>
    <name>Kitchen</name>
  </room>
  <room>
    <xcoord>150</xcoord>
    <ycoord>10</ycoord>
    <width>400</width>
    <depth>360</depth>
    <name>Conference</name>
  </room>
  <room>
    <xcoord>10</xcoord>
    <ycoord>110</ycoord>
    <width>140</width>
    <depth>260</depth>
    <name>Data Center</name>
  </room>
</building>
```

</building>

Η ρίζα του αρχείου ονομάζεται `building` και περιέχει στοιχεία τύπου `room`. Κάθε στοιχείο `room` περιέχει στοιχεία `xcoord`, `ycoord`, `width`, `depth`, και `name`, τα οποία αφορούν στη θέση της άνω αριστερά γωνίας, το πλάτος και το βάθος του δωματίου και το όνομα του δωματίου αντίστοιχα. Αν και η δομή αυτή είναι αυθαίρετη για τις ανάγκες του παρόντος συστήματος, θα μπορούσε πολύ εύκολα το αντίστοιχο τμήμα του προγράμματος να προσαρμοσθεί σε οποιαδήποτε άλλη δομή αρχείου XML (Harold, 2004). Η χρήση της XML ήταν αρκετά απλή δεδομένου ότι η Java παρέχει πλήρη υποστήριξη για τη χρήση αρχείων XML (Harold, 2003).

Όπως φάνηκε από την επεξεργασία και χρήση XML αρχείων, αυτά θα μπορούσαν να ενσωματωθούν και στις υπόλοιπες λειτουργίες του συστήματος και ειδικότερα στην ανταλλαγή δεδομένων μέσω του δικτύου. Η XML δίνει έννοια στα δεδομένα (semantics) και διευκολύνει με αυτόν τον τρόπο την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων (Daconta et.al., 2003) δίνοντας έτσι τη δυνατότητα επικοινωνίας ακόμη και σε συστήματα που έχουν υλοποιηθεί με διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού ή έχουν μεταβαλλόμενες απαιτήσεις πληροφόρησης.

Η χρήση της XML ήταν δοκιμαστική προκειμένου να διαπιστωθεί η ευκολία ενσωμάτωσής της. Θα ήταν χρήσιμη η επανασχεδίαση και των μηνυμάτων μεταξύ εξυπηρετητή (server) και πελάτη (client) ώστε αυτά αντί να έχουν μορφή απλού κειμένου να ακολουθούν αντίστοιχες δομές XML. Αυτό θα έδινε μεγάλη ευελιξία στο πρόγραμμα και θα έκανε εφικτή την τροποποίηση και επέκταση των μηνυμάτων προκειμένου να καλύψει μελλοντικές ανάγκες.

## 6. ΔΙΚΤΥΟ

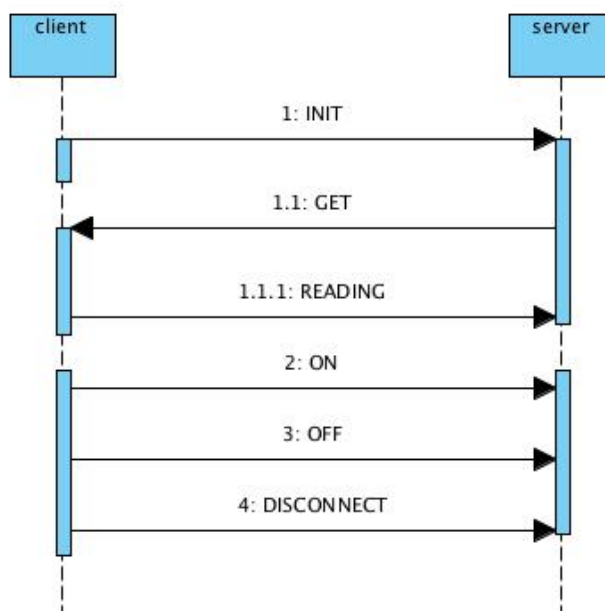
Το δίκτυο ακολουθεί τη μορφή εξυπηρετητή (server) – πελάτη (client). Το κεντρικό σύστημα του εξυπηρετητή περιλαμβάνει τη βάση δεδομένων και το πρόγραμμα συγκέντρωσης και παρουσίασης των στοιχείων (κτίριο – θέσεις και μετρήσεις αισθητήρων), ενώ οι πελάτες είναι στην πραγματικότητα οι αισθητήρες.

Κάθε δίκτυο χρειάζεται κάποια μορφή τυποποιημένης επικοινωνίας (πρωτόκολλο) προκειμένου να ανταλλάγουν πληροφορίες μεταξύ του εξυπηρετητή και του πελάτη. Αυτό σημαίνει ότι τα μηνύματα που ανταλλάσσονται θα πρέπει να έχουν μια προεπιλεγμένη και σαφώς καθορισμένη μορφοποίηση. Έτσι το αντίστοιχο λογισμικό μπορεί να επεξεργάζεται εύκολα τα μηνύματα που λαμβάνει.

Η τυποποίηση μπορεί να γίνει με τη μορφή απλού κειμένου το οποίο περιλαμβάνει συγκεκριμένα συστατικά χωρισμένα με κάποιον ειδικό χαρακτήρα (CSV) ή με τη χρήση αρχείων XML. Επιπλέον η Java παρέχει τη δυνατότητα αποστολής ολόκληρων αντικειμένων με τη μορφή `serializable`, όμως αυτή η τεχνική περιορίζει την κατασκευή του λογισμικού τόσο του εξυπηρετητή όσο και του πελάτη σε Java. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η τυποποίηση απλών μηνυμάτων τα περιεχόμενα των οποίων χωρίζονται με τον κενό χαρακτήρα. Κάθε μήνυμα έχει σαν πρώτο χαρακτηριστικό τον τύπο του μηνύματος και στη συνέχεια έναν αριθμό παραμέτρων ανάλογα με τον τύπο. Έτσι το λογισμικό μπορεί να διαβάσει μία ολόκληρη γραμμή και στη συνέχεια να τη διαχωρίσει και να την επεξεργαστεί ανάλογα με τον τύπο του μηνύματος.

Για την επικοινωνία μεταξύ του server (κεντρικό σύστημα) και των clients (αισθητήρες), αναπτύχθηκαν τα παρακάτω πρωτόκολλα επικοινωνίας (Εικ. 8):





Εικ. 8: Πρωτόκολλο επικοινωνίας client-server

Από το server προς τον client:

GET Με αυτό το μήνυμα ο server ενημερώνει τον client (αισθητήρα) ότι θέλει να του αποσταλεί η τρέχουσα μέτρηση.

Από τον client προς τον server:

INIT <sn> <x> <y> <last-measurement>

Αυτό είναι το αρχικό μήνυμα που στέλνει ο client (αισθητήρας) στον server. Περιλαμβάνει τη θέση του αισθητήρα και την τελευταία του μέτρηση.

READING <sn> <last-measurement>

Υποβολή της μέτρησης από τον client (αισθητήρα) στο server.

ON <sn> <last-measurement>

Μήνυμα προς τον server που δηλώνει ότι ο αισθητήρας έχει ενεργοποιηθεί. Αν και δεν είναι γνωστό κατά πόσον οι πραγματικές συσκευές ανίχνευσης που θα έχουν τους αισθητήρες, θα έχουν δυνατότητες on-off, ωστόσο έχουν περιληφθεί τέτοιες δυνατότητες στην προσομοίωση ώστε να εξεταστεί η δυνατότητα αυτού του είδους της επικοινωνίας.

OFF <sn>

Μήνυμα που δηλώνει την απενεργοποίηση του αισθητήρα.

DISCONNECT <sn>

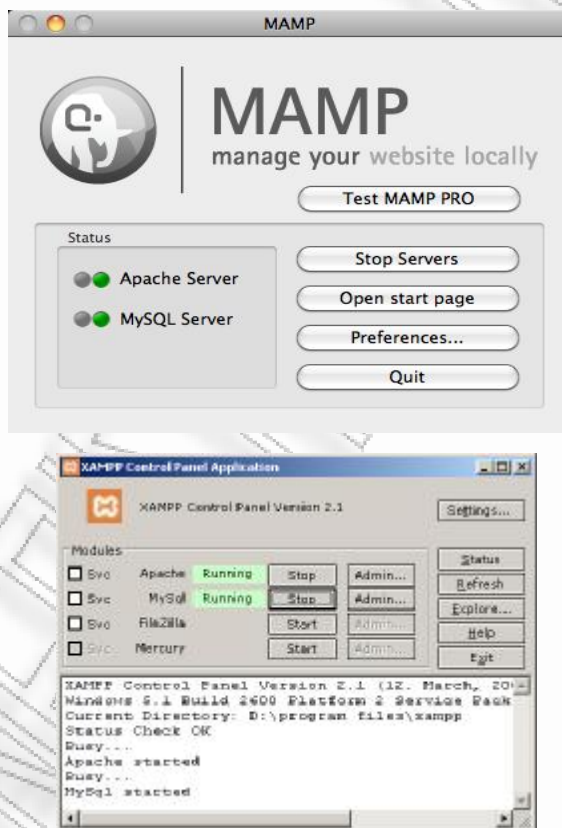
Με αυτό το μήνυμα ειδοποιείται ο server ότι ο client (αισθητήρας) έχει αποσυνδεθεί πλήρως.

Τα μηνύματα αυτά είναι ενδεικτικά και χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της προσομοίωσης ώστε να εξετασθεί και να δοκιμασθεί ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ του κεντρικού συστήματος και των clients (αισθητήρων). Η επιτυχής σύνδεση και ανταλλαγή πληροφοριών και ο τρόπος ανάπτυξης κάνουν εφικτή την εύκολη ενσωμάτωση μηνυμάτων ανάλογα με τις μελλοντικές ανάγκες.

Η επέκταση του συστήματος μπορεί εύκολα να ενσωματώσει νέα μηνύματα προκειμένου να εξυπηρετήσει νέες ανάγκες ή και πραγματικούς αισθητήρες. Η αντικειμενοστραφής προσέγγιση του προβλήματος διευκολύνει αυτή τη δυνατότητα καθώς θα απαιτηθεί να δημιουργηθούν υποκλάσεις για την επεξεργασία των νέων διαφορετικών μορφοποιήσεων οι οποίες λόγω του πολυμορφισμού θα ενσωματωθούν εύκολα στις νέες εκδόσεις του προγράμματος.

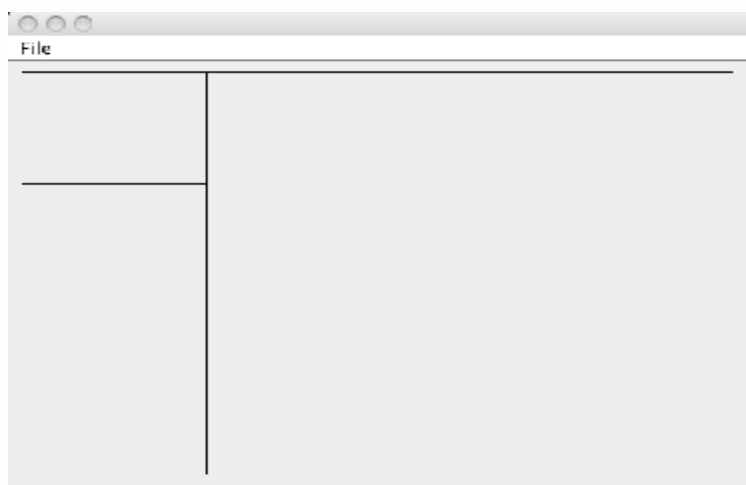
## 7. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να λειτουργήσει το σύστημα πρέπει να είναι ενεργή η MySQL. Ένας εύκολος τρόπος για το σκοπό αυτό είναι η χρήση του MAMP (σε περιβάλλον Mac OSX) ή του XAMPP (σε περιβάλλον MS-Windows(Εικ. 9)):



Εικ. 9: Ενεργοποίηση βάσης δεδομένων

Αρχικά εκτελείται το τμήμα του server ο οποίος φορτώνει την κάτοψη του κτιρίου (Εικ. 10) από το αντίστοιχο XML αρχείο. Ο εξυπηρετητής διαβάζει το XML αρχείο, το αναλύει και εμφανίζει στην προβολή την κάτοψη των δωματίων. Η κάτοψη σχεδιάζεται με βάση τη θέση και τις διαστάσεις κάθε δωματίου στο κεντρικό παράθυρο του server. Σε μελλοντικές εκδόσεις έχει προβλεφθεί να περιληφθεί και η δυνατότητα αναπαράστασης πολυώροφων κτιρίων ή και συγκροτημάτων όπου κάθε όροφος – συγκρότημα θα αναπαρίσταται με τη μορφή καρτέλας.



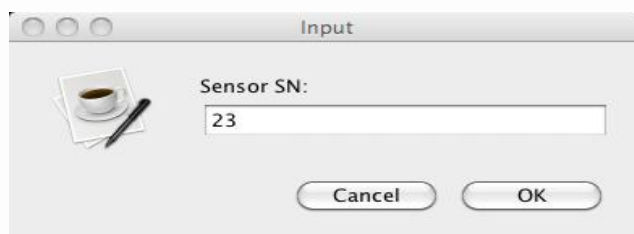
**Εικ. 10: Αρχική εκτέλεση του server**

Ταυτόχρονα ενεργοποιείται η λειτουργία του server όπου ένα κεντρικό server thread δέχεται συνδέσεις από το δίκτυο και στη συνέχεια ενεργοποιεί ένα ξεχωριστό thread για κάθε εισερχόμενη σύνδεση αναγνωρίζοντας τα input και output streams ώστε να μπορεί να δέχεται και να στέλνει μηνύματα στον client που συνδέθηκε. Κάθε client που θα ενεργοποιηθεί από αυτό το σημείο και μετά θα επικοινωνεί με το server μέσω αυτού του ιδιαίτερου thread που του ανατέθηκε.

Η ενσωμάτωση των νημάτων κρίθηκε απαραίτητη αφού μόνο με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η παράλληλη εκτέλεση τμημάτων του κώδικα. Χωρίς αυτήν την τεχνική, ο εξυπηρετητής θα ήταν σε θέση να επικοινωνεί με έναν μόνο πελάτη σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή. Η δημιουργία των νημάτων στη Java είναι σχετικά απλή διαδικασία αφού αυτά υποστηρίζονται με την έτοιμη κλάση Thread. Η κλάση αυτή περιλαμβάνει όλη την υποδομή για την προετοιμασία του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο θα εκτελεστεί ένα νήμα. Ο κώδικας του νήματος ενσωματώνεται σε μία ειδική μέθοδο που ονομάζεται run. Έτσι η κατασκευή και ενεργοποίηση των νημάτων είναι σχετικά απλή διαδικασία.

Η χρήση νημάτων, εμπεριέχει τους κινδύνους του αποκλεισμού (starvation) ή του αδιεξόδου (deadlock) στις περιπτώσεις που τα νήματα τα οποία εκτελούνται παράλληλα πρέπει να χρησιμοποιήσουν έναν κοινό πόρο του συστήματος όπως για παράδειγμα μία μεταβλητή, ένα αρχείο κλπ. Στην παρούσα φάση δεν αντιμετωπίστηκε τέτοιο πρόβλημα αλλά αναμένεται να επηρεάσει μελλοντικές εκδόσεις του προγράμματος. Η Java παρέχει κατάλληλους μηχανισμούς για το χειρισμό τέτοιων καταστάσεων. Συγκεκριμένα μέρη του κώδικα μπορούν να χαρακτηριστούν σαν synchronized και να μην επιτρέπεται η πρόσβαση περισσότερων του ενός νημάτων σε αυτά, ενώ με τη χρήση κατάλληλων μηχανισμών εξαιρέσεων (exceptions) μπορεί να αναγνωρισθεί και να αντιμετωπισθεί κάθε πιθανό πρόβλημα.

Όταν εκτελείται το πρόγραμμα του client ζητείται από το χρήστη ο κωδικός του αισθητήρα (Εικ. 11). Πρόκειται για έναν αύξοντα αριθμό ο οποίος καταχωρείται στη βάση δεδομένων. Αν ο κωδικός υπάρχει ήδη τότε τα υπόλοιπα στοιχεία ανακτώνται από τη βάση δεδομένων, αλλιώς η θέση του αισθητήρα ζητείται από το χρήστη και ο αισθητήρας εμφανίζεται σαν ξεχωριστό παράθυρο (Εικ. 12) το οποίο παρέχει και την τρέχουσα ένδειξη του αισθητήρα που προσομοιώνεται:



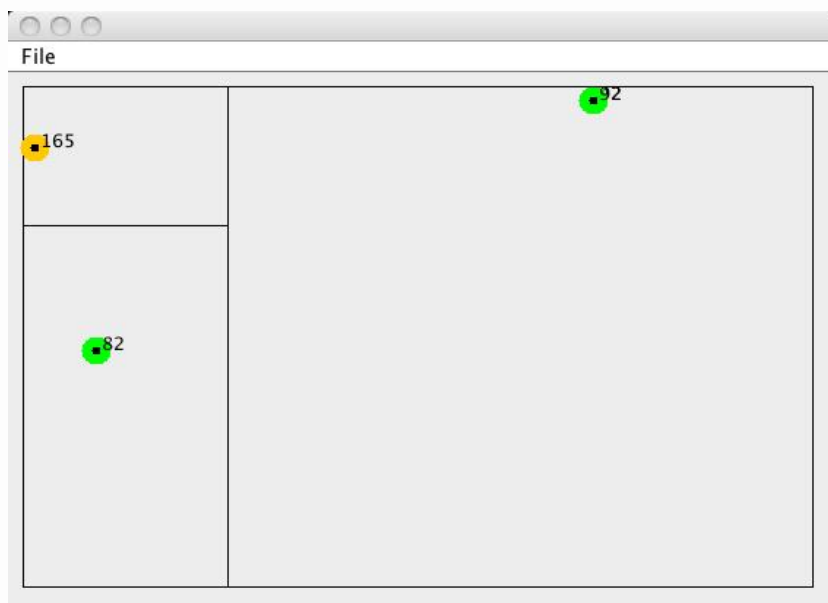
Εικ. 11: Προσθήκη εικονικού αισθητήρα



Εικ. 12: Οθόνη χειρισμού εικονικού αισθητήρα

Κάθε αισθητήρας που ενεργοποιείται εμφανίζεται στο κεντρικό σύστημα (Εικ. 13), ενώ δίπλα του εμφανίζεται η τελευταία μέτρηση και με χρώμα εμφανίζεται η “επικινδυνότητα” της ποσότητας ακτινοβολίας που μετρήθηκε.

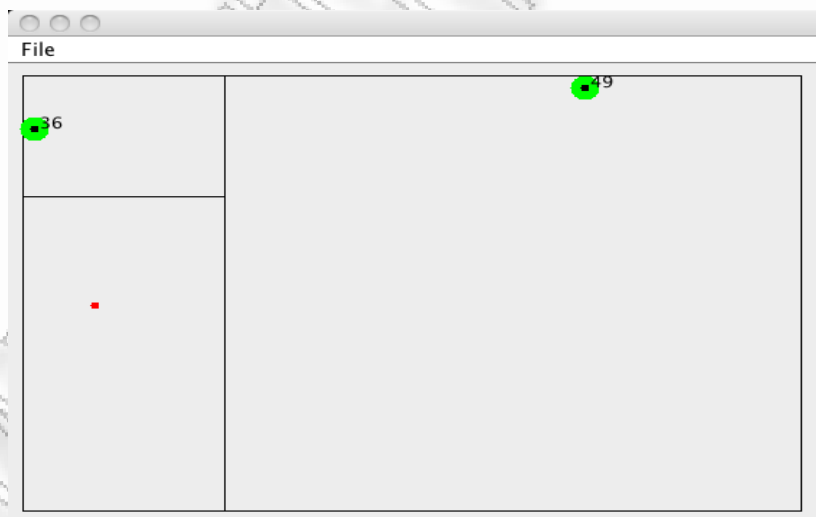
Η απεικόνιση αυτή είναι αρκετά απλή αλλά στη φάση αυτή αποδίδει τη λειτουργικότητα που εξετάζεται. Ένα μελλοντικό σύστημα, ειδικότερα ένα σύστημα που δεν θα προσομοιώνει τους αισθητήρες αλλά θα χρησιμοποιεί πραγματικούς, θα απαιτούσε περισσότερες δυνατότητες στην απεικόνιση, όπως για παράδειγμα κλικ πάνω στον αισθητήρα για την εμφάνιση περισσότερων πληροφοριών που προέρχονται από αυτόν. Όπως και σε προηγούμενες καταστάσεις η ενσωμάτωση τέτοιων λειτουργιών κρίνεται ως απόλυτα εφικτή λόγω της κληρονομικότητας και του πολυμορφισμού που προσφέρει η Java με τις οποίες ιδιότητες μπορεί εύκολα να επεκταθεί η κλάση απεικόνισης ώστε να ενσωματώνει οποιαδήποτε απαίτηση.



**Εικ. 13: Εμφάνιση των ενεργών αισθητήρων στο server**

Στις περιπτώσεις που η μέτρηση ξεπερνά τα όρια επικινδυνότητας που έχουν τεθεί, αυτό επισημαίνεται με έντονο χρώμα (πορτοκαλί για υψηλές τιμές και κόκκινο για εξαιρετικά υψηλές τιμές) ενώ για τις εξαιρετικά υψηλές τιμές παράγεται και αντίστοιχο ηχητικό σήμα.

Σε κάθε περίπτωση που ένας αισθητήρας κλείνει (off) αυτός εμφανίζεται με διαφορετικό



χρώμα (Εικ. 14), ενώ όταν ενεργοποιείται εμφανίζεται και πάλι στην αρχική κατάσταση.

**Εικ. 14: Εμφάνιση απενεργοποιημένου αισθητήρα**

Το χρώμα μεταβάλλεται ανάλογα με την τρέχουσα μέτρηση του αισθητήρα (άσπρο – πράσινο – πορτοκαλί –κόκκινο) όπου το άσπρο χρώμα δείχνει ελάχιστα ποσοστά ακτινοβολίας

ενώ το κόκκινο μέγιστα. Στην περίπτωση κόκκινης ένδειξης, το σύστημα εμφανίζει και μήνυμα προς το χρήστη (alert) (Εικ. 15):



**Εικ. 15: Μήνυμα (alert) επικίνδυνου επιπέδου ακτινοβολίας**

Εφόσον ο χρήστης κλείσει το μήνυμα πατώντας το κουμπί OK, αυτό απενεργοποιείται και δεν ξαναεμφανίζεται για την παρούσα επικίνδυνη μέτρηση. Ανάλογα όμως με τις απαιτήσεις είναι εφικτή η τροποποίηση ώστε να εμφανίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα αν η επικίνδυνη δόση ακτινοβολίας παραμένει.

Σε κάθε περίπτωση που ένας αισθητήρας κλείνει (off) αυτός εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα, ενώ όταν ενεργοποιείται εμφανίζεται και πάλι στην αρχική κατάσταση. Έτσι ο χειριστής του κεντρικού συστήματος είναι σε θέση να γνωρίζει αν σε κάποιο σημείο του κτιρίου απενεργοποιήθηκε ένας αισθητήρας.



**Εικ. 16: Εμφάνιση του server αφού αφαιρεθεί κάποιος αισθητήρας**

Τέλος όταν ένας αισθητήρας κλείνει αυτός αφαιρείται και από το κεντρικό σύστημα (Εικ. 16).

Όλες οι μετρήσεις που γίνονται καταγράφονται στη βάση δεδομένων (Εικ. 17). Η καταγραφή περιλαμβάνει τον κωδικό του αισθητήρα, την ημερομηνία και ώρα της καταγραφής και την μέτρηση του αισθητήρα.



Η καταγραφή στη βάση δεδομένων επιτρέπει την επεξεργασία των μετρήσεων από το πρόγραμμα και την εξαγωγή στατιστικών δεδομένων και συμπερασμάτων. Επομένως, θα μπορούσε να ενσωματωθεί στο πρόγραμμα νέο υποσύστημα το οποίο να παρουσιάζει αυτά τα στοιχεία σε όποιον πρέπει να ενημερωθεί. Το υποσύστημα αυτό θα μπορούσε να βασίζεται σε τεχνολογίες διαδικτύου ώστε να είναι προσβάσιμο από απομακρυσμένες τοποθεσίες. Η Java παρέχει κατάλληλες τεχνολογίες για το σκοπό αυτό όπως JSP, Servlets, κλπ.

sensor_id	date_time	radiation
23	2010-06-20 18:11:37	71
14	2010-06-20 18:11:34	3
23	2010-06-20 18:11:34	22
22	2010-06-20 18:11:34	31
23	2010-06-20 18:11:31	0
22	2010-06-20 18:11:31	131
14	2010-06-20 18:11:31	198
23	2010-06-20 18:11:28	131
22	2010-06-20 18:11:28	57
14	2010-06-20 18:11:28	107
22	2010-06-20 18:11:25	42
14	2010-06-20 18:11:25	78
23	2010-06-20 18:11:25	26

Εικ. 17: Καταγραφή μετρήσεων στη βάση δεδομένων

## 8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Οι μετρήσεις που παράγονται από την προσομοίωση των αισθητήρων ακτινοβολίας αποτελούν τυχαίες τιμές και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης ή για υποβοήθηση στη λήψη αποφάσεων.

Ωστόσο είναι χρήσιμη η στατιστική μελέτη και ανάλυση των μετρήσεων που προκύπτουν από την προσομοίωση ώστε να εκτιμηθεί η λειτουργία της γεννήτριας τυχαίων τιμών.

Για το σκοπό αυτό εκτελέστηκε η παρακάτω δοκιμή: έγινε προσομοίωση τριών αισθητήρων για διάστημα 2 ωρών. Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα αποτελέσματα και υπολογίστηκαν τιμές για το μέσο όρο, τη διάμεσο, τον αριθμητικό μέσο, τη διασπορά, την κεντρική τάση κλπ. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Sensor	14	23	25
Records	171	171	171
Average	65.75	68.95	71.16
Median	50	54	50
Mode	0	0	0
Skew	0.85	0.76	0.84
Std.Dev.	64.73	65.03	69.30
Min	0	0	0
Max	281	257	265

Τα απλά στατιστικά στοιχεία, όπως ο μέσος όρος ή ο αριθμητικός μέσος, μπορούν να οδηγήσουν σε λάθος συμπεράσματα. Αντίθετα η κανονική κατανομή μας ενημερώνει για την απόκλιση των τιμών από το μέσο όρο. Χαμηλές τιμές στην κανονική κατανομή δείχνουν ότι οι ενδείξεις του δείγματος βρίσκονται πολύ κοντά στο μέσο όρο ενώ αντίθετα υψηλές τιμές δείχνουν ότι οι μετρήσεις διασπείρονται σε μεγάλο εύρος τιμών. Εφόσον ένα πείραμα εκτελεστεί αρκετές φορές και η τιμή της κανονικής κατανομής παραμένει σταθερή, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν υπάρχουν μη αναμενόμενες ή συχνές οριακές τιμές στο πείραμα.

Από τις μετρήσεις αυτές μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η προσομοίωση των αισθητήρων λειτουργεί ικανοποιητικά, δεδομένου ότι οι τιμές κυμαίνονται στο εύρος που είχε καθοριστεί από τη μελέτη των πραγματικών αισθητήρων και εμφανίζεται ικανοποιητική διασπορά των τιμών καθώς και ακραίες τιμές (outliers) σε λίγες περιπτώσεις.

Οι τιμές που καταγράφονται στο πείραμα αποτελούν μια χρονική σειρά δεδομένων η οποία εμφανίζεται σε πληθώρα περιπτώσεων και απεικονίζονται καλύτερα σαν γράφημα με άξονες το χρόνο και τη μέτρηση στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Jiang, 2010 και Steele & Iliinsky, 2010). Για να γίνει αυτό ήταν αναγκαία και η ταξινόμησή τους σύμφωνα με τη χρονική στιγμή της μέτρησης. Οι μετρήσεις παρουσιάζονται παρακάτω και σε μορφή γραφήματος για κάθε αισθητήρα (Εικ. 18):





**Εικ. 18:** Στατιστική ανάλυση των μετρήσεων διάφορων αισθητήρων

Από την απεικόνιση αυτή προκύπτει εύκολα ότι το σύστημα προσομοίωσης παράγει τυχαίες τιμές και η συμπεριφορά του κάθε αισθητήρα εμφανίζεται διαφορετική.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε προσομοιώνει το δίκτυο αισθητήρων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι αισθητήρες αναπαρίστανται σαν ξεχωριστά, αυτόνομα προγράμματα έτσι ώστε να είναι εφικτή η αντικατάστασή τους με πραγματικούς αισθητήρες. Η ανάπτυξη των εικονικών αισθητήρων και η διασύνδεσή τους με το κεντρικό σύστημα έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εφικτή η τροποποίηση στα πραγματικά δεδομένα ενός φυσικού αισθητήρα.

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι το σύστημα λειτουργεί σύμφωνα με τη λογική που σχεδιάστηκε και προσομοιώνει τους αισθητήρες με ρεαλιστικό τρόπο.

Ένα τέτοιο σύστημα επομένως είναι εφικτό και θα ήταν χρήσιμο σε οργανισμούς αλλά και σε ιδιώτες οι οποίοι θα ήθελαν να ελέγχουν συγκεκριμένους χώρους όσον αφορά τη “μόλυνσή” τους από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η παρεχόμενη πληροφορία θα μπορούσε να αποτελέσει μέρος ενός συστήματος υποβοήθησης στη λήψη αποφάσεων ώστε να εντοπίζονται οι πηγές της ακτινοβολίας και να περιορίζεται η χρήση τους ή να γίνεται καλύτερη κατανομή ώστε να μην επιβαρύνονται συγκεκριμένα σημεία σε επικίνδυνο βαθμό.

Επόμενο βήμα θα αποτελούσε η κατασκευή και χρήση πραγματικού αισθητήρα και η ενσωμάτωσή του στο σύστημα ώστε αυτό να λειτουργεί με πραγματικά δεδομένα αντί των τυχαίων τιμών της προσομοίωσης.

Η κατασκευή ενός τέτοιου πραγματικού συστήματος θα μπορούσε να βοηθήσει οργανισμούς ή ιδιώτες στην ανάλυση και εξακρίβωση των ποσοτήτων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που δέχεται ο χώρος εργασίας ή ένα σπίτι. Η μελέτη των δεδομένων και των μετρήσεων που θα προέκυπταν από ένα τέτοιο σύστημα θα έκανε δυνατή την μείωση όσο είναι δυνατόν της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, ενώ ο συνδυασμός τέτοιων τοπικών συστημάτων σε ένα δίκτυο ευρείας περιοχής θα βοηθούσε στο να μελετηθεί καλύτερα η επιβάρυνση του χώρου και οι πηγές που την προκαλούν.

Επιπλέον ένα μελλοντικό σύστημα θα πρέπει να κάνει ευρύτερη χρήση της γλώσσας XML και να ενσωματώνει τη δυνατότητα για παραμετρικό καθορισμό του τύπου της βάσης δεδομένων ώστε να είναι εύκολα προσαρμόσιμο στις απαιτήσεις κάθε οργανισμού που θα ήθελε να το χρησιμοποιήσει.

## Παραπομπές

- [1] Halliday-Resnick ΦΥΣΙΚΗ Μέρος Β', 1962, Εκδόσεις Γ.Α.Πνευματικός, Αθήνα
- [2] Halliday-Resnick ΦΥΣΙΚΗ Μέρος Β', 1962, Εκδόσεις Γ.Α.Πνευματικός, Αθήνα
- [3] International Radiation Protection Association/World Health Organization
- [4] Σχολικό Βιβλίο Φυσικής Β' Λυκείου- Γενικής Παιδείας, συγγραφική ομάδα: Αλεξάκης Νίκος, Αμπατζής Σταύρος, Γκουγκούσης Γιώργος, Κουντούρης Βαγγέλης, Μοσχοβίτης Νίκος, Οβαδίας Σάββας, Πετρόχειλος Κλεομένης, Σαμπράκος Μενέλαος, Ψαλίδας Αργύρης
- [5] IRPA Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 KHz to 300 GHz, Health Physics
- [6] Λουΐζη Άννου, Επίκουρη Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσικής: Επίδραση της μη ιοντίζουσας ηλιακής ακτινοβολίας- Είδη ακτινοβολιών - ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΗΜΕΡΙΔΑΣ: ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ: ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
- Λουΐζη Α, Προυκάκης Χ. (1993) Βιολογικές Επίδράσεις, Όρια και Κανονισμοί για την Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία στην Περιοχή 300Hz έως 300GHz
- [7] Πρακτικά ημερίδας Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με θέμα «Η επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την κινητή τηλεφωνία», Μάρτιος 1995
- [8] Denis Henshaw, καθηγητής Φυσικής πανεπιστημίου Bristol Μεγάλης Βρετανίας
- [9] Keath Mc Lawtchlan, Καθηγητής Χημείας Πανεπιστημίου Οξφόρδης
- [10] Σ.Θ. Τσιτομενέας και Κ.Γ.Πάσχου (1992):Τα ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά κύματα στο περιβάλλον και η επικινδυνότητά τους Α' περιβαλλοντικό συνέδριο Ε.Ε.Φ. Καλαμάτα Ιανουάριος
- [11] M.A.Stuchly (1979) : "Interaction of radiofrequency and microwave Radiation with living systems" Radiational and Environmental Biophysics

[12] Χ.Καψάλης (1995), «Μετρήσεις και αξιολόγηση της πυκνότητας ισχύος της RF ακτινοβολίας σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας στην Αττική» Πρακτικά ημερίδας Τ.Ε.Ε.23/3/95

[13] Φ. Κωνσταντίνου (1995) «Μεθοδολογία και παράδειγμα μετρήσεων πυκνότητας ισχύος εκπομπής από βάση GSM», Πρακτικά ημερίδας ΤΕΕ 23/3/95

[14] Ουζούνογλου Ν. (1995) «Η επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την κινητή τηλεφωνία», Πρακτικά ημερίδας ΤΕΕ, 23/3/95

[15] IEEE June 1993 "The cellular phone scare"

[16] ALARA: As Low As Reasonably Achievable

[17] National Council on Radiation Protection

[18] Russian Emf Safety Standards

[19] Segre' E. (1983) Ιστορία της Φυσικής, Από την πτώση των σωμάτων έως τα ραδιοκύματα, Από τις ακτίνες γ έως τα κουάρκ. Μετάφραση: Κ. Μεργιά, Επιστ. Επιμέλεια: Δανέζης Μ., Θεοδοσίου Τ., Εκδόσεις: Δίαυλος

[20] Βαρουτάς Γεώργιος- Ηλιοπούλου Παναγιώτα (2004)  
Διπλωματική Εργασία με θέμα: . Επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα προκλητά εγκεφαλικά δυναμικά- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

[21] Μίχος Νικόλαος (2006), Διπλωματική Εργασία με θέμα: Επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από κινητό gsm900 και από κεραία wifi σε ηλεκτροεγκεφαλογράφο- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

[22] R.Maier, E.Greter, N.Maier. Effects of pulsed electromagnetic fields on cognitive processes-a pilot study on pulsed field interference with cognitive

## **Βιβλιογραφία**

Ουζούνογλου Ν. (1995) « Υπολογισμός της έντασης ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων 50 στο ανθρώπινο σώμα», «ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ»

Λιουλιούσης Κ. (1998) «Μελέτη της έκθεσης των εργαζομένων στο εργοστάσιο Αλουμίνιο της Ελλάδος σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία»

Λιουλιούσης ΚΘ. (1997) Βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας , Εκδόσεις Δίαυλος Αθήνα

Μαργαρίτης Λουκάς, Καθηγητής Κυτταρικής Βιολογίας και Ραδιοβιολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών: Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο

Baik D.K. (2005) "Systems Modeling and Simulation: Theory and Applications: Third Asian Simulation Conference, AsiaSim 2004", Springer

Dakonta M., Obrst L., Smith K. (2003) "The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services and Knowledge Management", Wiley

DuBois P. (2008) "MySQL (Developer's Library)", Addison-Wesley

Eckel B. (2006) "Thinking in Java: The definitive introduction to object-oriented programming in the language of the world wide web", Prentice Hall

Freeman E. (2004) "Head First Design Patterns", O'Reilly

Gamma E, Helm R., Johnson R., Vlissides J. (1994) "Design patterns : elements of reusable object-oriented software", Addison-Wesley

Guizani M., Rayes A., Khan B., Al-Fuqaha A. (2010) "Network Modeling and Simulation: A Practical Perspective: Concepts and Applications", Wiley

GoldenBrains (2010) <http://www.goldenbrains.com/products/68.html> (Τελευταία επίσκεψη: 14-Ιουλ-2010)

Harold E. (2004) "XML Bible, 3<sup>rd</sup> ed.", Wiley

Harold E. (2003) "Processing XML with Java: a Guide to SAX, DOM, JDOM, JAXP, and TrAX", Addison-Wesley

Horstmann C., Cornell G. (2008) "Core Java: Advanced Features v. 2", Prentice Hall

Jiang J. (2010) "Large Sample Techniques for Statistics", Springer

Larman C. (2004) Applying UML and Patterns: "An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development", Prentice Hall

Reese G. (2003) "Java Database Best Practices". O'Reilly

Steele J., Iliinsky N. (2010) "Beautiful Visualization. Looking at Data Through the Eyes of Experts", O'Reilly

## Παράρτημα

```

package client;

import java.awt.BorderLayout;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.event.WindowEvent;
import java.awt.event.WindowListener;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.BufferedWriter;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.io.OutputStreamWriter;
import java.io.PrintWriter;
import java.net.InetAddress;
import java.net.Socket;
import java.net.UnknownHostException;
import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JPanel;
import model.ERSensor;
import util.DBConnection;
import util.SimulatorUtilities;

/**
 * Represents one sensor. The sensor is presented in a window and has the
 * options On and OFF. Upon window closing the database is updated for the
 * disconnect event.
 * When starting the sensor's serial number is asked,
 * An existing sn will get all * sensor's data from the database
 * and when a new sn appears the position of the sensor will also be asked.
 */
public class SensorClient extends JFrame implements WindowListener, Runnable,
ActionListener {

    /** The ip of the server in order to exchange messages */
    private String serverIp;
    /** The sensor model associated with this sensor window */
    private ERSensor sensor;
    /** The thread into which the communication with the server will be executed */
    private Thread thread;
    /** The input buffre - reads whatever the server sends */
    private BufferedReader in;

```

```

/** The output - sends messages to the server */
private PrintWriter out;
/** The on button */
private JButton onBtn;
/** The off button */
private JButton offBtn;
/** A label indicating the current status of the sensor */
private JLabel statusMsg;

/**
 * Constructs the client window and th erespective thread for
 * communication with the server.
 */
public SensorClient() {

    addWindowListener(this);

    DBConnection con = new DBConnection();

    String str = JOptionPane.showInputDialog("Sensor SN:");
    try {
        int sn = Integer.parseInt(str);

        sensor = con.getSensor(sn);

        if(sensor != null) {
            con.connectSensor(sn);
        }
        else {

            int posx = Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("Position x"));
            int posy = Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("Position x"));

            con.createSensor(sn, posx, posy);
            sensor = con.getSensor(sn);
        }
    }

    setSize(250, 150);
    setTitle("#" + sn);

    JPanel mpanel = new JPanel();
    statusMsg = new JLabel("<html><h2>Level: 0</h2></html>");
    mpanel.add(statusMsg);

    add(mpanel, BorderLayout.CENTER);

```



```
JPanel bpanel = new JPanel();

onBtn = new JButton("ON");
onBtn.addActionListener(this);
offBtn = new JButton("OFF");
offBtn.addActionListener(this);

bpanel.add(onBtn);
onBtn.setEnabled(false);
bpanel.add(offBtn);

add(bpanel, BorderLayout.SOUTH);

setDefaultCloseOperation(EXIT_ON_CLOSE);
setVisible(true);

start();
}
catch(NumberFormatException nfe) {
    JOptionPane.showMessageDialog(this, "SN should be a number", "ERROR",
JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
    System.exit(1);
}

}

@Override
public void windowOpened(WindowEvent e) { }

@Override
public void windowClosing(WindowEvent e) {
    DBConnection con = new DBConnection();
    sendMessage("DISCONNECT " + sensor.getSerialNumber());
    con.disconnectSensor(sensor.getSerialNumber());
}

@Override
public void windowClosed(WindowEvent e) { }

@Override
public void windowIconified(WindowEvent e) { }
```

```
@Override
public void windowDeiconified(WindowEvent e) { }

@Override
public void windowActivated(WindowEvent e) { }

@Override
public void windowDeactivated(WindowEvent e) { }

/**
 * Starts a new thread using this object as a Runnable.
 */
public void start() {
    thread = new Thread(this);
    thread.start();
}

@Override
public void run() {
    try {
        InetAddress addr = InetAddress.getByName(serverIp);
        int port = Integer.parseInt(SimulatorUtilities.getProperty("socket"));

        Socket socket = new Socket(addr, port);

        in = new BufferedReader(new InputStreamReader(socket.getInputStream()));
        out = new PrintWriter(new BufferedWriter(new
OutputStreamWriter(socket.getOutputStream())), true);

        int meas = sensor.getMeasurement();
        sensor.setLastMeasurement(meas);
        statusMsg.setText("<html><h2>Level: " + sensor.getLastMeasurement() +
"</h2></html>");
        sendMessage("INIT " + sensor.getSerialNumber() + " " + sensor.getXCoord() +
" " + sensor.getYCoord() + " " +
sensor.getLastMeasurement());

        while(true) {
            String str = in.readLine();
            System.out.println(str);

            if(str.equals("GET")) {
```

```

        int m = sensor.getMeasurement();
        sensor.setLastMeasurement(m);
        sendMessage("READING " + sensor.getSerialNumber() + " " + m);
        statusMsg.setText("<html><h2>Level: " + m + "</h2></html>");
    }

    thread.sleep(100);
}

}
catch(UnknownHostException uhe) {
    uhe.printStackTrace();
}
catch(IOException ioe) {
    ioe.printStackTrace();
}
catch(InterruptedException ie) {
    ie.printStackTrace();
}
}
/**
 * Sends a message to the server
 * @param msg The message to be send
 */
public void sendMessage(String msg) {
    out.println(msg);
}

@Override
public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    String source = e.getActionCommand();

    if(source.equals("ON")) {
        sendMessage("ON " + sensor.getSerialNumber() + " " +
sensor.getLastMeasurement());
        onBtn.setEnabled(false);
        offBtn.setEnabled(true);
        statusMsg.setText("<html><h2>Level: " + sensor.getLastMeasurement() +
"</h2></html>");
        sensor.on();
    }
    else if(source.equals("OFF")) {
        sendMessage("OFF " + sensor.getSerialNumber());
        onBtn.setEnabled(true);
        offBtn.setEnabled(false);
        statusMsg.setText("<html><h2>OFF</h2></html>");
        sensor.off();
    }
}

```

```
    }  
}  
  
/**  
 * Sets the label status of the snsor  
 * @param msg The message on the label  
 */  
public void setMessage(String msg) {  
    statusMsg.setText("<html><h1>" + msg + "</h1></html>");  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    SensorClient c = new SensorClient();  
}  
}
```

```
package model;

import java.io.File;
import java.util.LinkedList;
import javax.xml.parsers.DocumentBuilderFactory;
import javax.xml.parsers.DocumentBuilder;
import org.w3c.dom.Document;
import org.w3c.dom.Element;
import org.w3c.dom.NodeList;
import org.w3c.dom.Node;

/**
 * Loads the rooms of the building under consideration from an XML file
 */
public class BuildingLoader {

    public static LinkedList<Room> getRooms() {
        LinkedList<Room> list = new LinkedList<Room>();

        try {
            File xmlFile = new File("rooms.xml");
            DocumentBuilderFactory dbf = DocumentBuilderFactory.newInstance();
            DocumentBuilder db = dbf.newDocumentBuilder();
            Document doc = db.parse(xmlFile);
            doc.getDocumentElement().normalize();

            NodeList nodeList = doc.getElementsByTagName("room");

            for (int i = 0; i < nodeList.getLength(); i++) {
                Node node = nodeList.item(i);

                if (node.getNodeType() == Node.ELEMENT_NODE) {
                    Element element = (Element) node;

                    NodeList xList = element.getElementsByTagName("xcoord");
                    Element xElement = (Element) xList.item(0);
                    NodeList xNodes = xElement.getChildNodes();
                    int x = Integer.parseInt(xNodes.item(0).getNodeValue());

                    NodeList yList = element.getElementsByTagName("ycoord");
                    Element yElement = (Element) yList.item(0);
                    NodeList yNodes = yElement.getChildNodes();
                    int y = Integer.parseInt(yNodes.item(0).getNodeValue());

                    NodeList wList = element.getElementsByTagName("width");
                    Element wElement = (Element) wList.item(0);
                    NodeList wNodes = wElement.getChildNodes();
```

```
int w = Integer.parseInt(wNodes.item(0).getNodeValue());

NodeList dList = element.getElementsByTagName("depth");
Element dElement = (Element) dList.item(0);
NodeList dNodes = dElement.getChildNodes();
int d = Integer.parseInt(dNodes.item(0).getNodeValue());

NodeList nList = element.getElementsByTagName("name");
Element nElement = (Element) nList.item(0);
NodeList nNodes = nElement.getChildNodes();
String n = nNodes.item(0).getNodeValue();

Room room = new Room(x, y, w, d);
room.setName(n);
list.add(room);
}
}
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
}

return list;
}
}
```

package model;

import java.util.Random;

/\*\*

\* Emulates an electromagnetic radiation sensor.

\* Assumes a range of 0-199 mG as the most frequent range but it

\* also gives a 2% chance for extreme values.

\*/

public class ERSensor {

/\*\* The serial number of the device \*/

private int serialNumber;

/\*\* The x coordinate of the sensor \*/

private int xCoord;

/\*\* The y coordinate of the sensor \*/

private int yCoord;

/\*\* The status of the sensor (1.on - 0.off) \*/

private int status;

/\*\* The last measurement \*/

private int lastMeasurement;

/\*\*

\* Constructs a sensor with the default sampling time of 30000 msec

\*/

public ERSensor(int sn, int x, int y) {

    setSerialNumber(sn);

    moveTo(x, y);

    status = 1;

    lastMeasurement = 0;

}

/\*\*

\* Moves the sensor to the specified location

\*/

public void moveTo(int x, int y) {

    xCoord = x;

    yCoord = y;

}

/\*\*

\* Gives the current measurement

\*/

```
public int getMeasurement() {
    Random rnd = new Random();
    int measurement = 0;

    int probability = rnd.nextInt(100);
    // 20% no radiation
    if (probability < 20) {
        measurement = 0;
    } // 50% radiation in the range 1 - 100 mG
    else if (probability < 70) {
        measurement = rnd.nextInt(100) + 1;
    } // 18% radiation in the range 101 - 170 mG
    else if (probability < 88) {
        measurement = rnd.nextInt(70) + 101;
    } // 10% radiation in the range 171 - 200 mG
    else if (probability < 98) {
        measurement = rnd.nextInt(30) + 171;
    } // 2% radiation has extreme values > 200 mG
    else {
        measurement = rnd.nextInt(100) + 200;
    }

    lastMeasurement = measurement;

    return measurement;
}

public int getXCoord() {
    return xCoord;
}

public int getYCoord() {
    return yCoord;
}

public int getSerialNumber() {
    return serialNumber;
}

public void setSerialNumber(int serialNumber) {
    this.serialNumber = serialNumber;
}

public void on() {
```



```
        status = 1;
    }

    public void off() {
        status = 0;
    }

    public int getStatus() {
        return status;
    }

    public void setLastMeasurement(int lm) {
        lastMeasurement = lm;
    }

    public int getLastMeasurement() {
        return lastMeasurement;
    }

    public boolean isOn() {
        return status == 1;
    }
}
```

```
package model;

import java.util.Iterator;
import java.util.LinkedList;

/**
 * Represents a room of the building which is examines for radiation
 */
public class Room {

    /** The x coordinate of the room's upper left corner */
    private int xCoord;
    /** The y coordinate of the room's upper left corner */
    private int yCoord;
    /** The width of the room */
    private int width;
    /** The depth of the room */
    private int depth;
    /** The room's name */
    private String name;

    /** A list of the sensors in the room */
    private LinkedList<ERSensor> sensors;

    /** Maximum radiation value read in the room */
    private int max;
    /** The total of sensor measurements */
    private long total;
    /** The number of measurements */
    private int counter;

    /**
     * Creates a new Room with the specified location - dimensions
     */
    public Room(int x, int y, int w, int d) {
        xCoord = x;
        yCoord = y;
        width = w;
        depth = d;
        name = "";

        sensors = new LinkedList<ERSensor>();

        max = 0;
        total = 0;
        counter = 0;
    }
}
```

```
/**
 * Adds a sensor to the room.
 * Sensor's simulation is assumed to have been started by the controller.
 */
public void add(ERSensor sensor) {
    sensors.add(sensor);
}

/**
 * Sets the name of the room
 */
public void setName(String n) {
    name = n;
}

/**
 * Reads the data from the sensors and updates the room's statistics
 */
public void readSensors() {
    Iterator<ERSensor> it = sensors.iterator();

    while(it.hasNext()) {
        ERSensor sensor = it.next();
        int m = sensor.getMeasurement();
        if(max < m) {
            max = m;
        }
        total += m;
        counter++;
    }
}

/**
 * Gives the max radiation measurement for the room
 */
public int getMax() {
    return max;
}

/**
 * Gives the average radiation of the room
 */
public double getMean() {
```

```
        if(counter == 0) {
            return 0;
        }
        return (double)total/counter;
    }

    public int getXCoord() {
        return xCoord;
    }

    public int getYCoord() {
        return yCoord;
    }

    public int getWidth() {
        return width;
    }

    public int getDepth() {
        return depth;
    }

    public String getName() {
        return name;
    }
}
```

```
package server;

import java.awt.BorderLayout;
import java.awt.Color;
import java.awt.Graphics2D;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.event.MouseEvent;
import java.awt.event.MouseListener;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.BufferedWriter;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.io.OutputStreamWriter;
import java.io.PrintWriter;
import java.net.ServerSocket;
import java.net.Socket;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Iterator;
import java.util.LinkedList;
import model.BuildingLoader;
import model.ERSensor;
import model.Room;
import util.SimulatorUtilities;

/**
 * Controls the simulation execution and responds to events
 */
public class Controller implements ActionListener, MouseListener, Runnable {

    /** The main frame of the application */
    private MainFrame mainFrame;
    /** The panel where the simulation is presented */
    private SimulationPanel simPanel;
    /** A list with the rooms */
    private LinkedList<Room> rooms;
    /** A list of sensors */
    private LinkedList<ERSensor> sensors;

    public static final int MODE_IDLE = 0;
    public static final int MODE_ADD_SENSOR = 1;
    /** The mode of the application */
    private int mode;

    private ArrayList<ServerThread> threadList;

    private Thread thread;
```

```
private SimulationThread sthread;

/**
 * Creates the controller and sets the simulation environment
 */
public Controller() {

    threadList = new ArrayList<ServerThread>();

    mode = MODE_IDLE;
    rooms = BuildingLoader.getRooms();
    sensors = new LinkedList<ERSensor>();

    mainFrame = new MainFrame(this);

    simPanel = new SimulationPanel(this);

    mainFrame.add(simPanel, BorderLayout.CENTER);
    mainFrame.setVisible(true);
    simPanel.repaint();

    start();

    sthread = new SimulationThread(this);
    sthread.start();

    RefresherThread refresher = new RefresherThread(this);
    refresher.start();
}

public void start() {
    thread = new Thread(this);
    thread.start();
}

/**
 * Checks if a x,y coordinate is within a room
 */
public Room isInRoom(int x, int y) {
    Room room = null;

    Iterator<Room> it = rooms.iterator();
    while(it.hasNext()) {
        Room temp = it.next();
```

```

        if(x > temp.getXCoord() && x < temp.getXCoord()+temp.getWidth()) {
            if(y > temp.getYCoord() && y < temp.getYCoord()+temp.getDepth()) {
                room = temp;
                break;
            }
        }
    }
}
return room;
}

/**
 * Draws the rooms and sensors on the specified Graphics context
 */
public void draw(Graphics2D g2) {
    Iterator<Room> rit = rooms.iterator();

    while(rit.hasNext()) {
        Room room = rit.next();
        g2.setColor(Color.BLACK);
        g2.drawRect(room.getXCoord(), room.getYCoord(), room.getWidth(),
room.getDepth());
    }

    Iterator<ServerThread> it = threadList.iterator();

    while(it.hasNext()) {
        ERSensor s = it.next().getSensor();

        if(s.isOn()) {
            int m = s.getLastMeasurement();

            if(m < 10) {
                g2.setColor(Color.WHITE);
            }
            else if(m < 100) {
                g2.setColor(Color.GREEN);
            }
            else if(m < 200) {
                g2.setColor(Color.ORANGE);
            }
            else {
                g2.setColor(Color.RED);
                mainFrame.alert();
            }
            g2.fillOval(s.getXCoord()-10, s.getYCoord()-10, 20, 20);

            g2.setColor(Color.BLACK);
        }
    }
}

```

```
        g2.fillOval(s.getXCoord()-3, s.getYCoord()-3, 6, 6);
        g2.drawString(Integer.toString(s.getLastMeasurement()), s.getXCoord()+4,
s.getYCoord());
    }
    else {
        g2.setColor(Color.RED);
        g2.fillOval(s.getXCoord()-3, s.getYCoord()-3, 6, 6);
    }
}
}
```

```
public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    String source = e.getActionCommand();

    if(source.equals("add_sensor")) {
        mode = MODE_ADD_SENSOR;
    }
    else if(source.equals("refresh")) {
        simPanel.repaint();
    }
}
```

```
public void mouseClicked(MouseEvent e) {
    int x = e.getX();
    int y = e.getY();

    Room room = isInRoom(x, y);
    if(room != null) {
        System.out.println(room.getName());
        if(mode == MODE_ADD_SENSOR) {
            ERSensor sensor = new ERSensor(1, x, y);
            sensors.add(sensor);
            room.add(sensor);

            mode = MODE_IDLE;

            simPanel.repaint();
        }
    }
}
```

```
public void mousePressed(MouseEvent e) { }
```



```
public void mouseReleased(MouseEvent e) { }

public void mouseEntered(MouseEvent e) { }

public void mouseExited(MouseEvent e) { }

public void refresh() {
    simPanel.repaint();
}

public static void main(String[] args) {
    Controller app = new Controller();
}

public void run() {
    try {
        String port = SimulatorUtilities.getProperty("socket");
        ServerSocket serverSocket = new ServerSocket(Integer.parseInt(port));

        System.out.println("Server started " + serverSocket);

        while(true) {

            Socket socket = serverSocket.accept();

            System.out.println("Connection accepted " + socket);

            BufferedReader in = new BufferedReader(new
InputStreamReader(socket.getInputStream()));
            PrintWriter out = new PrintWriter(new BufferedWriter(new
OutputStreamWriter(socket.getOutputStream()), true);

            ServerThread reader = new ServerThread(in, out, this);
            threadList.add(reader);
            reader.start();

        }
    }
    catch(IOException ioe) {
        ioe.printStackTrace();
    }
}
```

```
public void addSensor(ERSensor s) {
    Room room = isInRoom(s.getXCoord(), s.getYCoord());
    sensors.add(s);
    if(room != null) {
        room.add(s);
    }
    simPanel.repaint();
}

public void removeSensor(int sn) {
    Iterator<ServerThread> it = threadList.iterator();
    while(it.hasNext()) {
        ServerThread tmp = it.next();
        if(tmp.getSensor().getSerialNumber() == sn) {
            it.remove();
            System.out.println("Removed " + sn);
            break;
        }
    }
    simPanel.repaint();
}

public ArrayList<ServerThread> getThreadList() {
    return threadList;
}
}
```

```
package server;

import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JMenu;
import javax.swing.JMenuBar;
import javax.swing.JMenuItem;
import javax.swing.JOptionPane;

/**
 * Main frame of the simulation application
 */
public class MainFrame extends JFrame {

    /** The controller (and event listener) of the simulation */
    private Controller control;

    private boolean alertOn;

    /**
     * Creates the frame
     */
    public MainFrame(Controller c) {
        setSize(800, 600);

        control = c;
        alertOn = false;

        createMenu();

        setDefaultCloseOperation(EXIT_ON_CLOSE);
    }

    public void createMenu() {
        JMenuBar mbar = new JMenuBar();

        JMenu fileMenu = new JMenu("File");

        JMenuItem addSensor = new JMenuItem("Add Sensor");
        addSensor.setActionCommand("add_sensor");
        addSensor.addActionListener(control);

        JMenuItem refresh = new JMenuItem("Refresh");
        refresh.setActionCommand("refresh");
        refresh.addActionListener(control);
    }
}
```

```
fileMenu.add(addSensor);
fileMenu.addSeparator();
fileMenu.add(refresh);

mbar.add(fileMenu);

setJMenuBar(mbar);
}

public void alert() {
    if(!alertOn) {
        alertOn = true;
        JOptionPane.showMessageDialog(this, "High Radiation", "ALERT",
JOptionPane.WARNING_MESSAGE);
        alertOn = false;
    }
}
}
/*
* To change this template, choose Tools | Templates
* and open the template in the editor.
*/
```

```
package server;

/**
 *
 * @author george
 */
public class RefresherThread extends Thread {

    private Controller control;

    public RefresherThread(Controller c) {
        control = c;
    }

    @Override
    public void run() {
        while(true) {
            try {
                control.refresh();
                sleep(1000);
            }
            catch(InterruptedException ie) {
                ie.printStackTrace();
            }
        }
    }
}
```

```
package server;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.StringTokenizer;
import model.ERSensor;
import util.DBConnection;

/**
 *
 */
public class ServerThread extends Thread {

    private BufferedReader in;
    private PrintWriter out;
    private Controller center;
    private int deviceSN;

    private ERSensor sensor;

    public ServerThread(BufferedReader in, PrintWriter out, Controller c) {
        this.in = in;
        this.out = out;
        center = c;
    }

    public void setSensor(ERSensor s) {
        sensor = s;
    }

    public ERSensor getSensor() {
        return sensor;
    }

    public void run() {

        try {
            while(true) {
                String str = in.readLine();
                System.out.println(str);

                StringTokenizer tok = new StringTokenizer(str);
                String type = tok.nextToken();

                if(type.equals("INIT")) {
                    addSensor(tok);
                }
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}
```

```
        }
        else if(type.equals("DISCONNECT")) {
            break;
        }
        else if(type.equals("ON")) {
            sensor.on();
            int s = Integer.parseInt(tok.nextToken());
            int rd = Integer.parseInt(tok.nextToken());
            sensor.setLastMeasurement(rd);
        }
        else if(type.equals("OFF")) {
            sensor.off();
        }
        else if(type.equals("READING")) {
            int s = Integer.parseInt(tok.nextToken());
            int rd = Integer.parseInt(tok.nextToken());
            recordEvent(rd);
            sensor.setLastMeasurement(rd);
        }
        }

        sleep(100);
    }
    center.removeSensor(deviceSN);
    System.out.println("Sensor " + sensor.getSerialNumber() + " disconnected");
}
catch(IOException ioe) {
    ioe.printStackTrace();
}
catch(InterruptedException ie) {
    ie.printStackTrace();
}
}

public void recordEvent(int type) {
    DBConnection con = new DBConnection();
    con.recordEvent(sensor.getSerialNumber(), type);
}

public void addSensor(StringTokenizer tok) {
    // Format: <sn> <posx> <posy>
    int sn = Integer.parseInt(tok.nextToken());
    int px = Integer.parseInt(tok.nextToken());
    int py = Integer.parseInt(tok.nextToken());
    int m = Integer.parseInt(tok.nextToken());
    deviceSN = sn;
}
```

```
sensor = new ERSensor(sn, px, py);
sensor.setLastMeasurement(m);

center.addSensor(sensor);
}

public void sendMessage(String msg) {
    out.println(msg);
}

public int getSensorSN() {
    return sensor.getSerialNumber();
}

public void setSensorSN(int deviceSN) {
    this.deviceSN = deviceSN;
}

}
```



```
package server;

import java.awt.Graphics;
import java.awt.Graphics2D;
import javax.swing.JPanel;

/**
 * The panel where the visual info of the simulation appears
 */
public class SimulationPanel extends JPanel {

    /** The controller (and mouse listener) of the application */
    private Controller control;

    /**
     * Creates the panel
     */
    public SimulationPanel(Controller c) {
        control = c;
        addMouseListener(control);
    }

    @Override
    public void paint(Graphics g) {
        Graphics2D g2 = (Graphics2D)g;

        g2.clearRect(0, 0, getWidth(), getHeight());

        // g2.drawLine(0, getHeight(), getWidth(), getHeight());
        g2.drawLine(1, getHeight()-2, getWidth()-1, getHeight()-2);
        g2.drawLine(getWidth()-1, 1, getWidth()-1, getHeight()-1);

        int xpos = 1;
        int ypos = getHeight() - 1;

        for(xpos = 0; xpos < getWidth(); xpos = xpos+2) {
            if((xpos % 10) == 0) {
                if((xpos % 100) == 0) {
                    g2.drawLine(xpos, getHeight()-1, xpos, getHeight()-14);
                    g2.drawString(Integer.toString(xpos), xpos-15, ypos-16);
                }
                else {
                    g2.drawLine(xpos, getHeight()-1, xpos, getHeight()-8);
                }
            }
        }
    }
}
```

```
    }
    else {
        g2.drawLine(xpos, getHeight()-1, xpos, getHeight()-3);
    }
}

for(ypos = 0; ypos < getHeight(); ypos = ypos+2) {
    if((ypos % 10) == 0) {

        if((ypos % 100) == 0) {
            g2.drawLine(getWidth()-1, ypos, getWidth()-14, ypos);
            g2.drawString(Integer.toString(ypos), getWidth()-40, ypos+4);
        }
        else {
            g2.drawLine(getWidth()-1, ypos, getWidth()-8, ypos);
        }
    }
    else {
        g2.drawLine(getWidth()-1, ypos, getWidth()-3, ypos);
    }
}

control.draw(g2);
}
```

```

package server;

import java.util.ArrayList;
import java.util.Iterator;

/**
 * Sends a GET message in predefined intervals to the several sensor
 * so that they will send back their measurement.
 */
public class SimulationThread extends Thread {

    private Controller control;
    /** Time interval to get a measurement - 60000ms = 1min */
    private int timeInterval = 60000;

    public SimulationThread(Controller c) {
        control = c;
    }

    public void run() {
        while (true) {
            try {
                ArrayList<ServerThread> threads = control.getThreadList();
                Iterator<ServerThread> it = threads.iterator();
                while (it.hasNext()) {
                    ServerThread th = it.next();
                    if(th.getSensor().isOn()) {
                        th.sendMessage("GET");
                    }
                }
                sleep(timeInterval);
            } catch (InterruptedException ie) {
                ie.printStackTrace();
            }
        }
    }
}
/**
 * To change this template, choose Tools | Templates
 * and open the template in the editor.
 */

```

```
package util;

import java.sql.Statement;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import model.ERSensor;

/**
 *
 * @author george
 */
public class DBConnection {

    private Connection con;

    public DBConnection() {
        try {
            String serverIp = SimulatorUtilities.getServerIp();
            int port = SimulatorUtilities.getDBPort();
            con = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://" + serverIp + ":" + port +
"/radiation_simulator", "test", "test");
        }
        catch(SQLException se) {
            se.printStackTrace();
            con = null;
        }
    }

    public ERSensor getSensor(int sn) {
        ERSensor dev = null;

        if(con != null) {
            try {
                Statement st = con.createStatement();
                ResultSet rs = st.executeQuery("SELECT * FROM sensor WHERE sn=" +
sn);
                if(rs.next()) {
                    dev = new ERSensor(sn, rs.getInt("posx"), rs.getInt("posy"));
                }
            }
            catch(SQLException se) {
                se.printStackTrace();
            }
        }
    }
}
```

```
        return dev;
    }

    public void createSensor(int sn, int posx, int posy) {
        if(con != null) {
            try {
                Statement st = con.createStatement();
                st.executeUpdate("INSERT INTO sensor VALUES (" + sn + "," + posx + ","
+ posy + ", 1)");
            }
            catch(SQLException se) {
                se.printStackTrace();
            }
        }
    }

    public void connectSensor(int sn) {
        if(con != null) {
            try {
                Statement st = con.createStatement();
                st.executeUpdate("UPDATE sensor SET status=1 WHERE sn=" + sn);
            }
            catch(SQLException se) {
                se.printStackTrace();
            }
        }
    }

    public void disconnectSensor(int sn) {
        if(con != null) {
            try {
                Statement st = con.createStatement();
                st.executeUpdate("UPDATE sensor SET status=0 WHERE sn=" + sn);
            }
            catch(SQLException se) {
                se.printStackTrace();
            }
        }
    }
}
```

```
public void recordEvent(int sn, int rad) {  
    if(con != null) {  
        try {  
            Statement st = con.createStatement();  
            st.executeUpdate("INSERT INTO event VALUES (" + sn + ",NOW()," + rad  
+ ")");  
        }  
        catch(SQLException se) {  
            se.printStackTrace();  
        }  
    }  
}
```

```
package util;

import java.io.FileInputStream;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.IOException;
import java.util.Properties;

/**
 *
 */
public class SimulatorUtilities {

    public static String getServerIp() {
        return getProperty("server_ip");
    }

    public static int getDBPort() {
        String port = getProperty("db_port");
        if(port == null) {
            return 0;
        }
        else {
            try {
                int p = Integer.parseInt(port);
                return p;
            }
            catch(NumberFormatException nfe) {
                return 0;
            }
        }
    }

    public static String getProperty(String propertyName) {
        String property = null;

        try {
            Properties properties = new Properties();
            FileInputStream propFile = new FileInputStream("sim.properties");
            properties.load(propFile);

            property = properties.getProperty(propertyName);
        }
        catch(FileNotFoundException fe) {
```

```
    }  
    catch(IOException ioe) {  
  
    }  
  
    return property;  
}  
  
// Main - just for testing  
public static void main(String [] args) {  
    System.out.println(getServerIp());  
}  
}
```