



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

## **Μοντελοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ Θ. ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑ**

Επιβλέπων καθηγητής : Ν. Χατζηαργυρίου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2017





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

## Μοντελοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ Θ. ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑ**

Επιβλέπων καθηγητής : Ν. Χατζηαργυρίου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20<sup>η</sup> Μαρτίου 2017

.....  
Ν. Χατζηαργυρίου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Στ. Παπαθανασίου  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Π.Γεωργιλιάκης  
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2017

.....  
Χαρίκλεια Θ. Βουρδουμπά

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Χαρίκλεια Βουρδουμπά, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## **Περίληψη**

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά την ενεργειακή συμπεριφορά ενός διαμερίσματος κάνοντας χρήση του προγράμματος Energy Plus. Γίνεται αναλυτική περιγραφή των σταδίων συμπλήρωσης των παραμέτρων του προγράμματος που δημιουργούν το προφίλ του προς μελέτη κτιρίου και στη συνέχεια γίνεται εξαγωγή και μελέτη των αποτελεσμάτων .

Στη συνέχεια γίνεται επισκόπηση κάποιων μελετών που πραγματεύονται τις τεχνικές πρόβλεψης της ηλεκτρικής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα καθώς και η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία για την μοντελοποίηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης μιας υποθετικής περιοχής 1000 νοικοκυριών.

Τέλος μελετήθηκε το πως οι χρήστες αντιλαμβάνονται το θερμικό περιβάλλον σε αυτά τα δεδομένα και έγινε ανάλυση του δείκτη θερμικής άνεσης και της μεθόδου υπολογισμού του.

**Λέξεις Κλειδιά:** ενεργειακή κατανάλωση, ηλεκτρική κατανάλωση, μοντελοποίηση ηλεκτρικής κατανάλωσης , θερμική άνεση , Energy Plus.



## **Abstract**

The diploma thesis studies the energy consumption profile of an apartment using the energy plus simulation program. All the procedure is described of the program correlations that create the building profile. Then we use the program's output report to study the energy consumption profile of the building.

Afterwards we refer to some load prediction techniques in residential sector and also the technique we developed to represent the electric consumption of an hypothetical area of 1000 household in Greece.

Finally we study how the occupants perceive the thermal environment under specific circumstances and the method of the thermal comfort calculation.

**Keywords:** energy consumption, electric consumption, modeling household energy consumption, thermal comfort, Energy Plus.





## Περιεχόμενα

### 1.Εισαγωγή

1.1 Ενεργειακό καθεστώς στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	12
1.2 Ενεργειακό καθεστώς στην Ελλάδα.....	13
1.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή ένωση.....	14
1.4 Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα.....	15
1.5 Ελληνική νομοθεσία.....	20

### 2.Περιβάλλον προσομοίωσης Energy Plus

2.1 Βασικά χαρακτηριστικά.....	27
2.2 Διαδικασία προσομοίωσης.....	28
2.3 Περιγραφή κτιρίου.....	29
2.4 Εισαγωγή δεδομένων.....	31
2.4.1 Κατηγορία Simulation Parameters.....	32
2.4.2 Κατηγορία Location and Climate.....	32
2.4.3 Κατηγορία Surface Construction Elements.....	33
2.4.4 Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces.....	34
2.4.5 Κατηγορία Schedules.....	36
2.4.6 Εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	37
2.4.7 Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης-θέρμανσης.....	40
2.4.8 Ζήτηση Αποτελεσμάτων (Output Reporting).....	41
2.4.9 Εκτέλεση του προγράμματος.....	42
2.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	43
2.5.1 Ημερήσια θερμοκρασία διαμερίσματος.....	43
2.5.2 Ηλεκτρική κατανάλωση μια τυχαία καλοκαιρινή ημέρα.....	46
2.5.3 Ηλεκτρική κατανάλωση μια τυχαία χειμερινή ημέρα.....	48
2.5.4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας μια τυχαία καλοκαιρινή ημέρα.....	49
2.5.5 Συνολική κατανάλωση ενέργειας μια τυχαία χειμερινή ημέρα.....	50
2.5.6 Συγκριτικό διάγραμμα συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για καλοκαίρι και χειμώνα.....	50
2.5.7 Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	52
2.5.8 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας.....	53
2.6 Αποτελέσματα σε HTML.....	54

2.7 Συμπεράσματα.....	56
3 Τεχνικές μοντελοποίησης και πρόβλεψης της ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα.	
3.1 Εισαγωγή.....	58
3.2 Τεχνικές.....	60
3.2.1 Top- down.....	61
3.2.2 Bottom – up.....	61
3.3 Ηλεκτρική κατανάλωση σπιτιών στην Ιταλία.....	62
3.4 Ηλεκτρική κατανάλωση των νοικοκυριών στο Ηνωμένο Βασίλειο.....	67
3.4.1 Δεδομένα – μεθοδολογία.....	67
3.4.2 Δημιουργία προφίλ κατανάλωσης.....	70
3.4.3 Αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	72
3.5 Ηλεκτρική κατανάλωση των νοικοκυριών στο Ηνωμένο Βασίλειο (2).....	73
3.5.1 Δεδομένα.....	73
3.5.2 Μεθοδολογία.....	75
3.6 Ηλεκτρική κατανάλωση των σπιτιών στην Φινλανδία.....	77
3.6.1 Μεθοδολογία.....	78
3.6.2 Εφαρμογή του μοντέλου και αποτελέσματα.....	81
3.6.3 Εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας.....	82
4 Υπολογισμός της ηλεκτρικής κατανάλωσης μιας περιοχής.....	87
4.1 Επεξεργασία δεδομένων.....	87
4.2 Δημιουργία του μοντέλου υπολογισμού.....	89
4.3 Ηλεκτρική κατανάλωση στα ελληνικά νοικοκυριά.....	91
4.4 Ημερήσια χρήση των ηλεκτρικών συσκευών.....	95
4.5 Υπολογισμός ημερήσιας κατανάλωσης.....	99
4.6 Αποτελέσματα.....	99
4.6.1 Αποτελέσματα ανά τύπο νοικοκυριού.....	99
4.6.2 Συνολικά αποτελέσματα σε 1000 νοικοκυριά.....	104
5.Θερμική άνεση χρήστη.....	107
5.1 Ορισμός.....	107
5.1.1 Ανθρώπινο θερμορυθμιστικό σύστημα.....	108
5.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το αίσθημα θερμικής	

άνεσης.....	108
5.1.3 Θερμική άνεση και Energy Plus.....	110
5.1.4 Περιγραφή μοντέλων θερμικής άνεσης.....	110
5.1.5 Κλίμακα μοντέλων πρόβλεψης της θερμικής άνεσης.....	112
5.2 Μοντέλο θερμικής άνεσης του Fanger.....	113
5.3 Όρια θερμικής αποδοχής κατά ISO.....	115
5.4 Προγραμματισμός παραμέτρων.....	115
5.5 Εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπεράσματα.....	118
5.6 Μελέτη ιδανικής περίπτωσης .....	129
6. Συμπεράσματα.....	127
Παράρτημα.....	129
Βιβλιογραφία.....	131

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Ενεργειακό καθεστώς στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

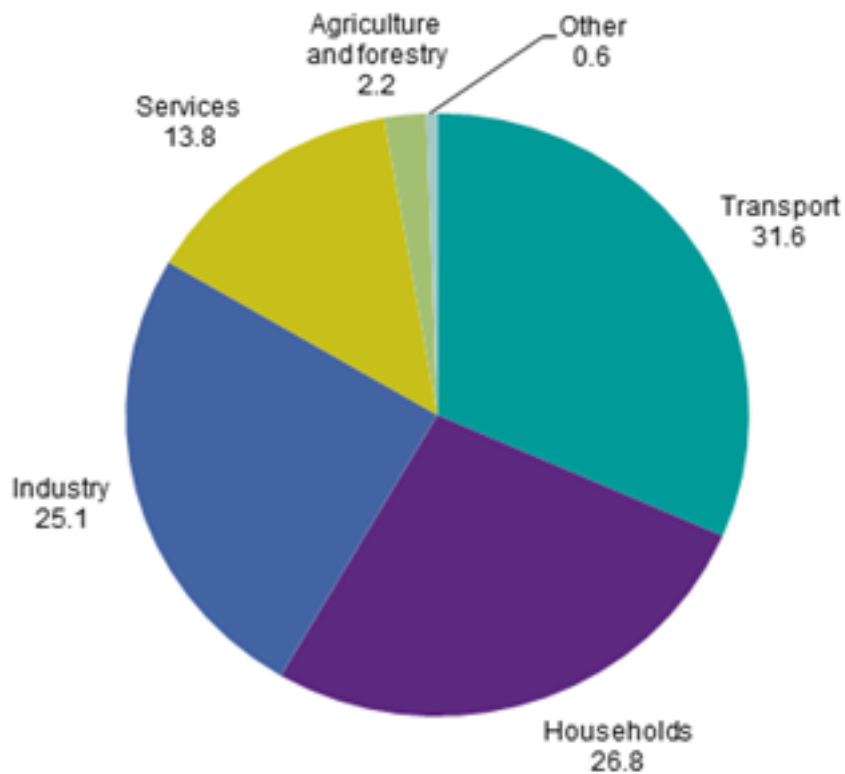
Η τελική κατανάλωση ενέργειας των 28 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (δηλαδή αν εξαιρέσουμε την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και αυτή που χάνεται στα στάδια μετασχηματισμού και μεταφοράς της) ισούται με 1.104 εκατομμύρια toe σύμφωνα με τις τελευταίες μετρήσεις του 2014 από τη Eurostat. Κατά την διάρκεια των 25 τελευταίων ετών η τελική κατανάλωση ενέργειας έφτασε στη μέγιστη τιμή της την περίοδο 2003 – 2008 ενώ από το 2009 και μετά παρουσιάζει συνεχή πτώση κυρίως λόγω της οικονομικής κρίσης σε διεθνές επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή της ήταν το 2006 στα 1.187 εκατομμύρια toe και η απότομη πτώση του 2009 ήταν της τάξης του 5,7 %. Η Γερμανία είναι η χώρα με την υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, η οποία μάλιστα αποτελεί το 20% της συνολικής ευρωπαϊκής. Οι τελικές καταναλώσεις στην Ελλάδα για το 2014 ισοδυναμούν με 15,8 εκατομμύρια toe, παρουσιάζουν μικρή αύξηση σε σχέση με τις τιμές του 1990 και είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τις προηγούμενες μετρήσεις του 2013, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Eurostat.

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	Share in EU-28, 2014 (%)
<b>EU-28</b>	<b>1 081.1</b>	<b>1 082.7</b>	<b>1 132.8</b>	<b>1 191.3</b>	<b>1 163.8</b>	<b>1 105.5</b>	<b>1 104.9</b>	<b>1 106.6</b>	<b>1 061.7</b>	<b>100.0</b>
Belgium	31.5	34.4	37.6	36.6	38.6	35.2	35.0	36.2	34.0	3.2
Bulgaria	16.4	11.4	9.1	10.2	8.8	9.3	9.2	8.8	9.0	0.8
Czech Republic	32.5	26.1	24.8	26.0	24.9	24.1	23.7	23.9	23.0	2.2
Denmark	13.5	14.8	14.7	15.5	15.5	14.8	14.2	14.1	13.5	1.3
Germany	228.9	221.6	220.0	218.5	219.7	208.8	212.1	217.7	208.9	19.7
Estonia	5.7	2.6	2.4	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	0.3
Ireland	7.3	8.0	10.8	12.6	12.0	10.9	10.6	10.7	10.8	1.0
Greece	14.7	15.8	18.7	21.0	19.1	19.0	17.1	15.3	15.6	1.5
Spain	57.1	64.0	79.9	97.8	89.1	86.7	83.2	80.8	79.2	7.5
France	136.2	143.5	155.3	160.2	155.0	143.8	148.0	151.9	141.7	13.4
Croatia	6.5	5.3	6.0	7.2	7.2	7.0	6.7	6.6	6.2	0.6
Italy	107.7	114.6	124.7	137.2	128.5	123.1	121.8	118.5	113.4	10.7
Cyprus	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.6	0.2
Latvia	6.4	3.8	3.3	4.0	4.1	3.9	4.0	3.9	3.9	0.4
Lithuania	9.7	4.6	3.8	4.6	4.8	4.7	4.8	4.7	4.8	0.5
Luxembourg	3.3	3.1	3.5	4.5	4.3	4.3	4.2	4.1	4.0	0.4
Hungary	19.9	16.2	16.1	18.2	16.5	16.1	14.8	15.3	15.4	1.4
Malta	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
Netherlands	41.8	51.0	52.3	54.2	55.1	51.6	51.5	51.6	47.3	4.5
Austria	19.3	21.4	23.7	27.8	28.0	27.1	27.0	27.9	26.8	2.5
Poland	59.9	62.9	55.3	58.5	66.4	64.8	64.4	63.3	61.6	5.8
Portugal	11.9	13.9	17.9	19.0	18.1	17.3	16.0	15.9	15.8	1.5
Romania	40.8	27.0	22.8	24.7	22.6	22.8	22.8	21.8	21.7	2.0
Slovenia	3.7	4.1	4.5	4.9	5.0	5.0	4.9	4.8	4.6	0.4
Slovakia	15.2	11.0	11.0	11.6	11.5	10.8	10.3	10.6	10.1	0.9
Finland	21.7	22.0	24.3	25.2	26.2	25.0	25.2	24.7	24.4	2.3
Sweden	31.2	35.1	35.0	33.7	34.1	32.4	32.4	31.6	31.2	2.9
United Kingdom	136.9	142.7	153.2	152.7	143.3	132.0	135.9	137.2	129.8	12.2
Iceland	1.4	1.5	1.9	2.0	2.6	2.7	2.7	2.9	2.9	–
Norway	16.1	16.9	18.1	18.6	19.6	18.7	18.8	19.0	18.4	–
Montenegro	–	–	–	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	–
FYR of Macedonia	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.8	1.8	1.7	–
Albania	1.9	0.9	1.5	1.9	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1	–
Serbia	11.8	6.1	6.9	9.6	9.0	9.2	8.5	8.3	7.8	–
Turkey	38.6	45.1	56.2	63.4	74.0	78.7	84.2	82.9	85.9	–
Bosnia and Herzegovina	3.3	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.9	4.5	–
Kosovo (under UNSCR 1244/99)	–	–	0.8	1.0	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	–

Source: Eurostat (online data code: nrg\_100a)

Πίνακας 1-1 Καταναλώσεις ενέργειας ανά χώρα

Οι τρεις κύριοι τομείς στους οποίους έχουμε τα υψηλότερα ποσοστά καταναλώσεων ενέργειας είναι οι μεταφορές , η βιομηχανία και ο οικιακός τομέας. Παρατηρώντας λοιπόν ότι το ποσοστό της τελικής ενέργειας που καταναλώνεται στα νοικοκυριά είναι 26,8%, δηλαδή πάνω από το ένα τέταρτο καταλαβαίνουμε πόσο σημαντική είναι η λήψη μέτρων που θα έχουν ως στόχο την μείωση των καταναλώσεων.



Διάγραμμα 1-1. Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα στην Ε.Ε. [ Πηγή Eurostat]

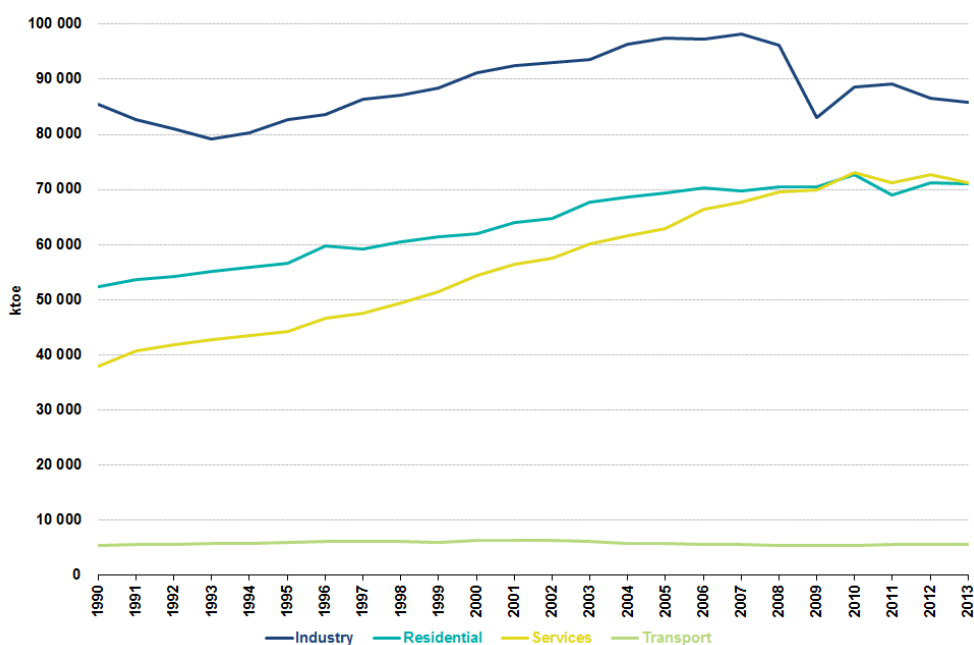
## 1.2 Ενεργειακό καθεστώς στην Ελλάδα.

Ο λιγνίτης είναι η κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Τα 4/5 της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτονται από ορυκτά καύσιμα. Το φυσικό αέριο εισήχθη για πρώτη φορά το 1996 και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισαν

να αποτελούν αξιοσημείωτη πηγή από τα τέλη της δεκαετίας του 90. Αναλύοντας την τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο διαπιστώνεται ότι τα προϊόντα πετρελαίου παίρνουν τη μερίδα του λέοντος καλύπτοντας τα 2/3 της ζήτησης, ενώ ο ηλεκτρισμός ανέρχεται σε άνω του 1/5 της τελικής κατανάλωσης.

### **1.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.**

Εστιάζοντας το ενδιαφέρον της μελέτης μας στην τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις 28 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρατηρούμε αύξηση κατά 32,5% την περίοδο 1990 – 2008. Λόγω της οικονομικής κρίσης που ήρθε στην επιφάνεια το 2009 είχαμε μια μείωση κατά 5,2%, έως ότου επανέλθει στα προηγούμενα επίπεδα το 2010. Καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου από το 1990 μέχρι το 2013 που έγιναν και οι τελευταίες επίσημες μετρήσεις από την Ε.Ε. , η ηλεκτρική κατανάλωση αυξήθηκε κατά 28,1%. Η τεράστια αυτή αύξηση είναι αποτέλεσμα των αλλαγών στο συνολικό αριθμό των νοικοκυριών καθώς και του αριθμού των ατόμων από τα οποία αποτελούνται τα νοικοκυριά αυτά - δηλαδή σχετίζεται με δημογραφικά στοιχεία. Επιπλέον, άλλοι παράγοντες που εξηγούν το φαινόμενο είναι η αύξηση των οικιακών συσκευών και των καταναλωτικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται σε ένα σπίτι στο διάστημα αυτό.



Διάγραμμα 1-2 Καταναλώσεις ενέργειας ανά τομέα

## 1.4 Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα.

Σε ότι αφορά την Ελλάδα, πρώτα απ' όλα χρειάζεται να δούμε τα χαρακτηριστικά του κτιριακού αποθέματος, με βασικότερο την παλαιότητα. Σύμφωνα με την καταγραφή των ελληνικών κτιρίων, το 71% κατασκευάστηκε πριν από το 1980, δεν διαθέτει θερμομόνωση και παρουσιάζει χαμηλή ενεργειακή απόδοση, ενώ παράλληλα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις. Σε ότι αφορά τη χρήση τους, το 77% των ελληνικών κτιρίων αντιστοιχεί σε κτίρια κατοικιών και το 23% σε κτίρια του τριτογενή τομέα. Η Ελληνική Στατιστική Αρχή διενήργησε, για πρώτη φορά, κατά το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου 2011 - Σεπτεμβρίου 2012, την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά, με την οποία συλλέχθηκαν πληροφορίες αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας και τα επίπεδα κατανάλωσης για διαφορετικές χρήσεις (θέρμανση - ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης, μαγείρεμα, φωτισμός κ.α.) στον οικιακό τομέα, καθώς και τις ποσότητες και τα είδη των χρησιμοποιούμενων καυσίμων. Επιπρόσθετα, καταγράφηκαν πληροφορίες που αφορούν στις συνήθειες των χρηστών σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά, στα είδη και τον αριθμό των συσκευών και συστημάτων που χρησιμοποιούν, ενώ εξετάστηκε και η διείσδυση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών στον οικιακό τομέα. Τέλος,

συλλέχθηκαν πληροφορίες και στοιχεία για τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των νοικοκυριών. Περίοδοι αναφοράς για τα ενεργειακά δεδομένα είναι οι χειμερινοί (Οκτώβριος 2011 – Απρίλιος 2012) και θερινοί μήνες (Μάιος 2012 - Σεπτέμβριος 2012) καθώς και οι χειμερινοί και θερινοί - πριν τη διενέργεια της έρευνας- μήνες (Οκτώβριος 2010 - Απρίλιος 2011) και (Μάιος 2011 - Σεπτέμβριος 2011), αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του. Επιπρόσθετα, από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε η κατανομή της μέσης ετήσιας συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας κατά το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, χρήσης οπού επικρατεί το πετρέλαιο θέρμανσης με ποσοστό 44,1%, ακολουθούμενο από τον ηλεκτρισμό με ποσοστό 26.8%.

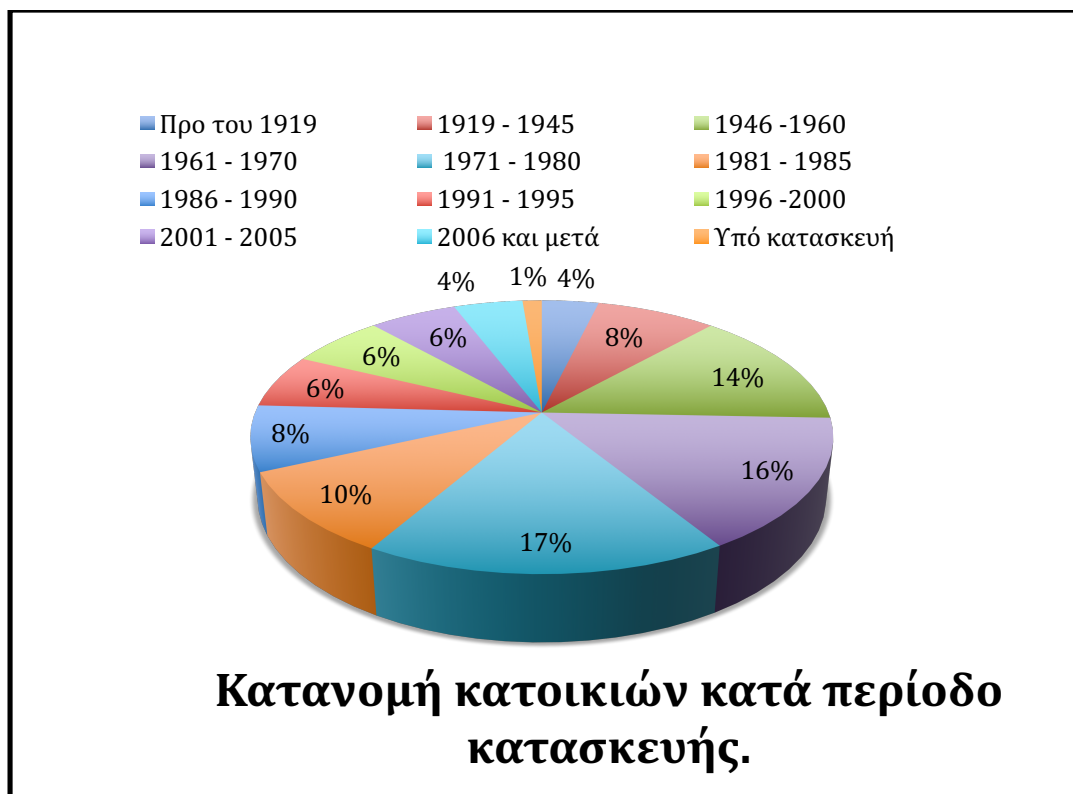
Στον πίνακα που ακολουθεί προκύπτει η κατανομή της μέσης ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας κατά το χρησιμοποιούμενο καύσιμο και κατά το είδος χρήσης.

Είδος ενέργειας	Ποσοστιαία κατανομή νοικοκυριών κατά χρήση ενέργειας για:		
	Μαγείρεμα	Θέρμανση	Ζεστό νερό
ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΟΣ	100,0	100,0	100,0
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	92,9	8,7	49,5
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	0,6	8,5	4,1
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	0,1	66,7	10,1
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	0,0	0,2	32,7
ΒΙΟΜΑΖΑ	0,8	5,7	1,0
ΑΛΛΗ	5,3	5,5	2,4
ΚΑΜΙΑ ΠΗΓΗ	0,3	4,8	0,1

Πίνακας1-2 Κατανομή ενέργειας ανά καύσιμο και ανά είδος χρήσης



Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας υπολογίστηκε βάσει των δαπανών για θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και μαγείρεμα, όπως αυτές καταγράφηκαν στα σχετικά ερωτήματα, σε συνδυασμό με τις μέσες τιμές των καυσίμων κατά τις περιόδους αναφοράς των δαπανών και την καθαρή θερμογόνο δύναμη κάθε καυσίμου και ανέρχεται σε 10244 kWh. Η μεθοδολογική προσέγγιση για την εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας βασίστηκε στις δαπάνες για ηλεκτρική ενέργεια, όπως αυτές καταγράφηκαν από τα νοικοκυριά, στην αντίστοιχη μέση τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αναφοράς των δαπανών, καθώς και στα χαρακτηριστικά και τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών που διαθέτουν τα νοικοκυριά και υπολογίστηκε 3750 kWh. Οι κατοικίες που ερευνήθηκαν ήταν σε ποσοστό 99.9% μόνιμες κατοικίες οι οποίες χρησιμοποιούνται τουλάχιστον έξι μήνες το χρόνο. Η συγκεκριμένη προϋπόθεση τέθηκε προκειμένου να διαθέτει το νοικοκυριό στοιχεία για τουλάχιστον 3 χειμερινούς και 3 θερινούς μήνες. Όπως προέκυψε από τα στοιχεία της έρευνας και φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα το 33% των κτιρίων έχει κατασκευαστεί / αποπερατωθεί τις δεκαετίες '60 και '70, ενώ μόλις το 20% από το 2000 και μετά. Το 42% των κατοικιών βρίσκονται στο ισόγειο των κτιρίων, ενώ το 53,4% σε όροφο (έναν ή και περισσότερους - μεζονέτες).



Διάγραμμα 1-3 Κατανομή κατοικιών κατά περίοδο κατασκευής

Το 73,2% των κατοικιών είναι ιδιόκτητες, εκ των οποίων το 60,8% χωρίς οικονομικές υποχρεώσεις και το 12,4% με οικονομικές υποχρεώσεις (δάνειο, υποθήκη). Πέντε στις δέκα κατοικίες διαθέτουν θερμομόνωση, ενώ ένας στους δέκα κατοίκους δεν γνωρίζει εάν υπάρχει μόνωση στην κατοικία που διαμένει. Το 98,9% των κατοικιών διαθέτουν κάποιο σύστημα / εξοπλισμό θέρμανσης. Το 50,8% των νοικοκυριών χρησιμοποίησε κεντρικό σύστημα θέρμανσης ως κύριο σύστημα θέρμανσης κατά τη χειμερινή περίοδο Οκτωβρίου 2010 – Απριλίου 2011 και Οκτωβρίου 2011 – Απριλίου 2012, το 48,6% κάποιο ανεξάρτητο (αυτόνομο) σύστημα θέρμανσης και το 0,6% τηλεθέρμανση. Το 65,3% των νοικοκυριών ανέφερε ότι διαθέτει διακόπτη αυτονομίας για τη λειτουργία του κεντρικού συστήματος θέρμανσης, ενώ το 34,68% όχι. Τρία στα δέκα νοικοκυριά χρησιμοποιούν εκτός του κύριου συστήματός θέρμανσης και κάποιο συμπληρωματικό σύστημα, το οποίο είναι, κυρίως, το τζάκι (32,3% των νοικοκυριών που χρησιμοποιούν συμπληρωματικό σύστημα θέρμανσης),

ανεξάρτητες μονάδες κλιματισμού (28,2%) και φορητές ηλεκτρικές συσκευές, όπως ηλεκτρική σόμπα, αερόθερμο, καλοριφέρ (26,5%).

Για τις ανάγκες σε ψύξη, έξι στα δέκα νοικοκυριά χρησιμοποιούν κάποιο σύστημα για να ψύχουν την κατοικία τους (ολόκληρη ή τμήμα αυτής) κατά τους ζεστούς μήνες του έτους. Το σύστημα αυτό σε ποσοστό 99,7% αφορά ανεξάρτητες μονάδες κλιματισμού (split units), ενώ κεντρικά συστήματα ψύξης καταγράφονται μόλις για το 0,3 % των νοικοκυριών. Το 66,1% των νοικοκυριών που χρησιμοποιούν κάποιο σύστημα για να ψύχουν την κατοικία τους, κάνει χρήση ανεξάρτητων μονάδων κλιματισμού 2-4 μήνες το χρόνο, ενώ το 30,9% λιγότερο από 2 μήνες.

Στο σημείο αυτό προκύπτουν κάποια κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των μελών των νοικοκυριών με την ενεργειακή τους κατανάλωση τα οποία είναι:

- Η μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά άτομο σε μονομελή νοικοκυριά είναι κατά μέσο όρο 66% υψηλότερη από αυτήν σε νοικοκυριά με περισσότερα μέλη. Αντίστοιχα, η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά άτομο είναι κατά μέσο όρο 69% υψηλότερη στην περίπτωση των μονομελών νοικοκυριών.
- Η μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα νοικοκυριά τα οποία διαθέτουν τουλάχιστον ένα μέλος άνω των 65 ετών είναι υψηλότερη κατά 8% σε σχέση με νοικοκυριά που δεν διαθέτουν ούτε ένα μέλος άνω των 65 ετών. Αντίθετα, τα νοικοκυριά με ένα μέλος άνω των 65 ετών εμφανίζουν χαμηλότερη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 17% σε σχέση με τα νοικοκυριά χωρίς μέλη ηλικίας άνω των 65 ετών.
- Νοικοκυριά με μέλη που εργάζονται εμφανίζουν υψηλότερη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 32% και θερμικής ενέργειας κατά 15% σε σχέση με νοικοκυριά τα οποία δεν διαθέτουν κανένα μέλος που εργάζεται.
- Νοικοκυριά με άνεργα μέλη εμφανίζουν υψηλότερη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 16% και χαμηλότερη μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας κατά 10% σε σχέση με νοικοκυριά τα οποία δεν διαθέτουν κανένα άνεργο μέλος.

- Στις ενοικιασμένες κατοικίες η κατανάλωση θερμικής ενέργειας ήταν χαμηλότερη κατά 52% συγκριτικά με τις ιδιόκτητες και κατά 47% συγκριτικά με τις παραχωρημένες δωρεάν. Επιπλέον, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις ενοικιασμένες κατοικίες ήταν χαμηλότερη κατά 11% συγκριτικά με τις ιδιόκτητες και κατά 1% συγκριτικά με τις παραχωρημένες δωρεάν.

## 1.5 Ελληνική νομοθεσία

Στο πλαίσιο της Κοινοτικής Οδηγίας 91/2002/ΕΚ «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων», η χώρα μας είχε την υποχρέωση να εναρμονιστεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα για την εναρμόνισή μας με την Κοινοτική Οδηγία αυτή ήταν η έκδοση του ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει του νόμου υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.) στον οποίο, μεταξύ άλλων, θα πρέπει να καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών σχετικών προτύπων). Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και η εναρμόνισή μας με τη νέα οδηγία έγινε με την έκδοση του νέου νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις». Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) αποτελεί υποχρέωση της χώρας τόσο προς τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κοινοτική Οδηγία), αλλά περισσότερο προς τους πολίτες της. Ο κτιριακός πλούτος της χώρας πρέπει, σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης, να αποκτήσει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά μέσω της σωστής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο, εκτός από την ασφάλεια και την αισθητική που μέχρι σήμερα ήταν τα κυριότερα

στοιχεία ενός κτιρίου, προστίθεται και η μέριμνα, έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας να είναι κατά το δυνατόν χαμηλότερη, με ταυτόχρονη εξασφάλιση άριστων συνθηκών για τους χρήστες.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του νόμου 4122/2013 εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού.

Η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας προστατεύει άμεσα και έμμεσα το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και επιπλέον συμβάλλει στην οικονομία όχι μόνο των χρηστών των κτιρίων, αλλά και της ίδιας της χώρας.

Το ΤΕΕ ως τεχνικός σύμβουλος της πολιτείας, αλλά και εκπροσωπώντας τα Μέλη του, τους Διπλωματούχους Μηχανικούς, στήριξε και θα συνεχίσει να στηρίζει στο μέλλον την αποτελεσματική εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ.

Αξιοποιώντας το επιστημονικό δυναμικό των Μελών του κατάρτισε σε συνεργασία με την Πολιτεία τις απαραίτητες Τεχνικές Οδηγίες, οι οποίες εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, στα Ελληνικά κλιματικά και κτιριακά δεδομένα. Οι Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) εγκρίθηκαν αρχικά από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με την με Αριθ. οικ. 17178/ΦΕΚ Β 1387-2010 Απόφαση και τίθενται σε υποχρεωτική εφαρμογή ως εξής:

- ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων».
- ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».
- ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

Μετά από τη διετή εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ., προέκυψαν και καταγράφηκαν αρκετά ερωτήματα και παρατηρήσεις, τόσο όσον αφορά στη διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, όσο και στην εκπόνηση - υποβολή

μελετών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Προκειμένου για τη διευκόλυνση, καθοδήγηση και ενιαία αντιμετώπιση των θεμάτων που προέκυψαν, καθώς και για τα όσα αναφέρονταν στις διευκρινιστικές εγκυκλίους του Υ.Π.Ε.Κ.Α., το ΤΕΕ υπέβαλε σχετικά κείμενα, ανά τεχνική οδηγία, με τις απαραίτητες διευκρινίσεις, προσθήκες και τροποποιήσεις στην αρμόδια υπηρεσία Ε.Υ.Επ.Εν. Τα σχετικά κείμενα «Διευκρινίσεις & Προσθήκες Τεχνικών Οδηγιών» εγκρίθηκαν από τον Υπουργό Υ.Π.Ε.Κ.Α. με την υπ' Αριθ. οικ. 1192/ΦΕΚ 1413-2012, τα οποία ίσχυαν με την έκδοση του σχετικού ΦΕΚ και ενσωματώνονταν στη δεύτερη έκδοση των αντίστοιχων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, 20701-3/2010 και 20701-4/2010. Με την ίδια απόφαση είχε εγκριθεί και η τεχνική οδηγία:

- ΤΟΤΕΕ 20701-5/2012 «Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτίρια».

Μετά την έκδοση του ν. 4122/2013, το Υ.Π.Ε.Κ.Α. κοινοποίησε σχέδιο υπουργικής απόφασης με τίτλο «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013/213/GR), σε εφαρμογή των διατάξεων του Π.Δ. 39/2001 (ΦΕΚ Α' 28). Στη συνέχεια διατυπώθηκαν σχετικές παρατηρήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής οι οποίες έγιναν αποδεκτές και ενσωματώθηκαν στις Τεχνικές Οδηγίες. Η τελική έγκριση των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μετά και την ενσωμάτωση των παρατηρήσεών της, έγινε με το 791/3.10.2014 μήνυμα της. Κατόπιν και την έγκριση των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το Υ.Π.Ε.Κ.Α. εξέδωσε εκ νέου υπουργική απόφαση με αριθμό οικ. 2618/23.10.2014(ΦΕΚ Β'2945) για την «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» στην οποία κοινοποιούνται σε παραρτήματα οι νέες εκδόσεις των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ τροποποιημένες με την ενσωμάτωση των ως άνω παρατηρήσεων. Με την ίδια απόφαση καταργούνται οι προηγούμενες εγκρίσεις.

Με τη βοήθεια του ΚΕΝΑΚ και της ενεργειακής επιθεώρησης καθορίζεται η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου βάσει της οποίας προκύπτει η παρακάτω ταξινόμηση.

<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΟΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ</b>	<b>ΟΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ</b>
A+	$EP < 0,33Rr$	$T < 0,33$
A	$0,33 Rr < EP < 0,50 Rr$	$0,33 < T < 0,50$
B+	$0,50 Rr < EP < 0,75 Rr$	$0,50 < T < 0,75$
B	$0,75 Rr < EP < 1,00 Rr$	$0,75 < T < 1,00$
Γ	$1,00 Rr < EP < 1,41 Rr$	$1,00 < T < 1,41$
Δ	$1,41 Rr < EP < 1,82 Rr$	$1,41 < T < 1,82$
E	$1,82 Rr < EP < 2,27 Rr$	$1,82 < T < 2,27$
Z	$2,27 Rr < EP < 2,73 Rr$	$2,27 < T < 2,73$
H	$2,73 Rr < EP$	$2,73 < T$

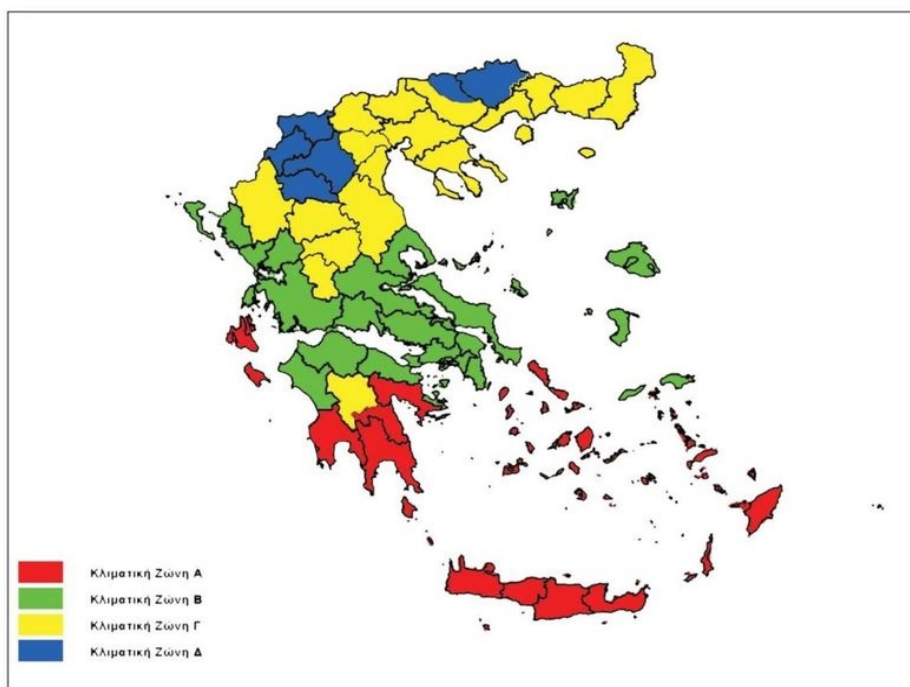
Πίνακας 1-3 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στον πίνακα 1.4 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών στο σχήμα 1.1.

Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ. Στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (BA τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
A	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού, Αρκαδίας(πεδινή)
B	Αττικής(εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
Γ	Αρκαδίας(ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών(εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Σερρών(ΒΑ τμήμα), Δράμας

Πίνακας 1-4 Κλιματικές ζώνες στον Ελλαδικό χώρο



Σχήμα 1-1 Κατανομή κλιματικών ζωνών



Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προσδιορίζεται με βάση μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η μεθοδολογία υπολογισμού περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω στοιχεία:

1. Τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό των χρηστών.
2. Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).
3. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.α.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.).
4. Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.α.).
5. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.).
6. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων.
7. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.).
8. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ΖΝΧ (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.).
9. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα.
10. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

- i. Ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).
- ii. Ενέργεια παραγόμενη με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).
- iii. Κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση).

iv. Φυσικός φωτισμός.

## 2.Περιβάλλον προσομοίωσης Energy Plus

### 2.1Βασικά χαρακτηριστικά

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα προσομοίωσης θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης, υλοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran, το οποίο εκδόθηκε από το τμήμα ενέργειας της Αμερικάνικης κυβέρνησης. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιούν μηχανικοί, αρχιτέκτονες και ερευνητές για να μοντελοποιήσουν την ενέργεια και τη χρήση νερού ενός κτιρίου με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του ώστε να αποφέρει ενεργειακά οφέλη. Το εν λόγω λογισμικό δίνει στο χρήστη την επιλογή ανάλυσης ενός μεγάλου εύρους παραμέτρων, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση/ψύξη, ο αερισμός κι άλλες ροές ενέργειας, γεγονός που οδηγεί τελικώς σε μια αρκετά αντιπροσωπευτική προσομοίωση του κτιρίου. Για την υλοποίηση της κτιριακής προσομοίωσης το Energy Plus παρέχει, μεταξύ άλλων, τα υποπρογράμματα: IDF Editor και EP-Launch τα οποία αντίστοιχα εξυπηρετούν στη δημιουργία/επεξεργασία αρχείων εισόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων.

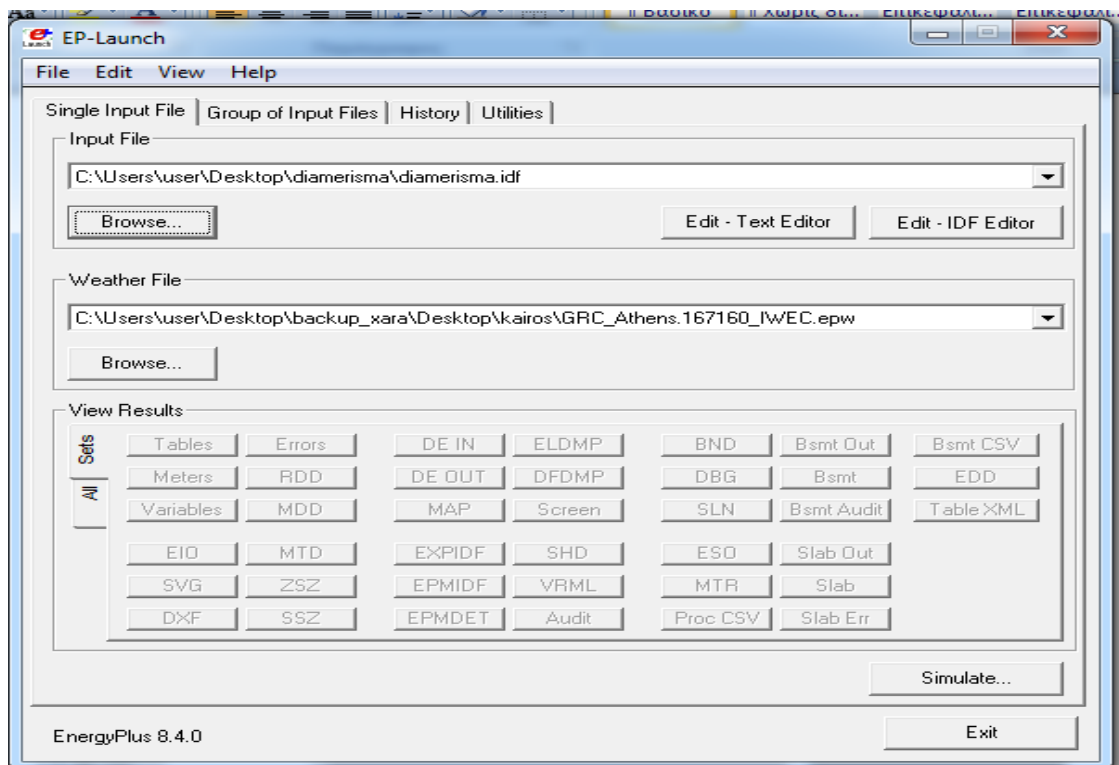
Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά –δυνατότητες του προγράμματος είναι:

- Υπό-ωριαία, με δυνατότητα καταχώρησης από το χρήστη, χρονικά βήματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος με μεταβλητά χρονικά βήματα για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC.
- Αρχεία καιρικών συνθηκών, εισόδου και εξόδου που περιλαμβάνουν ωριαίες ή υπό-ωριαίες περιβαλλοντικές συνθήκες και τυπικές αλλά και εκθέσεις αποτελεσμάτων οριζόμενες από τον χρήστη.
- Τεχνική λύσης με βάση την θερμική ισορροπία για τον προσδιορισμό θερμικών φορτίων που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό των επιδράσεων της ακτινοβολίας και της συναγωγής και στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια κατά τη διάρκεια κάθε χρονικού βήματος.
- Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας μέσω δομικών στοιχείων όπως τοίχοι, στέγες, δάπεδα, κλπ. χρησιμοποιώντας συναρτήσεις αγωγιμότητας.
- Μοντελοποίηση μετάδοσης της θερμότητας στο έδαφος με τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους πεπερασμένων διαφορών και απλοποιημένων αναλυτικών τεχνικών.

- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που λογίζεται για την προσρόφηση και εκρόφηση της υγρασίας, είτε ως ένταξη στρώσης με στρώσης στην συνάρτηση αγωγιμότητας ή ως ένα αποτελεσματικό μοντέλο διείσδυσης βάθους υγρασίας.
- Ανισότροπο μοντέλο ατμόσφαιρας για βελτιωμένο υπολογισμό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες.
- Σύνθετους υπολογισμούς κουφωμάτων που επιτρέπουν τον κατάλληλο υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τους υαλοπίνακες των παραθύρων.

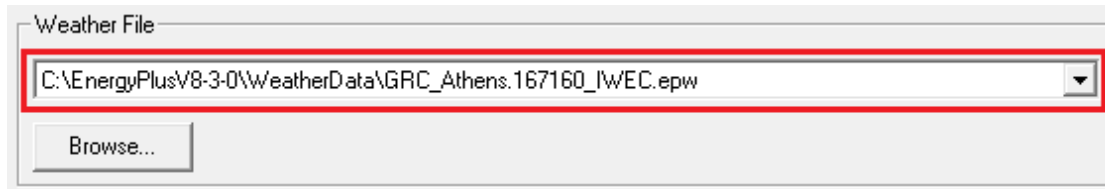
## 2.2 Διαδικασία προσομοίωσης.

Η πρώτη μας επαφή με το περιβάλλον του προγράμματος είναι το EP-Launch όπου εισάγουμε το αρχείο κτιρίου που έχουμε δημιουργήσει ή το αρχείο καιρού που ανταποκρίνεται στην περιοχή που αναφερόμαστε και στη συνέχεια κάνουμε την προσομοίωση.



Σχήμα 2-1 Περιβάλλον EP - Launch

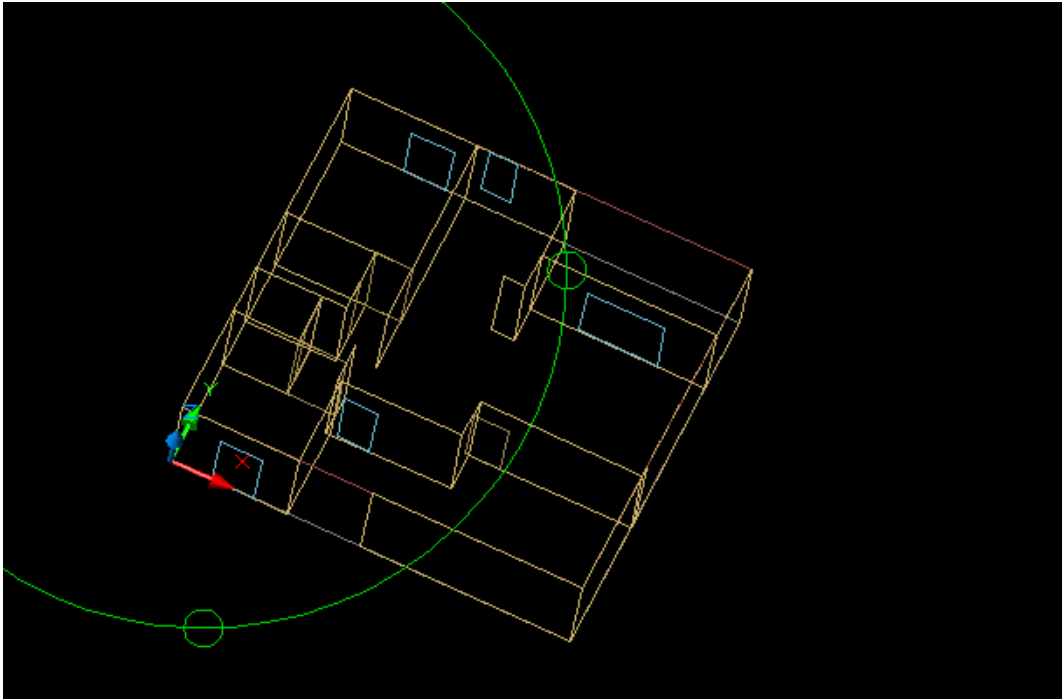
Το αρχείο του κτιρίου δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του IDF Editor , ενώ τα κλιματικά δεδομένα πάρθηκαν από τη σελίδα του Energy Plus όπου υπάρχουν αποθηκευμένα αρχεία από κλιματικές μετρήσεις στις περιοχές της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης και της Ανδραβίδας. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας καθώς ανταποκρίνονται περισσότερο στην περιοχή που βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο.



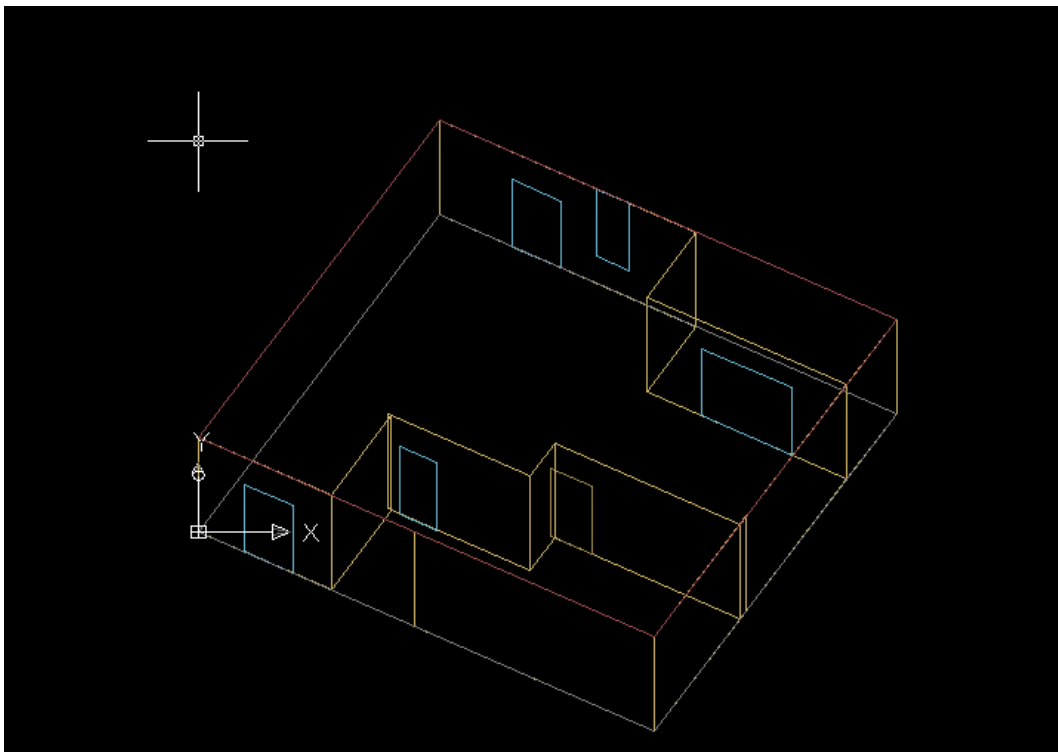
Σχήμα 2-2 Εισαγωγή αρχείου καιρού

### 2.3 Περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο που μελετάται στην παρούσα εργασία είναι ένα διαμέρισμα 115,67 m<sup>2</sup>, 3<sup>ου</sup> ορόφου μιας τετραώροφης πολυκατοικίας, η οποία κατασκευάστηκε το 2001 και βρίσκεται στο δήμο Αιγάλεω. Το κτίριο αυτό κατοικείται από ένα ζευγάρι ηλικιωμένων. Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνεται ο χωρισμός των δωματίων τα οποία αν και απεικονίζονται στην τρισδιάστατη αναπαράσταση του κτιρίου δεν λάβαμε υπόψιν κατά τους υπολογισμούς.



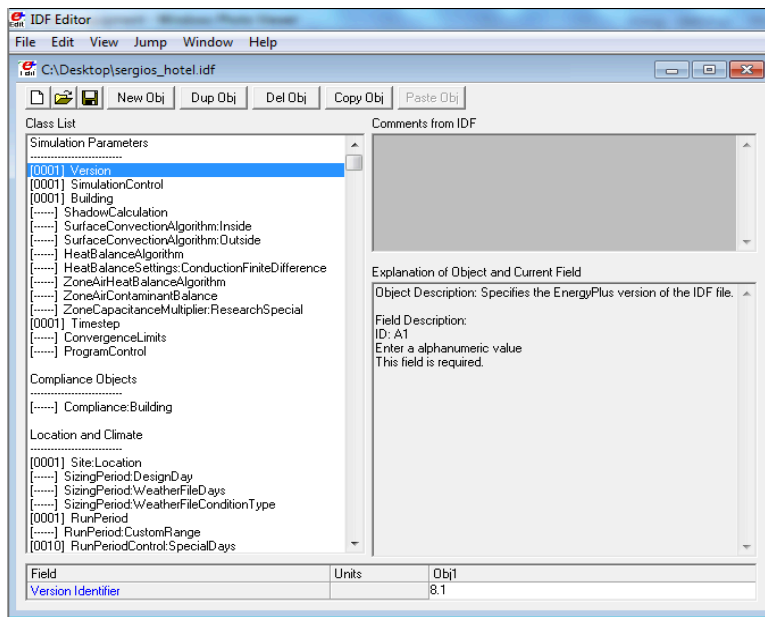
Σχήμα 2-3 Σχηματική αναπαράσταση κτιρίου (1)



Σχήμα 2-4 Σχηματική αναπαράσταση κτιρίου (2)

## 2.4 Εισαγωγή δεδομένων

Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια του IDF Editor που είναι το μέσο που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργεί και να επεξεργάζεται αρχεία εισόδου δεδομένων του Energy Plus. Όπως φαίνεται και παρακάτω, το IDF Editor παρέχει μια λίστα στοιχείων που δείχνει πως ταξινομούνται οι διάφορες παράμετροι/υποκατηγορίες (classes) σε ευρύτερες κατηγορίες (group). Κατ' αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε παράμετρο από τη λίστα και να εισάγει τις αντίστοιχες πληροφορίες για το κτίριο που μελετάει.



Σχήμα 2-5 Περιβάλλον IDF Editor

### **2.4.1 Κατηγορία Simulation Parameters**

Σ' αυτήν την κατηγορία εισάγονται γενικά δεδομένα που σχετίζονται με τον τρόπο που θέλει ο χρήστης να προσεγγίσει την προσομοίωση του κτιρίου που μελετάει. Εισήχθησαν λοιπόν πληροφορίες για τις παρακάτω υποκατηγορίες. Στην υποκατηγορία «Version» αναφέρεται η έκδοση του Energy Plus η οποία χρησιμοποιήθηκε στην υπό μελέτη προσομοίωση. Στην υποκατηγορία «Building» δηλώθηκε το όνομα του διαμερίσματος, ο μηχανισμός με τον οποίο γίνεται η διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας (στο πεδίο Solar Distribution: Full Exterior, εφόσον στην εξεταζόμενη περίπτωση δημιουργούνται σκιάσεις στους εξωτερικούς τοίχους λόγω ύπαρξης σκιάστρων και προεξοχών, ενώ όση δέσμη ηλιακής ακτινοβολίας καταφέρει και εισέρχεται από τα εξωτερικά παράθυρα πέφτει στο δάπεδο και τμήμα αυτής απορροφάται απ' αυτό και το υπόλοιπο ανακλάται στις εσωτερικές επιφάνειες). Στην υποκατηγορία «Time step» εισήχθη το χρονικό βήμα βάσει του οποίου θα γίνουν οι υπολογισμοί μεταφοράς της θερμότητας (στο πεδίο Number of Time steps per hour: 4 ). Τέλος στην υποκατηγορία «Simulation Control» δόθηκαν τιμές στα διάφορα πεδία της σύμφωνα με τον τρόπο που επιθυμείται να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στο τελευταίο στάδιο.

### **2.4.2 Κατηγορία Location and Climate**

Η συγκεκριμένη κατηγορία περιγράφει τις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του διαμερίσματος και είναι απαραίτητες να δηλωθούν για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Site:Location» καταγράφηκαν οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) καθώς και η ζώνη ώρας στην οποία ανήκει. Στην υποκατηγορία «Run Period» δηλώθηκε το χρονικό διάστημα προσομοίωσης δηλαδή ολόκληρος ο χρόνος.



### 2.4.3 Κατηγορία Surface Construction Elements

Αυτή η κατηγορία περιγράφει τις φυσικές ιδιότητες και τη σύνθεση του κτιριακού κελύφους και των εσωτερικών του στοιχείων. Τα στοιχεία που προσδιορίζονται είναι οι εξωτερικοί/ εσωτερικοί τοίχοι, τα δάπεδα/ οροφές, τα παράθυρα και οι πόρτες. Στη συνέχεια αναλύονται οι πληροφορίες που εισήχθησαν σε κάθε υποκατηγορία που ανήκει στην κατηγορία αυτή.

- «Material» (Υλικό)

Σ' αυτήν την υποκατηγορία δηλώθηκαν όλα τα επιμέρους δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή κάθε επιφάνειας του κτιρίου. Το κάθε υλικό που εισήχθη συνοδεύεται από τις τέσσερις βασικές θερμικές του ιδιότητες (πάχος, αγωγιμότητα, πυκνότητα, ειδική θερμότητα) στα αντίστοιχα πεδία που ζητούνται.

- «Window Material: Glazing» (Υλικό παραθύρου: Γυαλί)

Σ' αυτό το σημείο προστέθηκε το υλικό απ' το οποίο αποτελούνται τα παράθυρα, στην περίπτωση αυτή, γυαλί πάχους 6 χιλιοστών, καθώς και δόθηκαν τιμές για κάποια απ' τα χαρακτηριστικά του (όπως συντελεστές διαπερατότητας, διάχυσης, εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας).

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a 'Comments from IDF' panel on the right. The 'Class List' includes various categories like Schedule, Material, WindowMaterial:Gas, Construction, GlobalGeometryRules, Zone, BuildingSurface:Detailed, FenestrationSurface:Detailed, People, Lights, ElectricEquipment, HVAC:emplate:Thermostat, HVAC:emplate:Zone:VAV, and HVAC:emplate:System:VAV. The 'WindowMaterial:Glazing' class is selected. The 'Comments from IDF' panel displays the 'Explanation of Object and Current Field' and 'Field Description' for the selected class. Below the comments is a table with columns for Field, Units, and Obj1.

Field	Units	Obj1
Name		CLEAR 6MM
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	0.006
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.775
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.071
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.071
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.881
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.08
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.08
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Conductivity	W/m-K	0.9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittanc		
Solar Diffusing		
Young's modulus	Pa	
Poisson's ratio		

Σχήμα 2-6 Εισαγωγή δεδομένων υαλοπινάκων

- «Construction» (Δομή κατασκευής επιφανειών)

Για όλες τις επιφάνειες που συνιστούν το διαμέρισμα (δηλαδή, τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές, τα παράθυρα και τις πόρτες) εισήχθησαν τα υλικά που τις αποτελούν, με σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό. Τα υλικά αυτά αντλήθηκαν από την υποκατηγορία «Material» για τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές και τις πόρτες, και από τις υποκατηγορίες «Window Material:Glazing», «Window Material:Gas» για τα παράθυρα.

#### **2.4.4 Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces**

Στην κατηγορία αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των θερμικών ζωνών καθώς και οι λεπτομέρειες κάθε επιφάνειας.

- «Zone» (Θερμική Ζώνη)

Στην υποκατηγορία «Zone» καθορίζονται οι παράμετροι για την προσομοίωση κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου. Οι παράμετροι αυτές (όνομα, συντεταγμένες) αναγνωρίζονται αυτόματα στο υποπρόγραμμα Ep-Launch του Energy Plus κατά την εισαγωγή του αρχείου μορφής idf, που προέκυψε από τον σχεδιασμό του κτιρίου στο Autocad. Ο διαχωρισμός των κτιρίων σε θερμικές ζώνες αποτελεί σημαντικό κομμάτι του ενεργειακού τους σχεδιασμού και τεχνική ορθολογικής χρήσης ενέργειας και αφορά δύο επίπεδα: τον ορθολογικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό βάσει ενεργειακών κριτηρίων (π.χ. βιοκλιματικό σχεδιασμό) και το σχεδιασμό και τη λειτουργία των μηχανολογικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης. Αρχικά πρέπει να καταστεί σαφές στον αναγνώστη το ακριβές περιεχόμενο του όρου «θερμική ζώνη». Με τον όρο αυτό λοιπόν, αναφερόμαστε στον όγκο του αέρα ο οποίος βρίσκεται σε μια ομοιόμορφη θερμοκρασία, μαζί με τις επιφάνειες που τον περικλείουν ή/και περικλείονται από αυτόν, έχοντας την δυνατότητα να μεταφέρουν και να αποθηκεύουν θερμότητα. Γενικά οι χώροι θα πρέπει να ομαδοποιούνται θερμικά και ανάλογα με τις ενεργειακές τους απαιτήσεις και με το βαθμό χρήσης τους και να είναι προσανατολισμένοι κατάλληλα. Το κτίριο επομένως χωρίζεται σε «θερμικές ζώνες» με βάση κάποια κριτήρια και κάποιους γενικούς κανόνες. Οι χώροι που θα αποτελούν την κάθε ζώνη θα πρέπει να έχουν παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ

λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Ωστόσο σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010) και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 ο διαχωρισμός του κτιρίου πρέπει να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.

Στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου καθορίζονται και οι θερμαινόμενοι χώροι (ή θερμικές ζώνες) και οι μη θερμαινόμενοι χώροι (Μ.Θ.Χ.). Οι μη θερμαινόμενοι και οι ηλιακοί χώροι του κτιρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι, χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό. Κατά τους υπολογισμούς, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και ο φωτισμός των μη θερμαινόμενων και των ηλιακών χώρων θεωρούνται μηδενικά. Ωστόσο, συμμετέχουν δυναμικά στον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη των θερμαινόμενων χώρων (θερμικές ζώνες) και για το λόγο αυτό περιγράφονται και καθορίζονται με την ίδια ακρίβεια όπως και οι θερμικές ζώνες. Επισημαίνεται ότι εάν τμήμα του κτιρίου εφάπτεται με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. κλιμακοστάσιο), για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, θεωρείται κατά παραδοχή ότι εφάπτεται με τον εξωτερικό αέρα.

Στην παρούσα μελέτη επιλέξαμε μία ενιαία θερμική ζώνη για διευκόλυνση των υπολογισμών, καθότι δεν υπάρχει μεγάλη ανάγκη διάκρισης των χώρων της μονοκατοικίας σε διαφορετικές ζώνες. Η επιλογή έγινε στην καρτέλα Zones. Τα δεδομένα που εισήγαμε ήταν το όνομα της ζώνης και ο προσανατολισμός του κτιρίου. Οι διαστάσεις της ζώνης ορίστηκαν να υπολογιστούν αυτόματα από το πρόγραμμα.

- «Building Surface: Detailed» (Λεπτομέρειες επιφανειών δόμησης κτιρίου) και «Fenestration Surface: Detailed» (Λεπτομέρειες επιφανειών ανοιγμάτων κτιρίου)

Καθεμία από τις επιφάνειες του διαμερίσματος εμφανίζεται με τις απαραίτητες γεωμετρικές προδιαγραφές στις παραπάνω υποκατηγορίες. Οι υποκατηγορίες αυτές χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα σημαντικά στοιχεία της κατασκευής του κτιρίου (τοιχούς, οροφές, δάπεδα, παράθυρα, πόρτες), που έχουν οριστεί στην υποκατηγορία «Construction», και να καθορίσουν τις

αλληλεπιδράσεις των στοιχείων αυτών με το εξωτερικό περιβάλλον και τις απαιτήσεις του εσωτερικού χώρου. Κατά τον προσδιορισμό των προδιαγραφών της εκάστοτε επιφάνειας διατίθενται επιλογές όπως : Ground (Έδαφος) - όταν μία επιφάνεια έρχεται σε επαφή με το έδαφος, Outdoors (Εξωτερική) – όταν μία επιφάνεια είναι άμεσα εκτεθειμένη στις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, Surface (Επιφάνεια) – όταν μία επιφάνεια αποτελεί τη διεπιφάνεια μεταξύ δύο θερμικών ζωνών, και άλλες οι οποίες στην εν λόγω προσομοίωση δεν ορίστηκαν.

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. On the left, the 'Class List' pane has 'PenetrationSurface:Detailed' selected. The main window displays the 'Explanation of Object and Current Field' for this object, including an object description and field description. Below this, a table lists various parameters for the 'MAIN DOOR' object, organized into columns labeled Obj1 through Obj6.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		MAIN DOOR	NORTH WINDOW	NORTH WINDOW	SOUTH WINDOW	NORTH WINDOW	SOUTH WINDOW
Surface Type		Door	Window	Window	Window	Window	Window
Construction Name		MAIN DOOR	DOUBLE PANE WI	DOUBLE PANE WI	DOUBLE PANE WI	DOUBLE PANE WI	DOUBLE PANE WI
Building Surface Name		SOUTH WALL 3	NORTH WALL 2	NORTH WALL 2	SOUTH WALL 2	NORTH WALL 1	SOUTH WALL 1
Outside Boundary Condition Object							
View Factor to Ground		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Shading Control Name							
Frame and Divider Name							
Multiplier		1	1	1	1	1	1
Number of Vertices		4	4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	6,57	4,67	2,97	3,47	9,86	1,14
Vertex 1 Y-coordinate	m	3,65	10,3	10,3	2,57	8,2	0
Vertex 1 Z-coordinate	m	2,2	3,1	2,2	2,2	2,2	2,2
Vertex 2 X-coordinate	m	6,57	4,67	2,97	3,47	9,86	1,14
Vertex 2 Y-coordinate	m	3,65	10,3	10,3	2,57	8,2	0
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0,9	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	7,57	3,87	1,77	4,37	7,66	2,34
Vertex 3 Y-coordinate	m	3,65	10,3	10,3	2,57	8,2	0
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	0,9	0	0	0	0
Vertex 4 X-coordinate	m	7,57	3,87	1,77	4,37	7,66	2,34
Vertex 4 Y-coordinate	m	3,65	10,3	10,3	2,57	8,2	0

Σχήμα 2-7 Εισαγωγή παραμέτρων τοίχων

## 2.4.5 Κατηγορία Schedules

Αυτή η κατηγορία επιτρέπει στο χρήστη να ρυθμίζει τον προγραμματισμό (ο οποίος γίνεται με τη βοήθεια χρονοδιαγραμμάτων) πολλών παραμέτρων, όπως η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, η ανθρώπινη δραστηριότητα, ο φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Συγκεκριμένα, στην υποκατηγορία «Schedule: Compact» που χρησιμοποιήθηκε, ο προγραμματισμός της εκάστοτε παραμέτρου περιεγράφηκε σε χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου. Οι τιμές που δόθηκαν στα πεδία της υποκατηγορίας, για όσο χρονικό διάστημα ορίστηκε, μπορούν να είναι συντελεστές (Fraction), θερμοκρασίες (Temperature), η οποιαδήποτε άλλη τιμή με μονάδα μέτρησης

αντίστοιχης του στοιχείου στο οποίο αναφέρεται (Any Number). Παρακάτω αναλύονται ενδελεχώς τα χρονοδιαγράμματα τα οποία ορίστηκαν (και τα οποία στην πορεία θα χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες κατηγορίες).

Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν χρονοδιαγράμματα για τα παρακάτω:

- Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης.
- Χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης δραστηριότητας.
- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού.
- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών.
- Χρονοδιάγραμμα αερισμού.
- Χρονοδιάγραμμα θέρμανσης.

Καθορίστηκε να λειτουργεί για το διάστημα 15 Νοεμβρίου -16 Απριλίου από τις 8 το πρωί μέχρι τις 9 το βράδυ.

- Χρονοδιάγραμμα κλιματισμού.

Καθορίστηκε να λειτουργεί για το διάστημα 1 Μαΐου- 31 Αυγούστου στις 11:00-13:00 και στις 16:00-21:00.

- Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας HVAC.

#### **2.4.6 Εσωτερικά θερμικά κέρδη**

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτιρίου προκαλούνται από τους χρήστες, τον τεχνητό φωτισμό και τον μηχανολογικό εξοπλισμό.

- «People»

Με την επιλογή «People» εισάγουμε στην προσομοίωση την επίδραση των χρηστών στις εσωτερικές συνθήκες κάθε θερμικής ζώνης ή ομάδας θερμικών ζωνών. Πιο συγκεκριμένα, στην επιλογή «Number of People Schedule Name» δηλώνεται το όνομα του χρονοδιαγράμματος με βάση το οποίο τροποποιείται ο αριθμός των ατόμων, στην επιλογή «Number of people Calculation Method» ορίστηκε ο αριθμός των ατόμων σε κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών να δοθεί σε μορφή ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας και στην επιλογή «People per Zone Floor Area» ορίστηκε ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα

επιφάνειας που αντιστοιχούν σε κάθε χώρο. Τα υπόλοιπα συμπληρώθηκαν βάσει των προεπιλεγμένων τιμών που παραθέτει το πρόγραμμα.

The screenshot shows the 'Class List' on the left and the 'Field Description' table on the right. The 'Lights' object is selected in the class list. The 'Field Description' table lists various parameters and their units.

Field	Units	Default
Name		people_home
Zone or ZoneList Name		ZONE 1
Number of People Schedule Name		OCCUPANCY
Number of People Calculation Method		People
Number of People		2
People per Zone Floor Area	person/m2	
Zone Floor Area per Person	m2/person	
Fraction Radiant		0.2
Sensible Heat Fraction		auto/calculate
Activity Level Schedule Name		activity
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-w	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		
Mean Radiant Temperature Calculation Type		
Surface Name/Angle Factor List Name		
Work Efficiency Schedule Name		
Clothing Insulation Calculation Method		ClothingInsulationSc
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name		
Clothing Insulation Schedule Name		
Air Velocity Schedule Name		
Thermal Comfort Model 1 Type		
Thermal Comfort Model 2 Type		
Thermal Comfort Model 3 Type		
Thermal Comfort Model 4 Type		

energy+.idd | EnergyPlus 8.4.0 | people\_home

Σχήμα 2-8 Παράμετροι ανθρώπινης ύπαρξης

- «Lights»

Στην επιλογή «Lights» καθορίζονται στοιχεία σχετικά με το ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού της κάθε ζώνης, όπως είναι η εγκατεστημένη ισχύς του, το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του, καθώς και το πως διανέμεται η θερμότητα που προέρχεται από τα φώτα. Σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τον KENAK και επειδή πρόκειται για κατοικία πολλών τετραγωνικών όπου διαμένουν μόνο δύο άτομα δόθηκε η τιμή 70 Watts/Person.

Field	Units	Obj1
Name		lights_home
Zone or ZoneList Name		ZONE 1
Schedule Name		LIGHTNING
Design Level Calculation Method		Watts/Person
Lighting Level	W	
Watts per Zone Floor Area	W/m2	
Watts per Person	W/person	70
Return Air Fraction		0,2
Fraction Radiant		0,59
Fraction Visible		0,2
Fraction Replaceable		0
End-Use Subcategory		General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K	

Σχήμα 2-9 Παράμετροι φωτισμού

- «Electric Equipment»

Στην επιλογή «Electric Equipment» καθορίζονται στοιχεία σχετικά με το ηλεκτρικό σύστημα εξοπλισμού της κάθε ζώνης, όπως είναι η εγκατεστημένη ισχύς του και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του.

Field	Units	Obj1
Name		home_el_eq
Zone or ZoneList Name		ZONE 1
Schedule Name		EQUIPMENT
Design Level Calculation Method		Watts/Person
Design Level	W	
Watts per Zone Floor Area	W/m2	
Watts per Person	W/person	70
Fraction Latent		0
Fraction Radiant		0,3
Fraction Lost		0
End-Use Subcategory		General

Σχήμα 2-10 Παράμετροι ηλεκτρικού εξοπλισμού

## 2.4.7 Χαρακτηριστικά συστήματος ψύξης-θέρμανσης.

Στην κατηγορία αυτή έγινε ο καθορισμός των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου μας. Σύμφωνα με τα πραγματικά στοιχεία του σπιτιού που έχουμε στη διάθεσή μας, η ψύξη του διαμερίσματος γίνεται μέσω κλιματιστικών ενώ η θέρμανση είναι αυτόνομη, με καυστήρα πετρελαίου και τα κλασσικά σώματα θέρμανσης (καλοριφέρ). Στον προσδιορισμό των συγκεκριμένων στοιχείων για το σπίτι παρουσιάστηκαν ορισμένα προβλήματα. Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα που ακολουθεί τα αμερικάνικα ενεργειακά πρότυπα. Ως εκ τούτου υπάρχουν επιλογές τις οποίες δεν συναντάμε στα ελληνικά νοικοκυριά ενώ άλλα στοιχεία που είναι χαρακτηριστικά στον ελληνικό χώρο δεν υπάρχουν. Το πρόγραμμα δεν δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει ως κεντρικό σύστημα θέρμανσης τα κλασσικά καλοριφέρ νερού που λειτουργούν με πετρέλαιο και συναντώνται στα περισσότερα ελληνικά σπίτια αλλά όχι στα αμερικάνικα. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει μόνο ένα σύστημα HVAC ανά ζώνη. Επομένως το σύστημα ψύξης -θέρμανσης του κτιρίου έπρεπε να επιλεγεί κατάλληλα ώστε να δίνει αποτελέσματα όσον τον δυνατόν πιο κοντά στα ελληνικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα μονάδων αερισμού μεταβλητού όγκου αέρα (Variable Air Volume – VAV) που λειτουργεί με ζεστό νερό (μέσω καυστήρα diesel) ως σύστημα θέρμανσης και με κρύο νερό (μέσω ψύκτη) ως σύστημα ψύξης. Τα μέρη του συστήματος που καθορίστηκαν στο πρόγραμμα παρατίθενται στη συνέχεια.

- Θερμοστάτης (HVAC Template :Thermostat )

Στην καρτέλα αυτή ορίστηκαν τα όρια της θερμοκρασίας που αν ξεπεραστούν μπαίνουν σε λειτουργία τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης. Για τον προσδιορισμό τους χρησιμοποιήθηκαν τα χρονοδιαγράμματα που καθορίστηκαν στην καρτέλα schedules. Έτσι το heating set point ορίστηκε στους 23 °C και το cooling set point στους 26 °C.

- HVAC Template:Zone:VAV

Στην καρτέλα αυτή ορίζουμε απλά ότι το σύστημα ψύξης – θέρμανσης που χρησιμοποιήσαμε είναι τύπου VAV. Τα μόνα στοιχεία που ορίζουμε πέραν των



προεπιλεγμένων του προγράμματος είναι το όνομα που δώσαμε στο σύστημα και οι θερμοστάτες που θα χρησιμοποιήσει.

- HVAC Template: System: VAV

Εδώ περιγράφεται αναλυτικά το σύστημα ψύξης - θέρμανσης που θα χρησιμοποιήσουμε προσδιορίζοντας τα χαρακτηριστικά του. Καταρχάς δηλώσαμε το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του συστήματος (VAV SCHEDULE) όπως το περιγράψαμε στην καρτέλα Schedules: Year. Δεύτερον, προσδιορίσαμε ότι η ψύξη γίνεται με χρήση κρύου νερού και η θέρμανση με χρήση ζεστού νερού. Τα υπόλοιπα δεδομένα ορίζονται με βάση τις προεπιλογές του προγράμματος.

- HVAC Template: Plant: Chilled Water Loop, HVAC Template: Plant: Chiller και HVAC Template: Plant: Tower

Στην καρτέλα αυτή περιεγραφήκαν το σύστημα και η μονάδα ψύξης. Ορίστηκε ότι το σύστημα λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Τα υπόλοιπα δεδομένα ορίστηκαν από τις προεπιλεγμένες τιμές του προγράμματος.

- HVAC Template: Plant: Hot Water Loop και HVAC Template: Plant: Boiler

Εδώ περιγράψαμε το σύστημα θέρμανσης. Ο καυστήρας ορίστηκε ότι λειτουργεί με diesel και τα υπόλοιπα δεδομένα συμπληρώθηκαν από τις προεπιλεγμένες τιμές του προγράμματος.

## **2.4.8 Ζήτηση Αποτελεσμάτων (Output Reporting)**

Το Energy Plus παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού πληθώρας παραμέτρων, η επιλογή των οποίων γίνεται ανάλογα με το είδος και το σκοπό της εκάστοτε μελέτης. Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή των δεδομένων ακολουθεί ο ορισμός των μεταβλητών που θα ζητηθούν ως αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα ζητούνται μέσω της ρύθμισης Output: Variable στην οποία εισάγονται τα ονόματα των ζητούμενων μεταβλητών και η συχνότητα υποβολής των αποτελεσμάτων.

## 2.4.9 Εκτέλεση του προγράμματος

Αφού οριστούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία της προσομοίωσης στην καρτέλα IDF Editor, επιστρέφουμε στο περιβάλλον του προγράμματος Energy Plus και ακολουθεί η εκτέλεσή του μέσω της εντολής Simulate. Αμέσως ανοίγει ένα παράθυρο εντολών του DOS που παραμένει ανοιχτό κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Η διαδικασία εκτέλεσης του προγράμματος μπορεί να διαρκέσει από λίγα λεπτά έως αρκετή ώρα, γεγονός που εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του μοντέλου και τα υπάρχοντα λάθη. Αφού ολοκληρωθεί η εκτέλεση του προγράμματος και το μαύρο παράθυρο των DOS κλείσει, εμφανίζεται ένα μήνυμα στην οθόνη. Σε αυτό το παράθυρο το πρόγραμμα μας ενημερώνει αν υπάρχουν σημαντικά λάθη στο πρόγραμμα, όπως επίσης και τον χρόνο που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του προγράμματος.

Υπάρχουν 3 κατηγορίες λαθών:

- **Warnings**, που είναι προειδοποιήσεις και δεν αποτελούν σοβαρό πρόβλημα για την εκτέλεση του προγράμματος.
- **Severe errors**, τα οποία είναι πολύ σοβαρά και καθοριστικά για την έκδοση και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.
- **Fatal errors**, τα οποία είναι επίσης σοβαρά λάθη και πρέπει να διορθωθούν. Επίσης, μπορούμε να δούμε τυχόν λάθη και προειδοποιήσεις με τη χρήση της επιλογής **Errors** στην καρτέλα του Er-Launch. Τα λάθη εμφανίζονται σε μία καρτέλα τις εφαρμογής Notepad, όπου καταγράφεται και το πρόβλημα που εντοπίστηκε για τη δημιουργία τους, και με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η διόρθωσή τους.

## **2.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.**

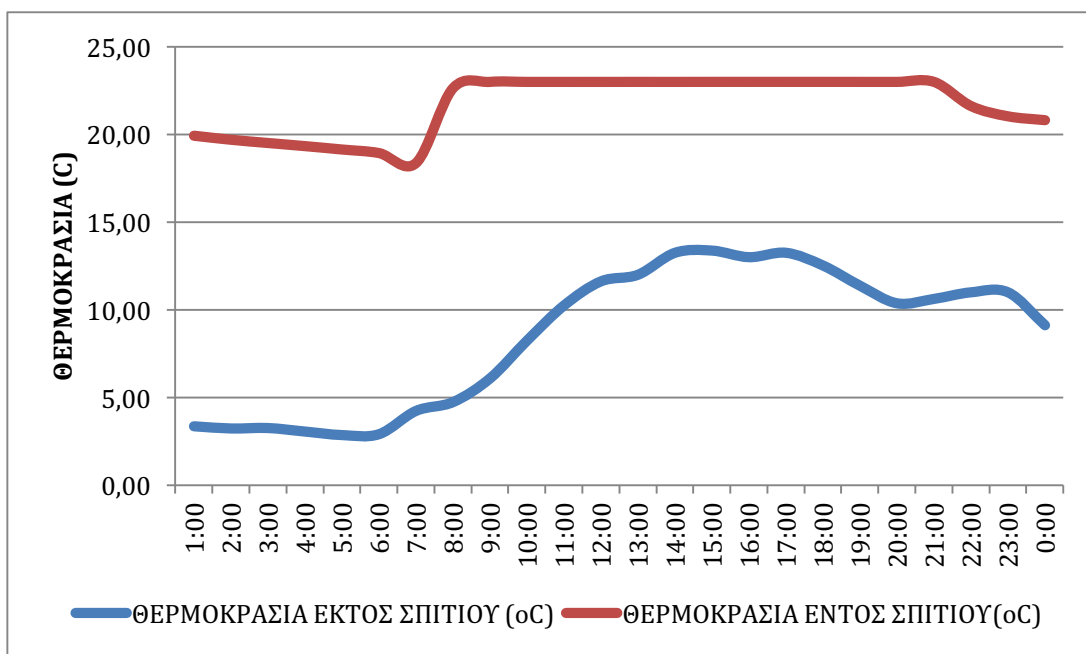
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση της κατοικίας. Καταρχάς, θα παρουσιάσουμε την επίδραση που είχε το σύστημα HVAC στην εσωτερική θερμοκρασία του σπιτιού για μια τυχαία ημέρα του χρόνου. Στην παρούσα μελέτη ωστόσο εστίασαμε στην θερμική και ηλεκτρική ενεργειακή κατανάλωση της κατοικίας. Οι καταναλώσεις υπολογίστηκαν σε μηνιαία βάση για να έχουμε μια γενική ενεργειακή εικόνα του κτιρίου για ολόκληρο το έτος, αλλά και αναλυτικότερα σε χρονικά διαστήματα της μιας ώρας. Ενδεικτικά θα παρουσιάσουμε την ημερήσια καμπύλη φορτίου για μια τυχαία ημέρα του χειμώνα (18 Φεβρουαρίου) και για μια τυχαία ημέρα του καλοκαιριού (5 Αυγούστου). Επιπλέον, κάναμε μια σύγκριση των αποτελεσμάτων τόσο μεταξύ διαφορετικών ημερών του έτους όσο και μεταξύ των δύο διαφορετικών ειδών καταναλώσεων.

### **2.5.1 Ημερήσια θερμοκρασία διαμερίσματος**

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η εσωτερική θερμοκρασία του διαμερίσματος μια τυχαία χειμερινή ημέρα που επιλέχθηκε να είναι η 18<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. Η χαμηλότερη εξωτερική θερμοκρασία την ημέρα αυτή είναι στις τέσσερις το πρωί (3.08 °C ) και η μεγαλύτερη στις τρεις το μεσημέρι ( 13,38 °C ). Από την καμπύλη της θερμοκρασίας του διαμερίσματος εύκολα παρατηρούμε την επίδραση που έχει σε αυτήν το σύστημα θέρμανσης που έχουμε ορίσει. Το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του ορίζει πως θα είναι ανοιχτό από τις 08:00 έως τις 21:00 σε περίπτωση που η θερμοκρασία του σπιτιού είναι χαμηλότερη από αυτήν που ορίζει ο θερμοστάτης ( 23°C). Την ημέρα αυτή επομένως η θερμοκρασία εντός του σπιτιού αν και υψηλότερη από αυτήν του περιβάλλοντος δεν ξεπερνάει ποτέ τους 23 °C, οπότε το σύστημα θέρμανσης είναι συνεχώς σε λειτουργία.

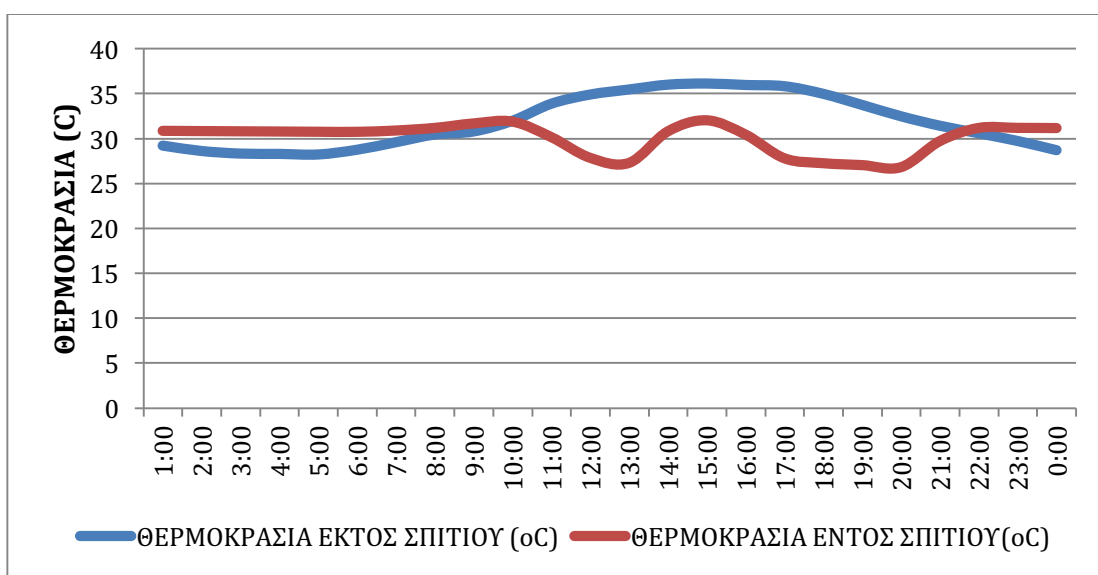
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΚΤΟΣ ΣΠΙΤΙΟΥ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΝΤΟΣ ΣΠΙΤΙΟΥ(°C)
01:00	3,38	19,94
02:00	3,25	19,71
03:00	3,28	19,52
04:00	3,08	19,35
05:00	2,88	19,15
06:00	2,93	18,95
07:00	4,25	18,38
08:00	4,75	22,64
09:00	6,10	23,00
10:00	8,25	23,00
11:00	10,25	23,00
12:00	11,63	23,00
13:00	12,00	23,00
14:00	13,25	23,00
15:00	13,38	23,00
16:00	13,00	23,00
17:00	13,25	23,00
18:00	12,53	23,00
19:00	11,38	23,00
20:00	10,38	23,00
21:00	10,63	23,00
22:00	11,00	21,63
23:00	11,00	21,04
00:00	9,13	20,82

Πίνακας 2-1 Θερμοκρασία εντός και εκτός σπιτιού μια χειμερινή ημέρα



Διάγραμμα 2-1 Καμπύλες θερμοκρασίας μια χειμερινή ημέρα

Αντίστοιχα παρουσιάζεται στη συνέχεια η σχέση της θερμοκρασίας εντός και εκτός σπιτιού όπως αυτή διαμορφώνεται μια καλοκαιρινή ημέρα.

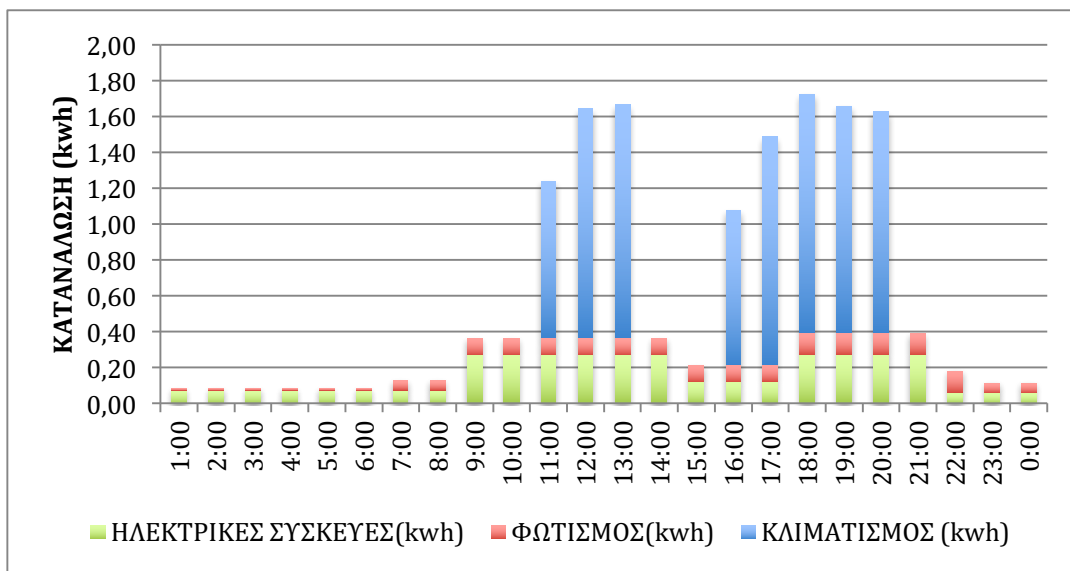


Διάγραμμα 2-2 Καμπύλες θερμοκρασίας μια θερινή ημέρα

## 2.5.2 Ηλεκτρική κατανάλωση μια τυχαία θερινή ημέρα

	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (kwh)	ΦΩΤΙΣΜΟΣ(kwh)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ(kwh)
01:00	0,00	0,01	0,08
02:00	0,00	0,01	0,08
03:00	0,00	0,01	0,08
04:00	0,00	0,01	0,08
05:00	0,00	0,01	0,08
06:00	0,00	0,01	0,08
07:00	0,00	0,06	0,08
08:00	0,00	0,06	0,08
09:00	0,00	0,10	0,27
10:00	0,00	0,10	0,27
11:00	0,87	0,10	0,27
12:00	1,28	0,10	0,27
13:00	1,30	0,10	0,27
14:00	0,00	0,10	0,27
15:00	0,00	0,10	0,12
16:00	0,86	0,10	0,12
17:00	1,27	0,10	0,12
18:00	1,33	0,13	0,27
19:00	1,26	0,13	0,27
20:00	1,23	0,13	0,27
21:00	0,00	0,13	0,27
22:00	0,00	0,13	0,06
23:00	0,00	0,06	0,06
00:00	0,00	0,06	0,06

Πίνακας 2-2 Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση μια θερινή ημέρα



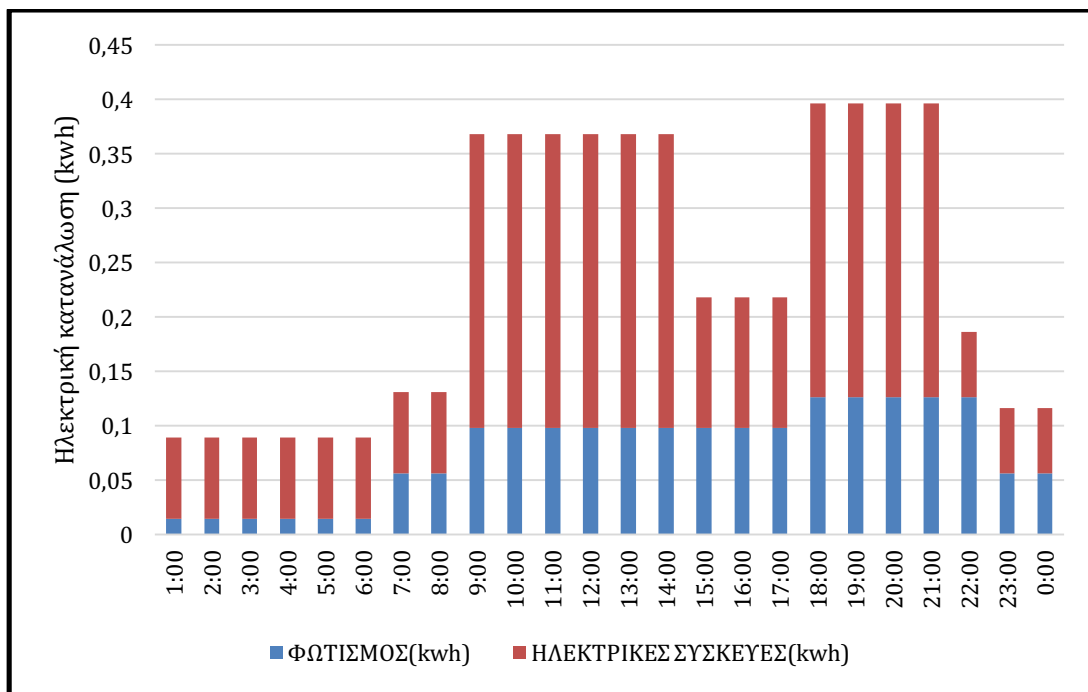
Διάγραμμα 2-3 Ραβδόγραμμα ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά χρήση μία θερινή ημέρα

### 2.5.3 Ηλεκτρική κατανάλωση μια τυχαία χειμερινή ημέρα

	ΦΩΤΙΣΜΟΣ(kwh)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ(kwh)
1:00	0,014	0,075
2:00	0,014	0,075
3:00	0,014	0,075
4:00	0,014	0,075
5:00	0,014	0,075
6:00	0,014	0,075
7:00	0,056	0,075
8:00	0,056	0,075
9:00	0,098	0,27
10:00	0,098	0,27
11:00	0,098	0,27
12:00	0,098	0,27
13:00	0,098	0,27
14:00	0,098	0,27
15:00	0,098	0,12
16:00	0,098	0,12
17:00	0,098	0,12
18:00	0,126	0,27
19:00	0,126	0,27
20:00	0,126	0,27
21:00	0,126	0,27
22:00	0,126	0,06
23:00	0,056	0,06
0:00	0,056	0,06

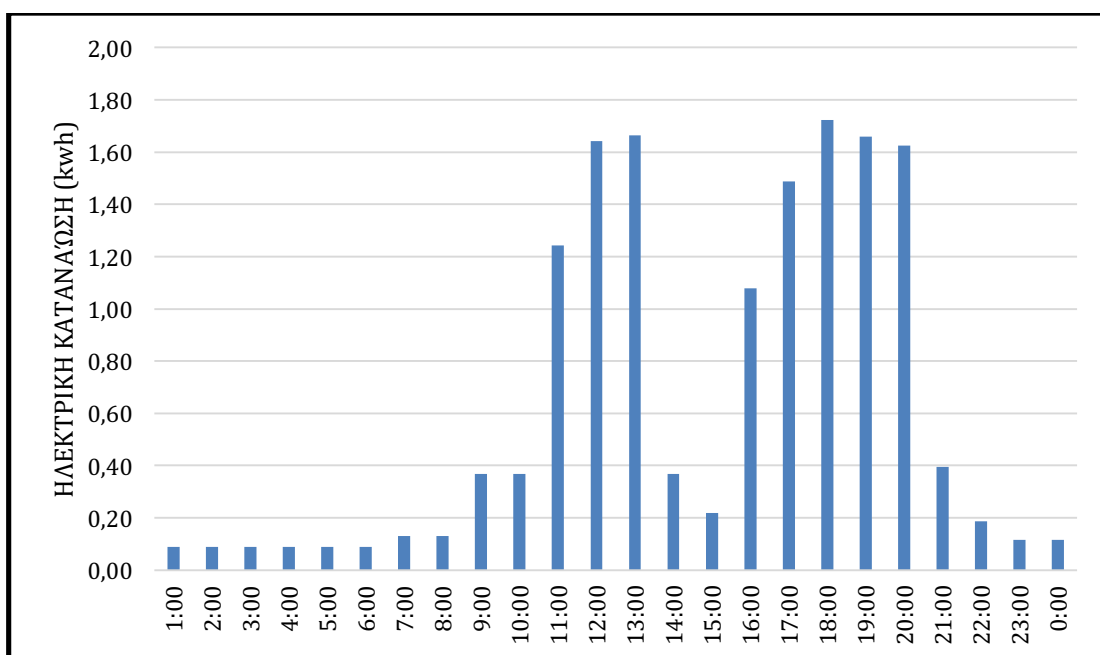
Πίνακας 2-3 Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση μια χειμερινή ημέρα





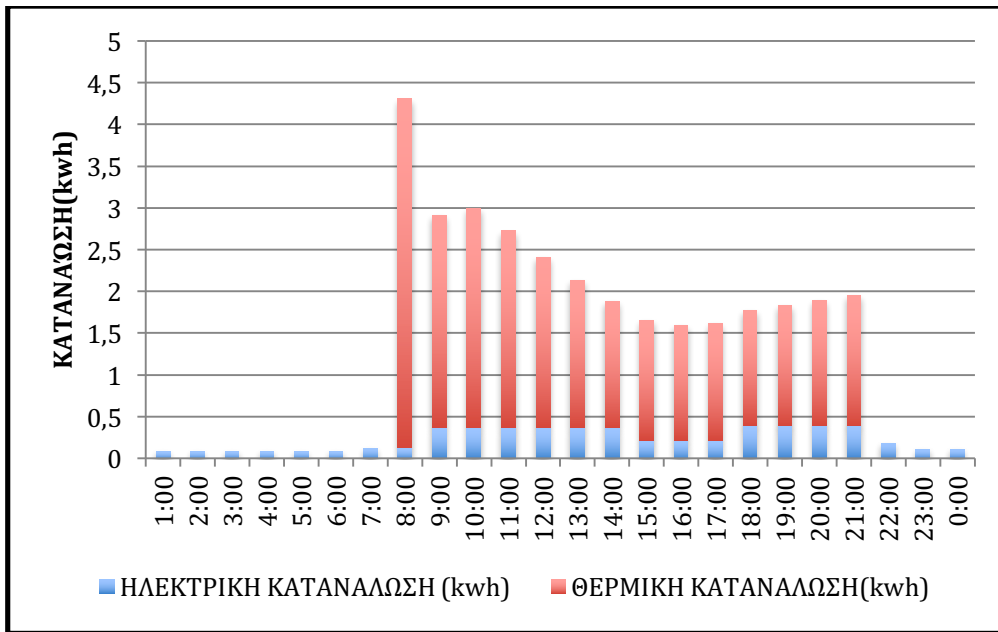
Διάγραμμα 2-4 Ραβδόγραμμα ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά χρήση μια χειμερινή ημέρα

## 2.5.4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας μια τυχαία καλοκαιρινή ημέρα



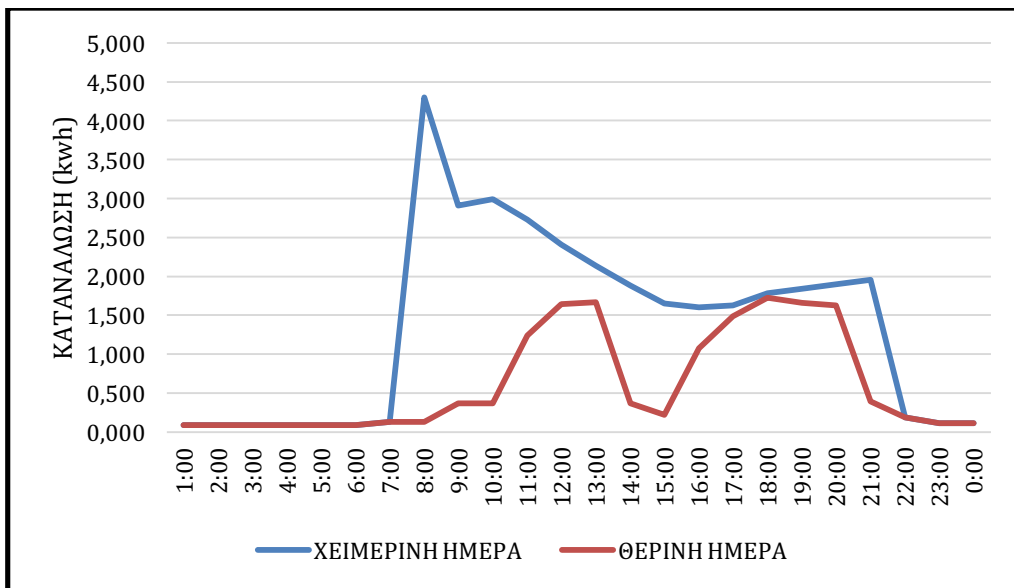
Διάγραμμα 2-5 Ραβδόγραμμα ηλεκτρικής κατανάλωσης μια θερινή ημέρα

### 2.5.5 Συνολική κατανάλωση ενέργειας μια τυχαία χειμερινή ημέρα



Διάγραμμα 2-6 Συνολική κατανάλωση ενέργειας μια χειμερινή ημέρα

### 2.5.6 Συγκριτικό διάγραμμα συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για μια καλοκαιρινή και μια χειμερινή ημέρα



Διάγραμμα 2-7 Συγκριτικό διάγραμμα συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για τυπική θερινή και χειμερινή ημέρα

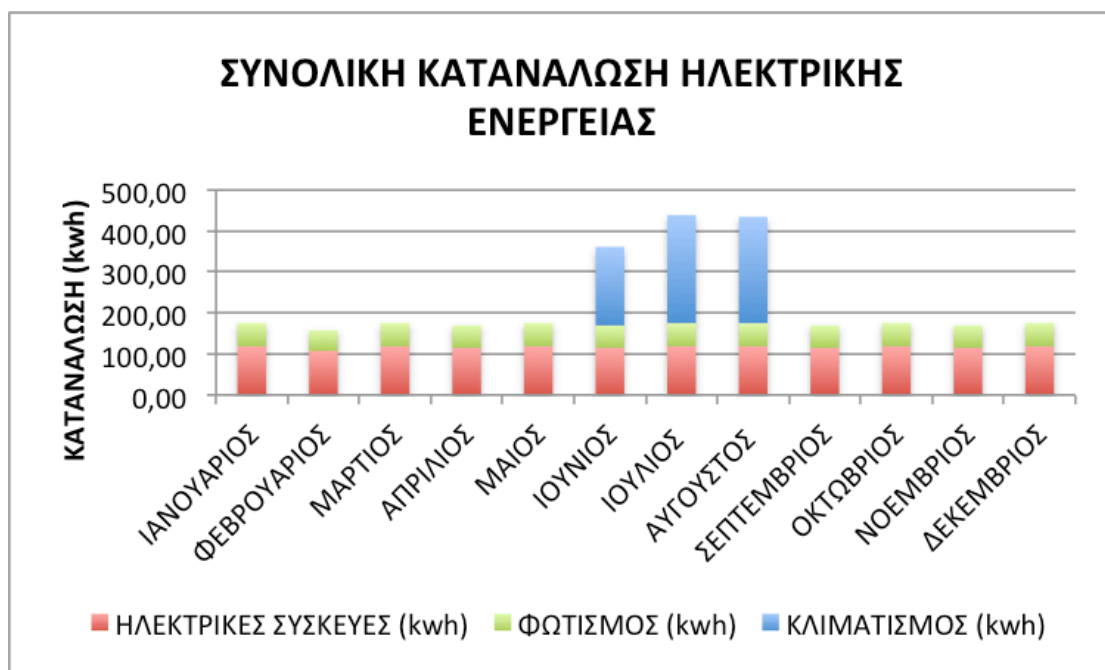
Η καμπύλη μπλε χρώματος αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας κατά τη χειμερινή ημέρα , και η κόκκινη κατά την καλοκαιρινή. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα αντιστοιχούν σε μια χειμερινή μέρα που επιλέχθηκε να είναι η 18<sup>η</sup> Φεβρουαρίου και μια καλοκαιρινή που επιλέχθηκε να είναι η 5<sup>η</sup> Αυγούστου. Οι μέρες αυτές επιλέχθηκαν γιατί είχαν το μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασίας. Δεν ελέγχθηκε αν οι μέρες αυτές είναι καθημερινές ή σαββατοκύριακο καθώς στο υπό μελέτη διαμέρισμα κατοικεί ένα ζευγάρι ηλικιωμένων οι οποίοι ακολουθούν το ίδιο πρόγραμμα ψύξης – θέρμανσης όλες τις μέρες τις εβδομάδας.

Παρατηρούμε ότι κατά τη λειτουργία θέρμανσης , η μεγάλη αιχμή της κατανάλωσης παρατηρείται στις 9 το πρωί που τίθεται σε λειτουργία το σύστημα αφού έχουν προηγηθεί 12 ώρες που ήταν ανενεργό, ενώ κατά τη λειτουργία ψύξης παρατηρούμε μέγιστο φορτίο σε δύο διαστήματα (11-13 και 17-20) που τίθεται σε λειτουργία ο κλιματισμός. Όπως προκύπτει από το διάγραμμα είναι πολύ μεγαλύτερη η ενέργεια που απαιτείται ώστε να θερμανθεί το διαμέρισμα κατά τις πρωινές ώρες μιας χειμερινής ημέρας σε σχέση με την απαιτούμενη ενέργεια για την ψύξη του ίδιου διαμερίσματος κατά την καλοκαιρινή μέρα. Επίσης παρατηρείται μια μικρότερη αιχμή στις 20:00 κυρίως στην καμπύλη αναπαράστασης της κατανάλωσης κατά τη χειμερινή ημέρα που οφείλεται στην απουσία ηλιοφάνειας και τις ανάγκες σε θέρμανση. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ,η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

## 2.5.7 Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (kwh)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (kwh)	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (kwh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,00	119,04	56,42
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,00	107,52	50,96
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,00	119,04	56,42
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,00	115,20	54,60
ΜΑΙΟΣ	0,00	119,04	56,42
ΙΟΥΝΙΟΣ	191,62	115,20	54,60
ΙΟΥΛΙΟΣ	263,13	119,04	56,42
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	259,09	119,04	56,42
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	115,20	54,60
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,00	119,04	56,42
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	115,20	54,60
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,00	119,04	56,42

Πίνακας 2-4 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία χρήσης

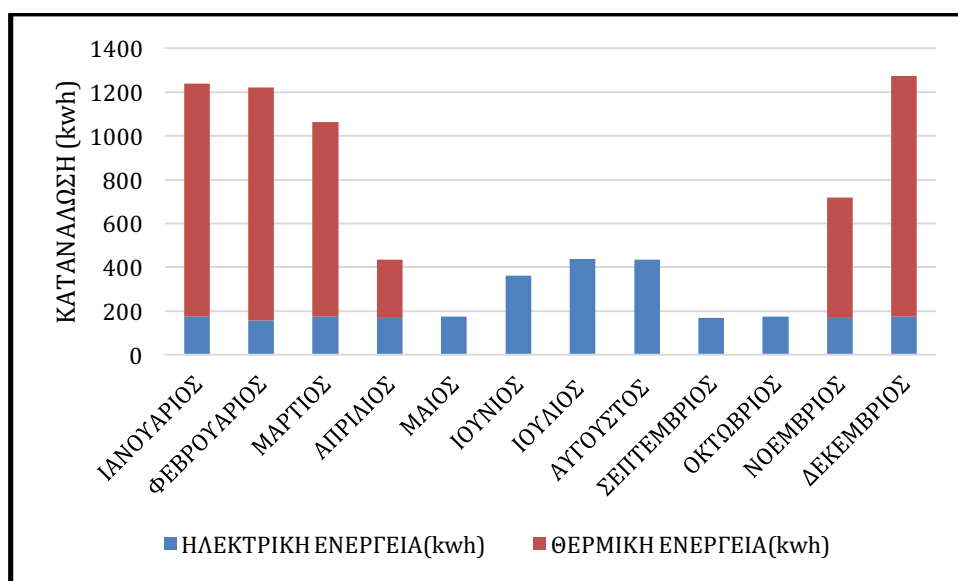


Διάγραμμα 2-8 Ραβδόγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά είδος χρήσης

## 2.5.8 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας

	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kwh)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kwh)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	175,46	1062,45
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	158,48	1062,93
ΜΑΡΤΙΟΣ	175,46	886,94
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	169,80	265,61
ΜΑΙΟΣ	175,46	0,00
ΙΟΥΝΙΟΣ	361,42	0,00
ΙΟΥΛΙΟΣ	438,59	0,00
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	434,55	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	169,80	0,00
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	175,46	0,00
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	169,80	547,57
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	175,46	1097,10

Πίνακας 2-5 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας



Διάγραμμα 2-9 Ραβδόγραμμα μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας

Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: 3241 kwh

Ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας: 4922 kwh

Συνολική ετήσια κατανάλωση: 8163 kwh

## **2.6 Αποτελέσματα σε HTML**

Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να εξάγει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε μορφή HTML. Στο αρχείο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα δεδομένα που έχει ορίσει ο χρήστης αλλά και το ίδιο το πρόγραμμα αυτόματα ώστε να γίνει η προσομοίωση. Ουσιαστικά αποτελεί μια λεπτομερή περιγραφή των δεδομένων εισόδου και εξόδου και των χαρακτηριστικών τους. Παράλληλα διενεργεί σύγκριση των αποτελεσμάτων και παρουσιάζει τις μέσες τιμές καθώς και τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές των δεδομένων αλλά και ποια χρονική στιγμή αυτές εμφανίζονται. Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζεται ένα μικρό μέρος του αρχείου ενδεικτικά. Από αυτά φαίνεται ότι το σπίτι έχει τη μεγαλύτερη ηλεκτρική κατανάλωση στις 18 Ιουλίου στις 17:15 με τη μέτρηση να δείχνει 1339.87 W και τη μεγαλύτερη κατανάλωση diesel στις 27 Ιανουαρίου στις 07:15 με 7787.35 W.

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2017-01-22 22:27:19

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [MJ/m2]
Total Site Energy	29.39	254.10	254.10
Net Site Energy	29.39	254.10	254.10
Total Source Energy	55.57	480.39	480.39
Net Source Energy	55.57	480.39	480.39

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	115.67
Net Conditioned Building Area	115.67
Unconditioned Building Area	0.00

**Report: Demand End Use Components Summary**For: **Entire Facility**Timestamp: **2017-01-22 22:27:19****End Uses**

	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Diesel [W]	District Cooling [W]	Steam [W]	Water [m3/s]
Time of Peak	18-JUL-17:15	-	27-JAN-07:15	-	-	04-AUG-12:00
Heating	0.00	0.00	7787.35	0.00	0.00	0.00
Cooling	1339.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	126.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	270.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	159.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	101.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	49.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	2047.27	0.00	7787.35	0.00	0.00	0.00

## 2.7 Συμπεράσματα

Μελετώντας τα αποτελέσματα του προγράμματος διαπιστώνουμε τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας κατά τους μήνες που δεν λειτουργεί το σύστημα ψύξης – θέρμανσης. Η ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει μεγάλες τιμές τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες που λειτουργεί το σύστημα ψύξης με την τιμή να κορυφώνεται τον Ιούλιο στις 438 kWh. Πολλαπλάσιες φαίνονται να είναι οι ανάγκες σε θερμική ενέργεια τους χειμερινούς μήνες με κορύφωση το Δεκέμβριο όπου απαιτούνται 1097 kWh.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρατηρούμε ότι βρισκόμαστε πολύ κοντά στις τιμές των ηλεκτρικών καταναλώσεων που δίνει η ΕΛΣΤΑΤ υπολογίζοντας 3241 kWh σε σχέση με τις 3750 kWh. Η υπολογιζόμενη είναι μικρότερη αφού αφενός αναφερόμαστε σε λιγότερα άτομα σε σχέση με αυτά της ΕΛΣΤΑΤ, αφετέρου το ζευγάρι των ηλικιωμένων δεν έχει μεγάλες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε οικιακό εξοπλισμό. Ωστόσο μεγάλη διαφορά υπάρχει στην θερμική κατανάλωση η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι



χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό σύστημα θέρμανσης από το σύστημα καλοριφέρ που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Η κατανάλωση που υπολογίσαμε είναι περίπου η μισή της κατανάλωσης που δίνει η ΕΛΣΤΑΤ.

### **3 Τεχνικές μοντελοποίησης και πρόβλεψης της ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα.**

#### **3.1 Εισαγωγή**

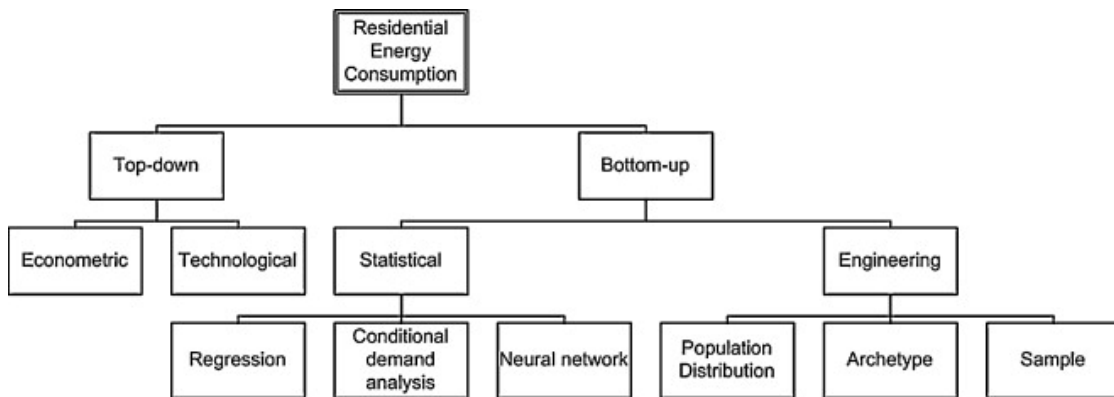
Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα αποτελεί το 30% περίπου της συνολικής κατανάλωσης. Οι κλιματικές αλλαγές, το υψηλό κόστος της ενέργειας και η ενεργειακή προσφορά και ζήτηση έχουν οδηγήσει σε ένα συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την κατανόηση και την σε βάθος μελέτη διαφόρων στοιχείων της ενεργειακής κατανάλωσης. Ωστόσο η μελέτη του οικιακού τομέα ως προς το ζήτημα αυτό είναι αρκετά δύσκολη και η οικιακή κατανάλωση είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και να αναλυθεί εξαιτίας κάποιων σημαντικών παραγόντων. Πρώτον, ο οικιακός τομέας περιλαμβάνει μια πληθώρα κτιρίων διαφορετικού μεγέθους και γεωμετρίας καθώς και διαφορετικών κατασκευαστικών υλικών. Επιπλέον η συμπεριφορά των κατοίκων διαφέρει σε μεγάλο βαθμό και μπορεί να επηρεάσει την ενεργειακή κατανάλωση μέχρι και 100%. Πολλά δεδομένα είναι ιδιωτικά και απόρρητα οπότε είναι αρκετά δύσκολη η συλλογή σημαντικού όγκου αξιόπιστων πληροφοριών. Τέλος, η συλλογή αναλυτικών πληροφοριών σε κάποια νοικοκυριά με ιδιωτική πρωτοβουλία και όχι με χρήση γενικών στοιχείων είναι μια πολύ ακριβή διαδικασία. Γιατί όμως μας ενδιαφέρει τόσο πολύ η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων; Αυτό που συμβαίνει σε μια τέτοια διαδικασία είναι να πολιτικοποιηθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις ως συνάρτηση κάποιων παραμέτρων εισόδου. Οι κυριότεροι από τους στόχους λοιπόν είναι ο καθορισμός των ενεργειακών απαιτήσεων σε μια περιοχή μιας χώρας ή ακόμα και σε εθνικό επίπεδο (μακροσκοπικά) και η αλλαγή στην ενεργειακή κατανάλωση ενός συγκεκριμένου σπιτιού μέσω της βελτίωσης ή και της προσθήκης καινούριων τεχνολογιών (μικροσκοπικά). Η ποσοτικοποίηση της κατανάλωσης λοιπόν καθώς και η πρόβλεψη του αντίκτυπου των νέων τεχνολογιών, υλικών και των αναβαθμίσεων μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή παροχή, να οδηγήσουν σε νέα τεχνολογικά ευρήματα και ακόμα να παρθούν αποφάσεις για την ανακατασκευή ή την κατεδάφιση ενός κτιρίου. Ανάλογα με την μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης αντίστοιχες είναι και οι πληροφορίες που θα πρέπει

να συλλεχθούν για να χρησιμοποιηθούν. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, οι ένοικοι, οι οικιακές συσκευές, το ιστορικό της ενεργειακής κατανάλωσης, οι κλιματικές συνθήκες και κάποιοι μακροοικονομικοί δείκτες είναι ορισμένα από τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου. Η βασική μέθοδος συλλογής πληροφοριών είναι οι έρευνες και οι δημοσκοπήσεις. Μια πρώτη πηγή δεδομένων είναι οι γενικές καταναλώσεις σε εθνικό επίπεδο που δίνονται στη δημοσιότητα από τις κυβερνήσεις και είναι στοιχεία τα οποία έχουν δώσει οι πάροχοι ενέργειας. Μια πιο αναλυτική πηγή πληροφοριών κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί ο λογαριασμός ενέργειας που εκδίδεται σε μηνιαία, διμηνιαία είτε τετραμηνία βάση. Για ακόμα πιο λεπτομερή στοιχεία διενεργούνται δημοσκοπήσεις σε ένα αντιπροσωπευτικό του γενικού πληθυσμού της υπό εξέταση περιοχής αριθμό νοικοκυριών ώστε να προσδιοριστούν στοιχεία σχετικά με τα κτίρια, τους κατοίκους και τις οικιακές συσκευές. Αν και το επίπεδο των πληροφοριών που συλλέγονται με αυτή τη μέθοδο είναι ανώτερο των προηγούμενων εμφανίζονται δυσκολίες ως προς τη συλλογή των πληροφοριών και ως προς το κόστος της έρευνας. Επιπλέον υπάρχει η δυσκολία του να βρεθεί ένα ικανοποιητικό αντιπροσωπευτικό δείγμα ενώ και η ίδια η δημοσκόπηση σαν διαδικασία μπορεί να δώσει λανθασμένα αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει διότι η περιγραφή των ενοίκων για τις συσκευές τους είναι υποκειμενική και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρονική στιγμή που λαμβάνει χώρα η έρευνα. Για να μειωθούν αυτές οι υποκειμενικές εκτιμήσεις μια τέταρτη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί, αυτή της επιπλέον μέτρησης στην οποία συσκευές που μετράνε την ενεργειακή κατανάλωση ενσωματώνονται σε κάθε συσκευή ενός νοικοκυριού ώστε να προσδιοριστεί τόσο η κατανάλωσή τους όσο και το προφίλ λειτουργίας τους ως συνάρτηση του χρόνου. Αυτού του είδους οι πληροφορίες είναι πολύ σπάνιες λόγω του υψηλού κόστους συλλογής τους.

### **3.2 Τεχνικές**

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να μοντελοποιηθεί η οικιακή ενεργειακή κατανάλωση χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες τις κατωφερείς (top-down) και τις ανωφερείς (bottom-up). Το κατωφερές μοντέλο χρησιμοποιεί την γενική ενεργειακή κατανάλωση μιας περιοχής και άλλες σχετικές μεταβλητές ώστε να

προσδιοριστεί η κατανάλωση σε συγκεκριμένα νοικοκυριά. Αντίθετα, το ανωφερές μοντέλο υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση ενός σπιτιού ή μιας ομάδας σπιτιών που έχουμε ορίσει ως συγγενή μεταξύ τους και μετά επεκτείνει αυτά τα αποτελέσματα για να απεικονίσει μια περιοχή ή ένα ολόκληρο κράτος. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται επιγραμματικά οι δύο τεχνικές πρόβλεψης της ενεργειακής κατανάλωσης.



Σχήμα 3-1 Αναπαράσταση τεχνικών πρόβλεψης ενεργειακής κατανάλωσης

### 3.2.1 Top- down

Στο ανωφερές μοντέλο ο οικιακός τομέας αντιμετωπίζεται ως μια γενική δεξαμενή ενέργειας και δεν διαχωρίζει την κατανάλωση κάθε χρήστη. Μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά σε αυτό το μοντέλο περιλαμβάνουν μακροοικονομικούς δείκτες (π.χ. το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, οι δείκτες απασχόλησης και ανεργίας ,δείκτες τιμών), κλιματικές συνθήκες, ποσοστά κατασκευής και κατεδάφισης σπιτιών και προσεγγίσεις του ποσοστού κατοχής της κάθε συσκευής στα νοικοκυριά. Το μοντέλο αυτό χωρίζεται σε δύο γκρουπ, το οικονομετρικό και το τεχνολογικό. Το πρώτο βασίζεται στην τιμή (π.χ. της ενέργειας και του εισοδήματος) και στο εισόδημα. Το τεχνολογικό μοντέλο αποδίδει την ενεργειακή κατανάλωση σε γενικά στοιχεία του συνόλου των κτιρίων όπως οι τάσεις της εποχής ή της περιοχής ως προς τον τύπο των ηλεκτρικών συσκευών των νοικοκυριών. Επιπλέον υπάρχουν μοντέλα που χρησιμοποιούν τεχνικές και από τα δύο γκρουπ. Τα κατωφερή μοντέλα έχουν ως βάση ένα πλαίσιο ισορροπίας μεταξύ της καταγεγραμμένης ενεργειακής κατανάλωσης από ιστορικά δεδομένα και μιας εκτιμώμενης που βασίζεται στα δεδομένα που εισάγουμε. Τα κύρια

πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι χρησιμοποιεί μικρό όγκο πληροφοριών, κυρίως γενικά στοιχεία που έχουν αθροιστεί και είναι εύκολα προσβάσιμα, είναι αρκετά απλή και βασίζεται σε ιστορικά καταγεγραμμένες ενεργειακές τιμές. Ωστόσο το τελευταίο πλεονέκτημά τους αποτελεί ταυτόχρονα και μειονέκτημα ως προς την πιστότητα των αποτελεσμάτων αφού δεν έχουν την δυνατότητα να μοντελοποιήσουν τις μη-συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις. Επιπλέον η έλλειψη λεπτομερών στοιχείων μειώνει την δυνατότητα να προταθούν λύσεις και βελτιώσεις για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

### **3.2.2 Bottom - up**

Στο μοντέλο αυτό περιλαμβάνονται δεδομένα από τις ενεργειακές καταναλώσεις είτε τελικών χρηστών, είτε σπιτιών, είτε ομάδων σπιτιών τα οποία στη συνέχεια προεκτείνονται για να αναπαρασταθεί μια περιοχή ή ένα κράτος με βάση κάποια χαρακτηριστικά βάρη. Η πρώτη κύρια κατηγορία της ανωφερούς προσέγγισης είναι οι στατιστικές μέθοδοι (statistical methods) οι οποίες βασίζονται σε ιστορικές πληροφορίες και σε μεθόδους αναδρομής (regression analysis) οι οποίες χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν την οικιακή ενεργειακή κατανάλωση σε τελικούς χρήστες. Μόλις ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία το μοντέλο κάνει μια εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης για τις χαρακτηριστικές κατοικίες μιας ολόκληρης περιοχής. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι μηχανικές μέθοδοι (engineering methods) οι οποίες υπολογίζουν την ενεργειακή κατανάλωση των τελικών χρηστών με βάση την ισχύ και την χρήση των οικιακών συσκευών και των συστημάτων ψύξης/θέρμανσης και κάποιων θερμοδυναμικών σχέσεων. Τα συνήθη δεδομένα εισαγωγής αυτών των μοντέλων περιλαμβάνουν τα χαρακτηριστικά της οικίας όπως η γεωμετρία, τα υλικά κατασκευής, ο εξοπλισμός και οι συσκευές, κλιματικά δεδομένα και εσωτερικές θερμοκρασίες κτιρίων καθώς και τα χρονοδιαγράμματα της παρουσίας των κατοίκων στο σπίτι και της χρήσης του οικιακού εξοπλισμού. Η λεπτομέρεια των δεδομένων στα ανωφερή μοντέλα δίνει την δυνατότητα να βρεθούν συγκεκριμένοι τομείς οι οποίοι επιδέχονται βελτίωσης ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση και να αναπτυχθούν συγκεκριμένες στρατηγικές ώστε να επιτευχθεί αυτό. Επιπλέον δεν χρειάζεται κανένας υπολογισμός να βασιστεί σε γενικά ιστορικά δεδομένα. Το κύριο μειονέκτημα είναι ωστόσο πως

ο όγκος των δεδομένων εισαγωγής είναι πάρα πολύ μεγαλύτερος από αυτόν των κατωφερών μοντέλων και οι υπολογισμοί και οι τεχνικές προσομοίωσης αρκετά πιο πολύπλοκες και χρονοβόρες. Όπως αναφέραμε, για να προεκτιμούμε το μοντέλο από τον τελικό χρήστη στην περιοχή που μας ενδιαφέρει χρησιμοποιούνται ειδικά βάρη ανάλογα με τον τύπο του σπιτιού με βάση τα στοιχεία που έχουμε για το πως συναντάται ο κάθε τύπος στην περιοχή μας. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της ανωφερούς προσέγγισης είναι ότι συνδυάζει δεδομένα για την παρουσία και τη συμπεριφορά των κατοίκων με δεδομένα τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών. Έχει τη δυνατότητα δηλαδή να διακρίνει την επίδραση της συμπεριφοράς των κατοίκων η οποία ωστόσο είναι δύσκολο να προβλεφθεί διότι υπάρχει μια τεράστια ποικιλία διαφορετικών συμπεριφορών που δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο.

### **3.3 Ηλεκτρική κατανάλωση σπιτιών στην Ιταλία**

Η συγκεκριμένη μελέτη των Carputo, Gaia και Zanotto είναι κομμάτι μιας μεγαλύτερης έρευνας της Ιταλικής υπηρεσίας νέων τεχνολογιών, ενέργειας και αειφόρου οικονομικής ανάπτυξης (ENEA) με στόχο την ενεργειακή προσομοίωση και βελτιστοποίηση των κτιρίων στην Ιταλία μέσω μιας πλατφόρμας που μοντελοποιεί την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου. Η έρευνα λοιπόν αυτή είχε σαν στόχο να δημιουργήσει διάφορα στάνταρ ωριαία προφίλ για τις διαφορετικές λειτουργίες των κτιρίων. Επειδή ο τρόπος που καταναλώνεται η ηλεκτρική ενέργεια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που είναι χαρακτηριστικοί της περιοχής που μελετάμε όπως η οικονομική κατάσταση, το κλίμα, οι πολιτισμικές συνήθειες και η τεχνολογική εξέλιξη, αναλύθηκαν οι διαθέσιμες, σχετικές με την Ιταλία πληροφορίες από διάφορες πηγές. Ωστόσο ύστερα από μελέτη διαπιστώθηκε πως δεν υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες στατιστικές πληροφορίες για τον ιταλικό χώρο ώστε να αναλυθούν με βάση την ανωφερή μέθοδο καθώς δεν υπάρχουν αναλυτικά ωριαία προφίλ για τα υπό μελέτη στοιχεία (κάτοικοι, ενέργεια που καταναλώνεται και συσκευές). Για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκαν τα επίσημα στοιχεία των ελβετικών προτύπων για τα χαρακτηριστικά των κτιρίων όπως η θέρμανση, η ψύξη, ο εξαερισμός, ο φωτισμός, ο κλιματισμός και αλλά που παρέχονται από το

Swiss Technical Worksheet SIA 2024.

Το SIA 2024 προσδιορίζει τις χρήσεις των κτιρίων με βάση τις ελάχιστες απαιτήσεις για άνεση στους τομείς της θέρμανσης, της ακουστικής, του φωτισμού και της ποιότητας του αέρα. Επίσης παρέχει πληροφορίες όσον αφορά την χρήση των οικιακών συσκευών και της πληρότητας του κτιρίου εκφρασμένες σε τιμές ( άτομο ανά τετραγωνικό μέτρο, εγκατεστημένη ισχύς κ.ά.) και σε ωριαία προγράμματα που περιγράφουν αναλυτικά την πληρότητα και την ενεργειακή κατανάλωση. Αυτά τα προγράμματα περιλαμβάνουν λεπτομερή στοιχεία της καθημερινότητας των ενοίκων και διαφέρουν από μέρα σε μέρα. Για να ληφθούν αυτές οι πληροφορίες διενεργήθηκε μια μεγάλη δημοσκόπηση η οποία για να καλύψει κάθε πιθανό τύπο κτιρίου συμπεριέλαβε 44 διαφορετικά είδη στους υπολογισμούς.

Στην παρούσα δημοσίευση μελετήθηκαν 2 διαφορετικά είδη κτιρίων ως αντιπροσωπευτικά δείγματα (case-study) των κτιρίων του ιταλικού χώρου:

- Κτίριο A : Μια μικρή δίπατη μονοκατοικία (ισόγειο και ένας όροφος) που συνήθως συναντάται στην ιταλική επαρχία ή σε πιο αραιοκατοικημένες περιοχές.
- Κτίριο B : Ένα κτίριο 5 ορόφων, που αντιπροσωπεύει τις συνήθειες πολυκατοικίες των μεγαλουπόλεων και των αστικών κέντρων.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου που χρησιμοποιείται ως υπό εξέταση μοντέλο για την μελέτη αυτή. Τα παράθυρα καταλαμβάνουν περίπου το 1/8 του εμβαδού του κτιρίου. Ο όρος form factor ( $s/v$ ) αναφέρεται στην αναλογία επιφάνειας ανά όγκο και είναι το ποσό του εμβαδού ανά κυβικό μέτρο και είναι ένα μέτρο για το πόσο συμπαγές είναι ένα κτίριο. Η τιμή αυτή επηρεάζει την ηλιακή ακτινοβολία που εισχωρεί στο κτίριο, τον αερισμό και το ποσοστό των απωλειών θερμότητας και των θερμικών κερδών.

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	<b>ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	<b>ΚΤΙΡΙΟ Α</b>	<b>ΚΤΙΡΙΟ Β</b>
ΕΝΒΑΔΟΝ ΟΡΟΦΟΥ	m <sup>2</sup>	200	1800
ΟΓΚΟΣ ΟΡΟΦΟΥ	m <sup>3</sup>	600	5400
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	m <sup>2</sup>	440	1980
FORM FACTOR(S/V)	m <sup>-1</sup>	0,73	0,37
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ	%	10	18

Πίνακας 3-1 Χαρακτηριστικά κτιρίων

Τα στοιχεία των προτύπων της SIA 2024 αναλύθηκαν ώστε να ταιριάζουν με τα δύο προς μελέτη κτίρια και στη συνέχεια συγκρίθηκαν με πραγματικές τιμές που έχουν μετρηθεί και παρουσιαστεί σε άλλες έρευνες (Alari et al, Grinden and Feilberg, Gruber et al). Η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών περιγράφεται στη SIA 2024 με τη μορφή ημερήσιας καμπύλης, διαφορετική για τις εργάσιμες και τις μη εργάσιμες ημέρες. Επιπλέον, με βάση το γεγονός ότι παρόλο που οι ημέρες αργίας και διακοπών είναι διαφορετικές στην Ελβετία απ' ότι στην Ιταλία, ο συνολικός αριθμός τους είναι περίπου ο ίδιος. Επομένως χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια νούμερα ώστε να γίνει η αναγωγή από τις ημερήσιες τιμές σε ετήσιες.

Η SIA 2024 προτείνει τρία σενάρια, ένα ελάχιστο στο οποίο έχουμε την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, ένα μέσο και ένα μέγιστο με τη μέγιστη κατανάλωση. Η εγκατεστημένη ισχύς των συσκευών ακολουθεί και αυτή την ίδιο μοτίβο (ελάχιστη, μέση, μέγιστη) με τιμές που έχουν υπολογιστεί από μετρήσεις. Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό, τα σενάρια μέγιστης και μέσης κατανάλωσης έχουν απλές λάμπες ενώ της ελάχιστης λάμπες υψηλής ενεργειακής κλάσης.

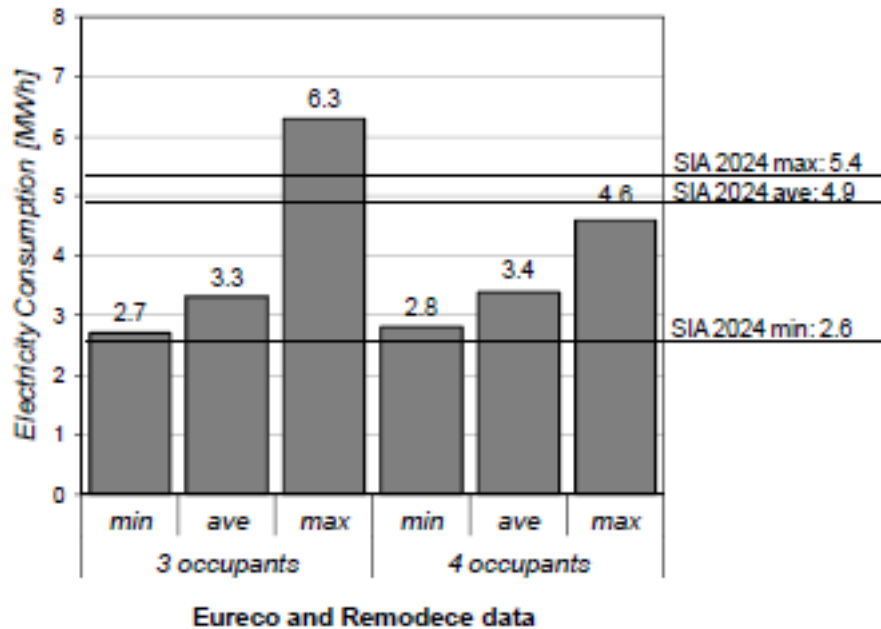


Σενάριο	Φωτισμός	Εγκατεστημένη Πυκνότητα Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ετήσια Ηλεκτρική Κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )
Ελάχιστο	Υψηλής ενεργειακής απόδοσης λαμπτήρες και βέλτιστη εκμετάλλευση ηλιοφάνειας	6,95	18,10
Μέσο	Τυπικοί λαμπτήρες και μέση εκμετάλλευση ηλιοφάνειας	10,20	37,73
Μέγιστο	Τυπικοί λαμπτήρες και μέση εκμετάλλευση ηλιοφάνειας	10,20	7,73

Πίνακας 3-2 Σενάρια SIA 2014 για την κατανάλωση φωτισμού

Το πρότυπο σπίτι που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις έχει εμβαδόν 94,5 m<sup>2</sup> και αποτελείται από τέσσερα κύρια δωμάτια (μια κουζίνα 10 m<sup>2</sup>, ένα σαλόνι 20 m<sup>2</sup> και δυο δωμάτια από 20 m<sup>2</sup> το καθένα) και 3 δευτερεύοντα δωμάτια (μπάνια και αποθήκες συνολικού εμβαδού 24,5 m<sup>2</sup>). Στο τελικό στάδιο συγκρίνονται τα δεδομένα που προκύπτουν από τα πρότυπα της SIA 2024 με τα δεδομένα μιας άλλης μελέτης, του project REMODECE (Residential Monitoring to Decrease Energy use and Carbon Emissions in Europe) η οποία διεξήχθη σε 12 ευρωπαϊκές χώρες τη χρονική περίοδο 2006-2008 σε 1300 διαφορετικά νοικοκυριά. Στις χώρες που έλαβαν μέρος σε αυτή την έρευνα συμπεριλαμβάνεται και η Ελλάδα. Οι μετρήσεις που έγιναν σε κατοικίες τριών και τεσσάρων ατόμων χρησιμοποιούνται εδώ για να συσχετιστούν με τα πρότυπα της SIA 2024. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των Eufeco και Remodece project.

### RESIDENTIAL BUILDINGS - Yearly electricity demand Comparison with statistical data



Σχήμα 3-2 Σύγκριση αποτελεσμάτων μελετών

Όπου:  $SIA\ 2024\ max = (19.31 + 37.73) * 94,5\ m^2 = 5.4\ MWh$

$SIA\ 2024\ ave = (14.53 + 37.73) * 94.5m^2 = 4.9\ MWh$

$SIA\ 2024\ min = (9.74 + 18.1) * 94,5m^2 = 2.6\ MWh$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα περισσότερα κτίρια που μετρήθηκαν, εκτός της περίπτωσης των τριών ατόμων με τον μέγιστο αριθμό συσκευών, εμφανίζουν ηλεκτρικές καταναλώσεις μεταξύ του ελάχιστου και του μέσου σεναρίου κατά SIA 2024. Με βάση λοιπόν αυτά τα αποτελέσματα χρησιμοποιούμε για το κτίριο A το προφίλ ελάχιστης κατανάλωσης ενώ για τις οικίες του κτιρίου B οι οποίες είναι συνήθως μικρότερου μεγέθους το προφίλ μέσης κατανάλωσης. Τελικά με βάση όλες τις προηγούμενες υποθέσεις και μετρήσεις καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα.

	Συσκευές	Συσκευές	Φωτισμός	Φωτισμός
	Εγκατεστημένη Πυκνότητα Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ετήσια Ηλεκτρική κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Εγκατεστημένη Πυκνότητα Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ετήσια Ηλεκτρική κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )
Κτίριο Α	3,81	9,74	6,95	18,10
Κτίριο Β	5,50	14,53	10,20	37,73

Πίνακας 3-3 Τελικά αποτελέσματα μελέτης

### 3.4 Ηλεκτρική κατανάλωση των νοικοκυριών στο Ηνωμένο Βασίλειο

Στο Ηνωμένο Βασίλειο η οικιακή ενεργειακή κατανάλωση θα μπορούσε να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: θέρμανση χώρου, θέρμανση νερού και φωτισμός και συσκευές. Στην μελέτη αυτή των Ihal, Rajamani και Jalboub παρουσιάζεται μια μέθοδος δημιουργίας του ημερήσιου προφίλ κατανάλωσης των νοικοκυριών μόνο όσον αφορά τις οικιακές συσκευές και τον φωτισμό. Η ημερήσια καμπύλη φορτίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ο καιρός, τα άτομα του νοικοκυριού, το εισόδημα, η καθημερινότητα των ατόμων καθώς και ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών αλλά και η χρήση τους από τα άτομα. Η κατανάλωση λοιπόν δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά παρουσιάζει πολλές διακυμάνσεις.

#### 3.4.1 Δεδομένα – μεθοδολογία

Τα αρχικά δεδομένα που χρησιμοποιεί η μέθοδος είναι:

1. Δημογραφικά στοιχεία: Πληροφορίες σχετικά με τον τύπο του νοικοκυριού, τα άτομα που το αποτελούν, τον αριθμό των ενηλίκων, των παιδιών, των εργαζόμενων κ.α.
2. Πληροφορίες σχετικά με τις ηλεκτρικές συσκευές: Ποσοστά ιδιοκτησίας συσκευών και συνολική ετήσια κατανάλωση τους
3. Ημερήσια πληρότητα του νοικοκυριού : Το προφίλ της παρουσίας των ατόμων στο σπίτι κατά τη διάρκεια της ημέρας και ο τρόπος χρήσης των

ηλεκτρικών συσκευών και του φωτισμού.

Όσον αφορά τα δημογραφικά στοιχεία η συλλογή τους έγινε από την εθνική στατιστική υπηρεσία του Ηνωμένου Βασιλείου. Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει πληθυσμό 61 εκ. και συνολικά 25 εκ. νοικοκυριά με βάση τα στοιχεία της έρευνας που έγινε το 2008. Το μέγεθος του μέσου νοικοκυριού είναι 2,4 άτομα και όπως φαίνεται από τον πίνακα που ακολουθεί, το μεγαλύτερο ποσοστό των νοικοκυριών αποτελείται από 2 άτομα χωρίς παιδιά (24%).

<b>ΤΥΠΟΣ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟΥ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ %</b>
1 άτομο χωρίς παιδιά	15
1 άτομο με παιδιά	6
1 συνταξιούχος	15
2 ενήλικες χωρίς παιδιά	24
2 ενήλικες με παιδιά	19
2 συνταξιούχοι	9
3 ενήλικες και πάνω χωρίς παιδιά	8
3 ενήλικες και πάνω με παιδιά	4

Πίνακας 3-4 Ποσοστά ανά είδος νοικοκυριού

Οι πληροφορίες σχετικά με τις συσκευές, τα ποσοστά κατοχής τους ανά νοικοκυριό και τις ετήσιες μέσες καταναλώσεις αντλήθηκαν από την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Mansouri, energy consumption in the U.K. households).

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ (kWh/day)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ (kWh/day)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΟΧΗΣ
Ηλεκτρική εστία	1,33	0,39	55
Ηλεκτρικός φούρνος	0,74	0,22	64
Φούρνος μικροκυμάτων	0,23	0,07	74
Ψυγείο	0,82	0,33	53
Καταψύκτης	1,9	0,55	55
Ψυγειοκαταψύκτης	1,9	0,56	58
Τηλεόραση	0,91	0,27	97
Video	0,3	0,09	76
Πλυντήριο πιάτων	1,72	0,48	16
Πλυντήριο ρούχων	0,8	0,2	88
Στεγνωτήριο	0,78	0,28	49
Βραστήρας	0,78	0,28	97
Σίδερο	0,3	0,09	100
Ηλεκ. σκούπα	0,15	0,04	100
Διάφορα	1,1	0,33	100
Υπολογιστής	0,5	0,3	75

Πίνακας 3-5 Ποσοστά κατοχής ηλεκτρικών συσκευών

Για το ημερήσιο προφίλ των κατοίκων του σπιτιού επειδή οι διαθέσιμες πληροφορίες ήταν ελάχιστες διενεργήθηκε μια δημοσκόπηση σε 86 νοικοκυριά. Το ερωτηματολόγιο χωριζόταν σε δύο μέρη. Το πρώτο αφορούσε γενικές πληροφορίες σχετικά με το νοικοκυριό, τον τύπο του και το πότε είναι κατοικήσιμο μέσα στην ημέρα. Το δεύτερο κομμάτι ζητούσε πληροφορίες για τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών για το πότε και πως τα άτομα του νοικοκυριού ανοίγουν και κλείνουν μια συσκευή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επειδή και πάλι οι πληροφορίες για τους χρόνους παρουσίας των ατόμων ενός νοικοκυριού στο σπίτι μέσα στην ημέρα δεν ήταν επαρκείς ούτε ικανοποιητικές υποτέθηκαν 8 διαφορετικά σενάρια:

1. Ένας ενήλικας που εργάζεται : Το σπίτι δεν κατοικείται από τις 8:30 ως τις 18:30.
2. Ένας συνταξιούχος : Το σπίτι είναι όλη τη μέρα κατειλημμένο.
3. Ένας ενήλικας με παιδιά : Το σπίτι δεν κατοικείται από τις 08:30 ως τις 13:30.
4. Δύο εργαζόμενοι : Το σπίτι δεν κατοικείται από τις 8:30 ως τις 18:00.

5. Δύο εργαζόμενοι με παιδιά : Το σπίτι δεν κατοικείται από τις 8:30 ως τις 13:30. Ο ένας ενήλικας δουλεύει με πλήρες ωράριο και ο άλλος με μειωμένο.

6. Δύο συνταξιούχοι : Το σπίτι είναι συνεχώς κατειλημμένο.

7. Τρεις ενήλικες τουλάχιστον : Το σπίτι δεν κατοικείται από τις 13:00 ως τις 18:00. Δύο μέλη του νοικοκυριού εργάζονται με πλήρες ωράριο, ο τρίτος με μειωμένο σε απογευματινή βάρδια.

8. Τρεις ενήλικες με παιδιά : Το σπίτι είναι συνεχώς κατειλημμένο. Ο ένας ενήλικας είναι συνταξιούχος.

Η κατανάλωση ενέργειας λόγω τεχνητού φωτισμού εξαρτάται από την παρουσία των ατόμων στο σπίτι και επηρεάζεται από τις συνθήκες ηλιοφάνειας και την εποχή. Όπως είναι λογικό το χειμώνα είναι πιο πιθανό να λειτουργούν τα φώτα μέσα στη μέρα για τις δραστηριότητές τους εντός σπιτιού. Για να υπολογιστεί η ηλεκτρική κατανάλωση λόγω φωτισμού χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

$$EI = N_b * E_{rb}$$

Όπου  $N_b$  ο αριθμός των λαμπτήρων ανά νοικοκυριό  $E_{rb}$  η κατανάλωση του λαμπτήρα ανά ώρα.

Τέλος έγιναν οι ακόλουθες υποθέσεις σχετικά με τις συσκευές:

- Κάθε νοικοκυριό έχει το πολύ 1 συσκευή από κάθε τύπο.
- Η θέρμανση χώρου και νερού δεν υπολογίζεται στην μελέτη αυτή.
- Η ημερήσια καμπύλη κατανάλωσης είναι ίδια για κάθε μέρα της εβδομάδας είτε εργάσιμη είτε όχι.
- Οι ψυκτικές συσκευές όπως το ψυγείο θεωρήθηκε ότι έχουν συνεχή λειτουργία μέσα στη μέρα άρα ημερήσια σταθερή πιθανότητα 1 να είναι ανοιχτές.

### 3.4.2 Δημιουργία προφίλ κατανάλωσης

Στόχος της εργασίας αυτής ήταν να προβλεφθεί το φορτίο μιας ολόκληρης περιοχής. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε μια υποθετική κοινότητα 400 νοικοκυριών, η οποία με βάση τα ποσοστά του πίνακα που προηγήθηκε αποτελείται από 60 νοικοκυριά με ένα άτομο, 24 με έναν ενήλικα με παιδιά, 60 με έναν συνταξιούχο, 96 με ένα ζευγάρι χωρίς παιδιά, 76 με ένα ζευγάρι με

παιδιά, 36 με δύο συνταξιούχους, 32 με τρεις τουλάχιστον ενήλικες και 16 με τρεις ενήλικες και παιδιά.

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας κάθε συσκευής δίνεται από τους εξής τύπους:

$$Ea = N \times \sum Eapc$$

$$Ea = \sum Eaph$$

όπου N ο αριθμός των ενοίκων

Eapc η κατανάλωση κάθε συσκευής ανά άτομο

Eaph η κατανάλωση κάθε συσκευής ανά νοικοκυριό.

Το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της μεθόδου ήταν το Microsoft Excel. Με τη βοήθεια της συνάρτησης δημιουργίας τυχαίων αριθμών κατανεμήθηκαν οι συσκευές στα 400 νοικοκυριά με βάση το ποσοστό κατοχής τους στα νοικοκυριά. Η τεχνική δημιουργίας τυχαίων προφίλ μας βοηθάει να μετατρέψουμε τις πιθανότητες σε πραγματικά σενάρια. Το πότε λειτουργεί η κάθε συσκευή μέσα στη μέρα προσδιορίστηκε από τη δημοσκόπηση που αναφέραμε. Με βάση λοιπόν τα στοιχεία της έρευνας υπολογίστηκε η πιθανότητα λειτουργίας κάθε συσκευής μέσα στη μέρα με χρονικό βήμα μισής ώρας. Οι επιτρεπτές τιμές ήταν μεταξύ 0 και 1, οπότε στη συνέχεια με βάση τις πιθανότητες αυτές και τη χρήση πάλι της συνάρτησης τυχαίων αριθμών δημιουργήθηκε το τυχαίο ημερήσιο προφίλ κάθε συσκευής σε κάθε νοικοκυριό. Το άθροισμα όλων των τυχαίων προφίλ για όλες τις ηλεκτρικές συσκευές θα δημιουργήσει την καμπύλη ημερήσιας κατανάλωσης ενός από τα σενάρια. Τέλος η καμπύλη φορτίου που καταναλώνει ολόκληρη η κοινότητα υπολογίζεται από την εξίσωση:

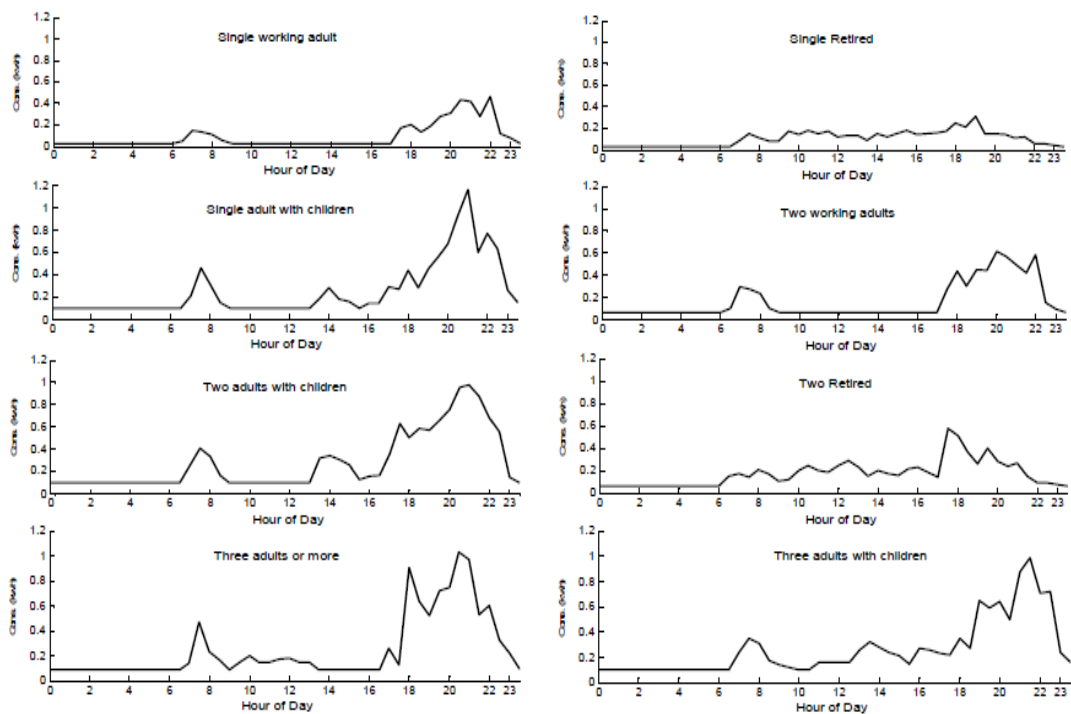
$$LOAD_{community} = \sum_{j=1}^8 Eaj$$

όπου Eaj το ημερήσιο προφίλ ανά μισή ώρα των νοικοκυριών του σεναρίου j.

### 3.4.3 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Για τον κάθε τύπο νοικοκυριού η διαδικασία προσομοίωσης επαναλήφθηκε 23 φορές δημιουργώντας έτσι 23 διαφορετικά ημερήσια προφίλ από τα οποία υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους. Συνολικά παρατηρείται ότι σε όλα τα σενάρια σχεδόν υπάρχει μια αιχμή στο φορτίο τις πρωινές ώρες μεταξύ 6.30 και 8.30, δηλαδή μεταξύ των ωρών που τα άτομα ξυπνούν και πάνε στη δουλειά τους ενώ η μεγαλύτερη αιχμή εμφανίζεται γύρω στις 9 το βράδυ οπότε και μετά αρχίζει και σταδιακά υποχωρεί. Μια μικρότερη αιχμή εμφανίζεται τις ώρες μεταξύ 13.30 και 15.30 όταν κάποιος από τους κατοίκους έχει επιστρέψει στο σπίτι σε διάλειμμα από την εργασία του. Τις ώρες που το σπίτι μένει ακατοίκητο το φορτίο δεν μηδενίζεται διότι υπάρχουν οι συσκευές που λειτουργούν συνέχεια μέσα στη μέρα. Αν και τα τελικά αποτελέσματα δεν είναι ενδεικτικά της συνολικής κατανάλωσης αφού έχει αποκλειστεί με τη μέθοδο αυτή ο υπολογισμός των καταναλώσεων λόγω θέρμανσης χώρου και νερού, ωστόσο μας βοηθάνε να διακρίνουμε το πότε θα υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για φορτίο από ένα νοικοκυριό μέσα στη μέρα. Επίσης δείχνουν ποια κατηγορία συνεισφέρει πιο πολύ στην αιχμή του συνολικού φορτίου. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένα πλάνο εξοικονόμησης ενέργειας έχοντας ως στόχο την μείωση της κατανάλωσης πρώτα στα νοικοκυριά που θεωρούνται ότι συμβάλλουν πιο πολύ στο πρόβλημα. Επιπλέον η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως πιθανό μέτρο πρέπει να γίνει με βάση το ότι η μεγαλύτερη αιχμή εμφανίζεται τις απογευματινές προς βραδινές ώρες. Άρα, συμπεραίνεται ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων θα ήταν ασύμφορη εκτός και αν γίνει μαζί με την κατάλληλη μπαταρία για αποθήκευση.





Σχήμα 3-3 Καμπύλη κατανάλωσης για κάθε τύπο νοικοκυριού

### 3.5 Ηλεκτρική κατανάλωση των νοικοκυριών στο Ηνωμένο Βασίλειο (2)

Εδώ παρουσιάζουμε μια δεύτερη μελέτη που έγινε στο Ηνωμένο Βασίλειο από τους Yao και Steemers, η οποία υπολογίζει το ημερήσιο ενεργειακό προφίλ των νοικοκυριών μιας κοινότητας βασισμένη στην παρουσία των ατόμων στο σπίτι και στον τρόπο με τον οποίο χειρίζονται τις ηλεκτρικές συσκευές. Η μελέτη αυτή βασίζεται στα ίδια στατιστικά στοιχεία με την προηγούμενη ωστόσο υπάρχουν ορισμένες σημαντικές διαφορές. Η δημοσκόπηση που διενεργήθηκε ώστε να συλλεχθούν δεδομένα για το χρονικό διάστημα που είναι ανοιχτές οι ηλεκτρικές συσκευές κατά τη διάρκεια της ημέρας εδώ παρουσιάζεται πιο αναλυτικά. Τα σενάρια περιορίζονται σε πέντε και επιπλέον υπολογίζεται και η κατανάλωση ρεύματος για τη θέρμανση του νερού.

#### 3.5.1 Δεδομένα

Η μέθοδος αυτή όπως και η προηγούμενη προσπαθεί να προβλέψει την κατανάλωση μιας περιοχής αναγνωρίζοντας ορισμένα τυπικά ημερήσια μοτίβα για το πως καταναλώνεται η ενέργεια στους διαφορετικούς τύπους νοικοκυριών που απαντώνται στην περιοχή αυτή. Τα σενάρια που

δημιουργήθηκαν σε αυτή τη μελέτη ήταν τα εξής:

1. Μη κατοικήσιμο διάστημα 9.00 - 13.00. Ένας από τους ενοίκους του σπιτιού έχει δουλειά μερικής απασχόλησης κατά την πρωινή βάρδια.
2. Μη κατοικήσιμο διάστημα 9.00 - 16.00. Οι κάτοικοι του σπιτιού έχουν εργασία πλήρους απασχόλησης.
3. Μη κατοικήσιμο διάστημα 9.00 - 16.00. Ένοικοι με δουλειά πλήρους απασχόλησης αλλά και παιδί ή παιδιά που πρέπει να φροντίσουν όταν τελειώσει το σχολείο.
4. Το σπίτι είναι κατειλημμένο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Στην οικογένεια αυτή υπάρχει μικρό παιδί που πρέπει να φροντίσουν είτε είναι ζευγάρι ηλικιωμένων συνταξιούχων.
5. Μη κατοικήσιμο διάστημα 13.00 - 18.00. Ένας από τους ενοίκους του σπιτιού έχει δουλειά μερικής απασχόλησης κατά την απογευματινή βάρδια.

Κατά την περίοδο που το σπίτι δεν κατοικείται θεωρήθηκε ότι οι συσκευές δεν λειτουργούν.

Οι οικιακές συσκευές κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής:

- i. Ηλεκτρονικές συσκευές: Τηλεόραση, βίντεο, DVD player κ.α.
- ii. Συσκευές ψυκτικές: Ψυγείο, καταψύκτης.
- iii. Συσκευές μαγειρέματος: Ηλεκτρικός φούρνος, ηλεκτρική εστία, φούρνος μικροκυμάτων.
- iv. Συσκευές πλυσίματος: Πλυντήριο πιάτων, πλυντήριο ρούχων, στεγνωτήριο.
- v. Άλλες συσκευές: Ηλεκτρική σκούπα, σίδερο, ηλεκτρονικός υπολογιστής κ.α.

Για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται λόγω τεχνητού φωτισμού χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$E_l = \left(\frac{I_{mean}}{E_{ff}}\right) \times H \times A_{floor} \times \left(\frac{N_p}{N_r}\right)$$

Όπου:

$I_{mean}$  το μέσο επίπεδο φωτεινότητας, όπου για τον οικιακό τομέα θεωρείται 150 Lux,

Η οι ώρες που ο τεχνητός φωτισμός είναι ανοιχτός,

$E_{ff}$  είναι η αποτελεσματικότητα φωτισμού, ένα μέτρο του πόσο καλά μια φωτεινή πηγή παράγει ορατό φως και μετριέται σε lum/W ,

Afloor είναι το εμβαδόν του σπιτιού,

$N_p$  ο αριθμός των κατοίκων του σπιτιού,

$N_r$  ο αριθμός των δωματίων του σπιτιού

Ο φωτισμός εξαρτάται από την εποχή, την ώρα της ημέρας και την παρουσία των ατόμων στο σπίτι. Η κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση νερού υπολογίζεται περίπου ότι αποτελεί το 20% της συνολικής κατανάλωσης. Οι χρήσεις του στο νοικοκυριό είναι για μπάνιο, για πλύσιμο χεριών, για πλύσιμο πιάτων και ρούχων είτε στο χέρι είτε στο πλυντήριο. Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E_{hw} = \frac{C_p \times \rho \times V \times (T_{out} - T_{in})}{3600}$$

όπου  $C_p$  η ειδική θερμική χωρητικότητα του νερού (4,187 KJ/kg\*K),

$\rho$  η πυκνότητα του νερού (1000 kg/m<sup>3</sup>),

$V$  ο όγκος του νερού που καταναλώνεται καθημερινά (m<sup>3</sup>/day),

$T_{out}$  η θερμοκρασία εξόδου του νερού και

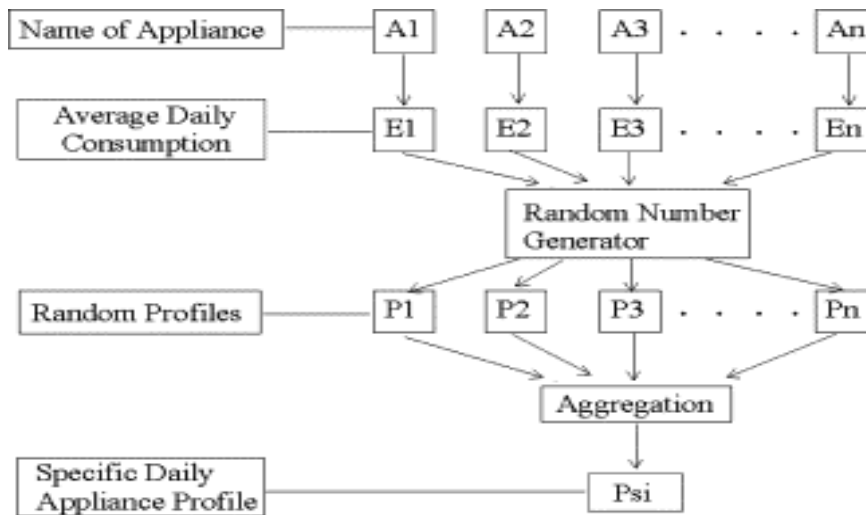
$T_{in}$  η θερμοκρασία εισόδου του νερού (10 °C).

### 3.5.2 Μεθοδολογία

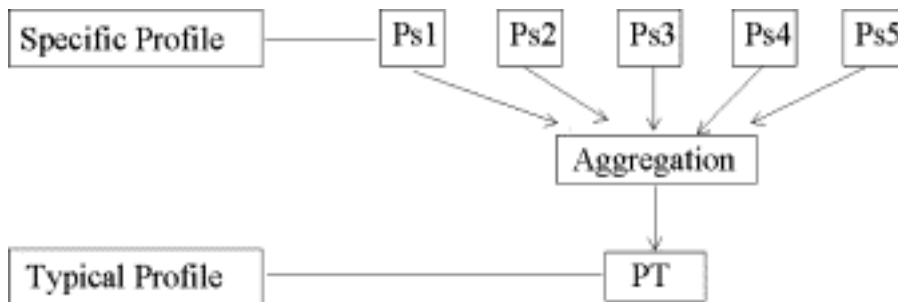
Για να μοντελοποιηθεί το ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε το χειρότερο δυνατό σενάριο, δηλαδή θεωρήθηκε ότι όλες οι συσκευές θα λειτουργήσουν μέσα στη μέρα. Με τη γεννήτρια τυχαίων αριθμών μέσω του excel κατανέμονται οι συσκευές στα νοικοκυριά της περιοχής που αναπαρίσταται. Πάλι μέσω της τεχνικής αυτής δημιουργείται ένα τυχαίο ημερήσιο προφίλ για την κάθε συσκευή για ένα τύπο νοικοκυριού. Τα προφίλ των διάφορων συσκευών αθροίζονται και δημιουργούν το προφίλ ενός συγκεκριμένου τύπου νοικοκυριού. Για να δημιουργηθεί το ημερήσιο προφίλ ενός τυπικού μέσου νοικοκυριού αθροίζουμε όλα τα προφίλ των διάφορων σεναρίων. Τέλος για να υπολογιστεί το προφίλ του φορτίου μιας περιοχής ή

ακόμα και μιας χώρας υπολογίζουμε το τυπικό προφίλ για νοικοκυριά που αποτελούνται από διαφορετικό αριθμό ατόμων ο οποίος είναι ανάλογος της περιοχής που μελετάμε. Αναλυτικά ένα ένα τα βήματα παρουσιάζονται στις επόμενες εικόνες.

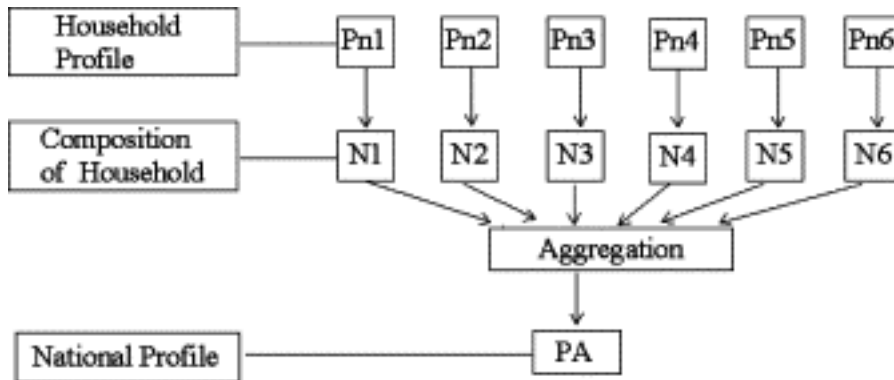
1ο βήμα. Δημιουργία ειδικού προφίλ για ένα τύπο νοικοκυριού



2ο βήμα. Δημιουργία γενικού προφίλ για όλα τα νοικοκυριά



### 3ο βήμα. Δημιουργία τοπικού ή εθνικού προφίλ



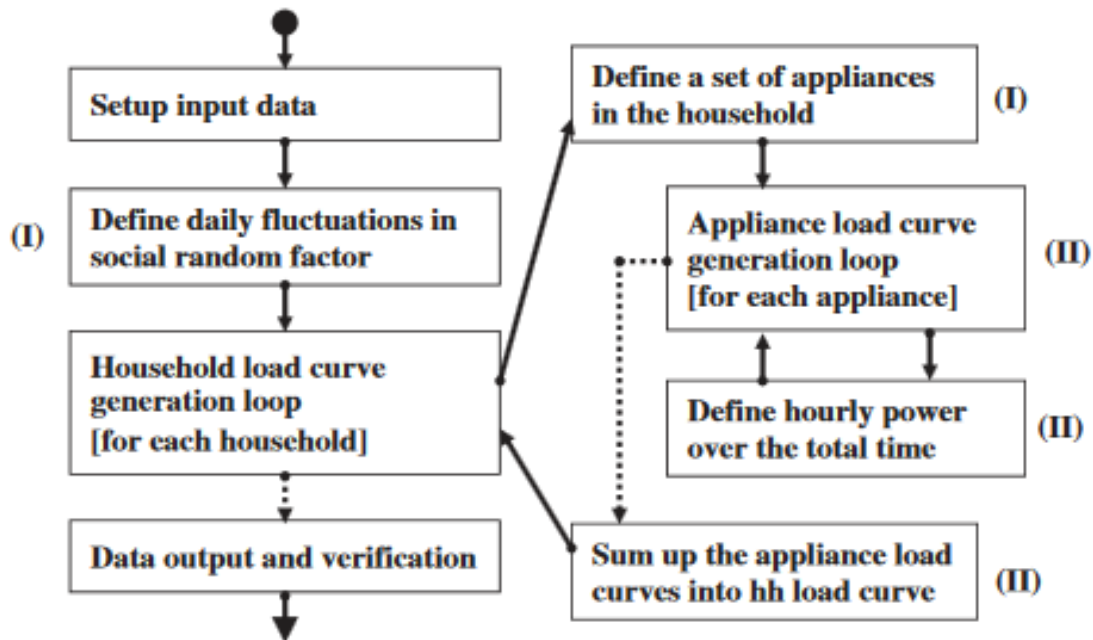
### 3.6 Ηλεκτρική κατανάλωση των σπιτιών στην Φινλανδία

Σε ένα ανωφερές μοντέλο πρόβλεψης φορτίου όπως αναφέραμε είναι απαραίτητα κάποια λεπτομερή δεδομένα σχετικά με τα άτομα, τις συσκευές τους και γενικά τα νοικοκυριά. Τα στοιχεία που υπάρχουν στους λογαριασμούς ρεύματος περιέχουν ελάχιστες πληροφορίες που αφορούν κυρίως καταναλώσεις που έχουν αθροιστεί. Το 2005, οι Paatero και Lund έκαναν μια μελέτη σχετικά με την οικιακή κατανάλωση στην Φινλανδία στην οποία πρότειναν ένα μοντέλο δημιουργίας προφίλ οικιακών ηλεκτρικών καταναλώσεων σε ωριαία βάση αντλώντας πληροφορίες από μερικές χιλιάδες νοικοκυριά. Επιπλέον, εφάρμοσαν στα αποτελέσματα της μελέτης τους 3 στρατηγικές μείωσης της αιχμής του ημερήσιου φορτίου. Οι πληροφορίες που χρειάστηκαν για το μοντέλο αυτό ουσιαστικά δημιουργήθηκαν με τη χρήση δεδομένων από ένα δείγμα του πληθυσμού μαζί με στατιστικές προσεγγίσεις. Ο τυχαίος χαρακτήρας των καταναλώσεων προσομοιώθηκε με τη βοήθεια στοχαστικών διεργασιών και συναρτήσεων πιθανοτήτων κατά τη δημιουργία διαφορετικών προφίλ κατανάλωσης. Ο πολύ μικρός αυτός όγκος δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στη μέθοδο αυτή ήταν το αντιστάθμισμα ως προς τις πιθανές απώλειες σε ακρίβεια που θα προέκυπταν. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου πάρθηκαν από δύο διαφορετικές

έρευνες. Το πρώτο σύνολο αποτελούταν από ωριαία δεδομένα για την κατανάλωση 702 σπιτιών κατά τη διάρκεια ενός έτους (2002). Το δεύτερο σύνολο αποτελούταν από ωριαία δεδομένα για τις καταναλώσεις 1082 νοικοκυριών με συνολική χρονική διάρκεια 142 ημερών, από τον Σεπτέμβριο του 2002 έως τον Ιανουάριο του 2003. Οι μετρήσεις έγιναν απευθείας μέσα σε νοικοκυριά που στεγάζονταν αποκλειστικά σε πολυκατοικίες μεγέθους 27 έως 74 διαμερισμάτων και αφορούσαν κυρίως τις καταναλώσεις των συσκευών και του φωτισμού. Βαριά ηλεκτρικά φορτία για τη θέρμανση ή την ψύξη του χώρου και θερμοσίφωνες παραλείφθηκαν. Η ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από εξωτερικούς παράγοντες όπως η εξωτερική θερμοκρασία και οι ώρες ηλιοφάνειας. Τα δεδομένα των δύο ερευνών προσαρμόστηκαν ώστε να αποκλειστούν οι μεταβολές λόγω των ημερήσιων καιρικών φαινομένων και οι διακύμανση των τιμών να εξαρτάται από την συμπεριφορά των ατόμων στο νοικοκυριό.

### **3.6.1 Μεθοδολογία**

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις και τα στοιχεία των 2 ερευνών οι Paatero και Lund κατασκεύασαν ένα ανωφερές μοντέλο του οποίου η δομή παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί. Στο διάγραμμα αυτό η μεγάλη κουκίδα αναπαριστά την αρχή της διαδικασίας όταν και εισάγουμε τα δεδομένα ενώ το μεγάλος βέλος είναι η έξοδος των αποτελεσμάτων. Τα μέρη που περιλαμβάνουν υπολογιστικούς βρόχους έχουν στην έξοδο 2 βέλη ένα με συνεχόμενη γραμμή που οδηγεί στον βρόχο και ένα με διακεκομμένη που οδηγεί στο επόμενο βήμα όταν τελειώσει η επανάληψη.



Σχήμα 3-4 Δομή ανωφερούς μοντέλου υπολογισμού ηλεκτρικής ενέργειας

Στο πρώτο κομμάτι καθορίζεται η διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης μέσω του τυχαίου δείκτη  $P_{social}$  που σχετίζεται με την συμπεριφορά των ατόμων λόγω τυχαίων κοινωνικών και καιρικών παραγόντων. Οι ημερήσιες τιμές του δείκτη είναι ίδιες για όλα τα σπίτια και καθορίζονται από τις μετρήσεις των δύο προηγούμενων ερευνών. Οι διεργασίες στο πρώτο μέρος επαναλαμβάνονται για όλες τις οικιακές συσκευές όλων των νοικοκυριών. Οι συσκευές κατανεμήθηκαν με βάση πληροφορίες για τα επίπεδα κορεσμού τους στα σπίτια, οι οποίες αντλήθηκαν από δημόσια στοιχεία της στατιστικής υπηρεσία της Φινλανδίας (Statistics Finland - S.F). Έτσι μετά την εφαρμογή αυτών των στατιστικών κάθε σπίτι είχε το δικό του σετ ηλεκτρικών συσκευών. Το δεύτερο κομμάτι προσομοιώνει το χρονικό προφίλ της ηλεκτρικής κατανάλωσης κάθε συσκευής κάθε σπιτιού ξεχωριστά. Η ηλεκτρική κατανάλωση κάθε συσκευής καθορίζεται από τον κύκλο λειτουργίας της δηλαδή το χρονικό διάστημα που είναι ανοιχτή η συσκευή μέχρι να κλείσει. Το πότε θα ξεκινήσει αυτός ο κύκλος καθορίζεται από τη συνάρτηση πιθανότητας  $P_{start}$  με τύπο :

$$P_{start}(A, W, \Delta t_{comp}, \sigma_{flat}, h, d) = P_{season}(A, W) * P_{hour}(A, h, d) * f(a, d) * P_{step}(\Delta t_{comp}) P_{social}(\sigma_{flt})$$

Όπου :

$P_{season}$  είναι ο δείκτης εποχικής πιθανότητας που μοντελοποιεί τις αλλαγές

λόγω εποχής του χρόνου,

$P_{hour}$  ο δείκτης ωριαίας πιθανότητας που σχετίζεται με την ημερήσια λειτουργία των συσκευών,

$P_{step}$  ο δείκτης με βάση τον οποίο γίνεται η διαβάθμιση των πιθανοτήτων με βήμα  $\Delta t_{comp}$ ,

$P_{social}$  ο δείκτης που σχετίζεται με την συμπεριφορά των ατόμων λόγω τυχαίων κοινωνικών και καιρικών παραγόντων

$f$  η μέση ημερήσια συχνότητα έναρξης της συσκευής (1 day<sup>-1</sup>),

$A$  η συσκευή ή γκρουπ συσκευών,

$h$  η ώρα της ημέρας,

$d$  η ώρα της εβδομάδας,

$W$  η εβδομάδα του έτους,

$\Delta t_{comp}$  το υπολογιστικό βήμα (s ή min) και

$\sigma_{flat}$  η τυπική απόκλιση της  $P_{social}$ .

Σε κάθε βήμα  $\Delta t_{comp}$  λοιπόν, καθορίζεται η  $P_{start}$ , η οποία παίρνει τιμές από το 0 έως το 1. Όταν λοιπόν μια συσκευή είναι στο 0 το αν θα λειτουργήσει εξαρτάται από το αν η  $P_{start}$  εκείνη τη στιγμή είναι μεγαλύτερη από έναν συγκεκριμένο αριθμό. Τότε ένας κύκλος λειτουργίας της συσκευής θα προστεθεί στο συνολικό φορτίο του σπιτιού.

Μόλις περάσει το χρονικό διάστημα  $t = t_{start} + t_{cycle}$ , όπου  $t_{cycle}$  ο χρόνος του κύκλου, η συσκευή σβήνει και ο έλεγχος των πιθανοτήτων για να μπει σε λειτουργία πάλι η συσκευή ξεκινά. Εάν μια συσκευή έχει standby φορτίο θα προστεθεί και αυτό στην ημερήσια καμπύλη φορτίου.

Οι δείκτες  $P_{season}$  προσδιορίζονται από τα δεδομένα των 2 μετρήσεων που προηγήθηκαν στα 702 και στα 1082 νοικοκυριά. Οι δείκτες πιθανότητας  $P_{hour}$  έχουν αντληθεί από την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία (Ruska and Haarakoski 1998, Sidler 1996, 2002).

Το ενεργό και το standby φορτίο μιας συσκευής συνδέονται με την ετήσια κατανάλωση με τον τύπο:



$$E_{yearly} = \left( 3600 \times 24 \frac{s}{day} \times E_{standby} + f \sum_{n=1}^{n_{cycle}} E_{cycle,n} \times t_{cycle,n} \right) \times \frac{365}{3,6 \times 10^6} \frac{day \times kWh}{W \times s}$$

Όπου:

$E_{yearly}$  είναι η μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (kWh),

$E_{standby}$  η κατανάλωση όταν οι συσκευές είναι σε αναμονή (W),

$E_{cycle}$  η κατανάλωση της συσκευής στο n-οστό βήμα του κύκλου λειτουργίας της (W),

$t_{cycle}$  το μήκος του n-οστού βήματος,

$n_{cycle}$  ο αριθμός των βημάτων στο μέσο κύκλο λειτουργίας της συσκευής.

Ανάλογα με το ποια στοιχεία γνωρίζουμε μπορούμε να υπολογίσουμε τα υπόλοιπα. Ωστόσο για να υπολογιστούν οι συχνότητες έναρξης αλλά και οι διάφορες παράμετροι ενός κύκλου λειτουργίας χρειάζεται να συνδυαστούν στοιχεία από διάφορες πηγές. Ορισμένες προσαρμογές στα δεδομένα που εισάγονται στο μοντέλο είναι απαραίτητες για την καλύτερη δυνατή λειτουργία του όπως και στις περισσότερες ανωφερείς μεθόδους υπολογισμού. Στην συγκεκριμένη μελέτη αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της διαφοράς των δεδομένων που εισάγονται με το είδος των δεδομένων που το μοντέλο πρόκειται να αναπαραγάγει.

### 3.6.2 Εφαρμογή του μοντέλου και αποτελέσματα

Με βάση την μεθοδολογία που ανέπτυξαν και αναφέραμε προηγουμένως, οι Raatero και Lund δημιούργησαν ένα σύνολο δεδομένων που αποτελούνταν από 10.000 νοικοκυριά, τις συσκευές τους και αναλυτικές πληροφορίες για την κατανάλωση τους για ένα χρόνο. Τα νοικοκυριά είναι σε πολυκατοικίες, χωρίς μεγάλα θερμικά φορτία όπως η θέρμανση χώρου. Οι καταναλώσεις των συσκευών καθώς και οι καταναλώσεις τους σε αναμονή και οι συχνότητες λειτουργίας τους υπολογίστηκαν συνδυάζοντας την υπάρχουσα βιβλιογραφία δημιουργώντας τον παρακάτω πίνακα όπου P η ισχύς σε Watt, T η διάρκεια σε λεπτά, F1 η συχνότητα τις καθημερινές και F2 τα σαββατοκύριακα.

ΣΥΣΚΕΥΗ	P1	T1	P2	T2	P3	T3	P4	T4	STANDBY (W)	F1	F2
ΦΟΥΡΝΟΣ	1050	12	525	18	220	12			0	0,56	0,61
	1100	12	550	6						0,70	0,76
	2100	24	700	6	1400	6	0	6		0,20	0,21
Φ.ΜΙΚΡΟΚ.	800	6							3	0,98	1,06
ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	640	6	105	18						0,98	1,06
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	110	12	0	24						40,5	41,3
ΨΥΓΕΙΟ	155	12	0	12						40,5	41,3
2 <sup>ο</sup> ΨΥΓΕΙΟ	190	12	0	12						40,5	41,3
ΠΛ.ΠΙΑΤΩΝ	1800	18	220	18	1800	6	220	12		1,16	1,26
ΠΛ.ΡΟΥΧΩΝ	2150	12	210	24	450	6				0,31	0,33
	2150	18	210	24	450	6				0,11	0,12
ΣΤΕΓΝΩΤΗΡΙΟ	2500	72								0,28	0,30
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	105	60							8	1,95	2,12
2 <sup>η</sup> ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	75	60							4	0,28	0,30
ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ	-	-							9	-	-
ΡΑΔΙΟ	30	60							5	4,18	4,54
Η/Υ	125	60							3	0,70	0,76
ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ	30	60							4	0,14	0,15
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	120	30								18,0	19,5
ΆΛΛΑ ΦΟΡΤΙΑ	1000	30							3	0,14	0,15

Πίνακας 3-6 Καταναλώσεις ανά κύκλο λειτουργίας και συχνότητας έναρξης κάθε συσκευής

Τελικά η μέση ημερήσια ενέργεια που κατανάλωνε ένα νοικοκυριό στην προσομοίωση των 10.000 κτιρίων ήταν 5,16 kWh/μέρα, ελάχιστα δηλαδή υψηλότερη από την μέση ημερήσια των νοικοκυριών που είχαν μετρηθεί και ήταν 5,12 kWh/μέρα. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τα μετρούμενα μεγέθη διαπιστώθηκε επιπλέον ότι οι ωριαίες αποκλίσεις στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα ήταν λιγότερο από 3%, με εξαίρεση μόνο ορισμένες ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η τυπική απόκλιση ωστόσο ήταν αρκετά μεγάλη (σχεδόν διπλάσια της αντίστοιχης που είχε μετρηθεί) και αυτό οφειλόταν κυρίως στο ότι ήταν δύσκολο να αποτυπωθεί ακριβώς η συμπεριφορά των ενοίκων στο σπίτι.

### 3.6.3 Εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας

Με τον όρο Demand Side Management (DSM) εννοούμε τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την παρακολούθηση κάποιων συγκεκριμένων ενεργειών που έχουν ως στόχο να επηρεάσουν τον τρόπο που οι πελάτες χρησιμοποιούν την

ηλεκτρική ενέργεια ώστε να επιτευχθούν ορισμένες επιθυμητές αλλαγές στην καμπύλη φορτίου του νοικοκυριού τους. Στο μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκαν 2 ειδών DSM στρατηγικές :

- (1) μετατόπιση της χρονικής στιγμής έναρξης της λειτουργίας μιας συσκευής .
- (2) κλείσιμο της συσκευής.

Για την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών τέθηκαν κάποιοι κανόνες. Για να εξασφαλιστεί λοιπόν η λειτουργικότητα του νοικοκυριού και η άνεση των ενοίκων του, οι συσκευές χωρίστηκαν με σειρά προτεραιότητας όπως φαίνεται παρακάτω, με βάση την οποία ξεκινάμε την εφαρμογή της στρατηγικής από τις συσκευές με προτεραιότητα 0.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΟΡΙΑ
ΗΛΕΚ. ΚΟΥΖΙΝΑ	1	ΟΧΙ	-
Φ.ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	1	ΟΧΙ	-
ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	1	ΟΧΙ	-
ΨΥΓΕΙΟ	0	1 ΩΡΑ	1 ΩΡΑ
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	0	1 ΩΡΑ	1 ΩΡΑ
ΔΕΥΤΕΡΟ ΨΥΓΕΙΟ	0	1 ΩΡΑ	1 ΩΡΑ
ΠΛ.ΠΙΑΤΩΝ	3	6 ΩΡΕΣ	-
ΠΛ.ΡΟΥΧΩΝ	2	6 ΩΡΕΣ	-
ΣΤΕΓΝΩΤΗΡΙΟ	2	6 ΩΡΕΣ	-
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	4	ΟΧΙ	-
ΔΕΥΤΕΡΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	4	ΟΧΙ	-
DVDplayer	4	ΟΧΙ	-
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ	4	ΟΧΙ	-
ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ	4	ΟΧΙ	-
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	5	ΟΧΙ	50%
ΑΛΛΑ ΦΟΡΤΙΑ	5	ΟΧΙ	50%

Πίνακας 3-7 Προτεραιότητα συσκευών

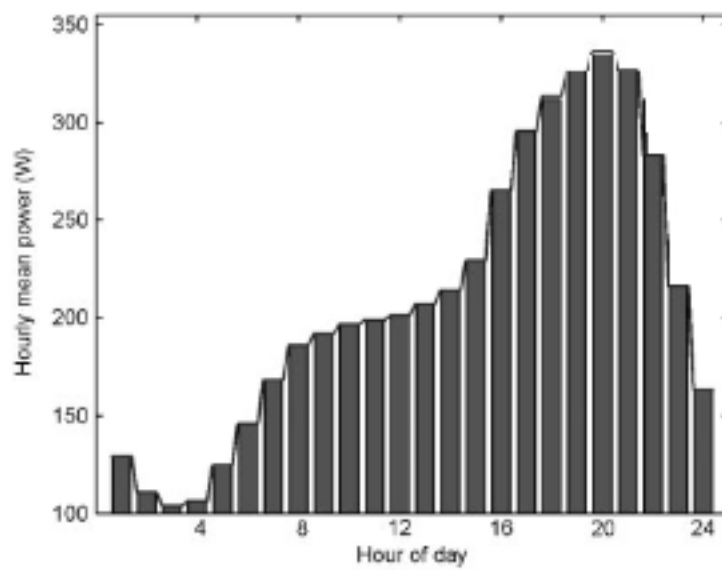
Επιπλέον τέθηκαν κάποιοι περιορισμοί. Μόνο το 50% του φορτίου που καταναλώνεται για φωτισμό μπορεί να τροποποιηθεί και τα ψυγεία και οι καταψύκτες μπορούν να σταματήσουν να λειτουργούν κάθε φορά μόνο για μια ώρα και αφού έχει περάσει μια ώρα τουλάχιστον από την τελευταία φορά που έκλεισαν. Με βάση αυτά δημιούργησαν τρία διαφορετικά σενάρια. Στο πρώτο

σενάριο αναπτύχθηκε μια ήπια στρατηγική μείωσης της αιχμής του φορτίου που εμφανίζεται μέσα στη μέρα. Ο τρόπος για να επιτευχθεί αυτό ήταν να μειωθεί η κατανάλωση των συσκευών με προτεραιότητα 0 (ψυγεία και καταψύκτες) κατά το χρονικό διάστημα των ωρών αιχμής. Έτσι για 5 ώρες και συγκεκριμένα για το χρονικό διάστημα 18:00 – 23:00 η συνολική κατανάλωση των συσκευών αυτών μειώθηκε κατά 3,1%, 27,6%, 52,9%, 47,1% και 25,5% ανά ώρα ώστε να υπάρχει ομαλή διαχείριση τους σύμφωνα με τους περιορισμούς. Το αποτέλεσμα ήταν να μειωθεί κατά περίπου 7,2% το μέσο ετήσιο φορτίο αιχμής.

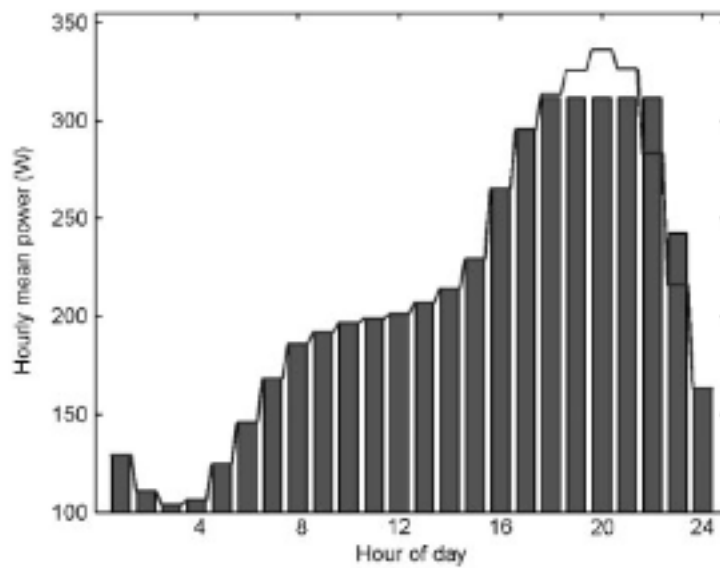
Στο δεύτερο σενάριο εφαρμόστηκε μια πιο γενική στρατηγική που περιλαμβάνει την ρύθμιση όλων των συσκευών του νοικοκυριού με βάση την προτεραιότητά τους και είχε σαν στόχο τη μείωση της μέγιστης κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με αυτό τον τρόπο επηρεάστηκε η άνεση των ενοίκων μέσα στο σπίτι αφού αναβλήθηκαν οι ώρες χρήσεις των συσκευών για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Τα πλυντήρια ρούχων και πιάτων τέθηκαν κλειστά για τις ώρες 14:00 – 23:00, η χρήση των συσκευών που σχετίζονται με τη διασκέδαση των ενοίκων όπως η τηλεόραση αναβλήθηκε τις ώρες 17:00 – 23:00 και ο φωτισμός περιορίστηκε στο 50% για μία ώρα κατά τη διάρκεια του απογεύματος στο 75% των υπό μελέτη νοικοκυριών. Το αποτέλεσμα του σεναρίου αυτού ήταν να μειωθεί το φορτίο αιχμής κατά 42% αλλά ταυτόχρονα να αυξηθεί η κατανάλωση τις ώρες 23:00 – 05:00, όταν δηλαδή τέθηκαν πάλι σε λειτουργία οι συσκευές που είχε αναβληθεί η χρήση τους.

Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο, εφαρμόστηκε ένα τρίωρο γενικό black-out το μεσημέρι από τις 12:00 έως τις 15:00. Κατά την πρώτη ώρα εφαρμογής του όλες οι συσκευές τέθηκαν εκτός λειτουργίας. Τη δεύτερη ώρα λειτούργησαν τα ψυγεία και οι καταψύκτες σύμφωνα με τους περιορισμούς που είχαν τεθεί εξαρχής και την τρίτη ώρα πάλι όλα τα φορτία μηδενίστηκαν. Το αποτέλεσμα ήταν η μείωση του μέσου φορτίου κατά 61% ωστόσο η μέγιστη αιχμή φορτίου αυξήθηκε περίπου 7%.

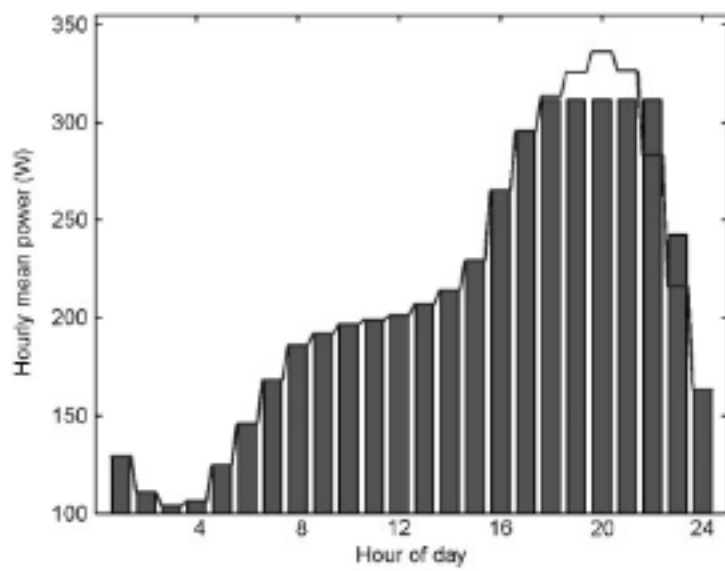
Μέση ημερήσια κατανάλωση:



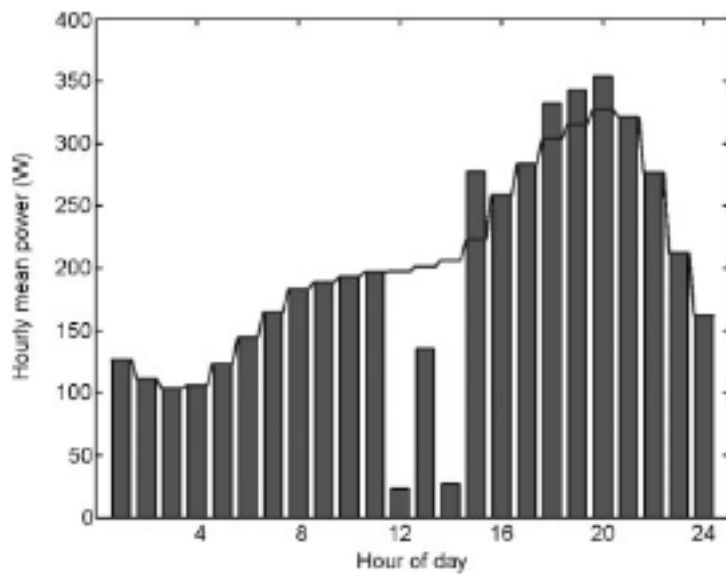
Ημερήσια κατανάλωση σεναρίου 1:



Ημερήσια κατανάλωση σεναρίου 2:



Ημερήσια κατανάλωση σεναρίου 3:



## **4 Υπολογισμός της ηλεκτρικής κατανάλωσης μιας περιοχής**

Στο κομμάτι αυτό παρουσιάζεται η μελέτη που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία σχετικά με την ηλεκτρική κατανάλωση μιας υποθετικής περιοχής, η οποία αποτελείται από 1000 νοικοκυριά. Στόχος ήταν να υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση χωρίς την ύπαρξη ακριβών και λεπτομερών δεδομένων για το κάθε σπίτι αλλά με τη χρήση στατιστικών στοιχείων και πληροφοριών που αντλήθηκαν από μετρήσεις προηγούμενων ερευνών. Το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του μοντέλου υπολογισμού της κατανάλωσης ήταν το Microsoft Office Excel.

### **4.1 Επεξεργασία δεδομένων**

Η μελέτη αυτή έγινε ειδικά για την Ελλάδα για να προσδιοριστεί η ενεργειακή συμπεριφορά των καταναλωτών. Μη έχοντας στην διάθεση μας πραγματικά στοιχεία για μια περιοχή προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε μία που αποτελείται από 1000 διαφορετικά νοικοκυριά. Για να είναι αντιπροσωπευτική η μελέτη για τον ελληνικό χώρο, οι τύποι των νοικοκυριών και ο αριθμός τους στο δείγμα καθορίστηκε από τα επίσημα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ). Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη δημοσκόπηση, που διεξήχθη το 2011, το σύνολο των νοικοκυριών στην Ελλάδα ανέρχεται σε 4.134.540 ενώ το μέσο μέγεθος νοικοκυριού είναι 2,6 άτομα με το μεγαλύτερο (3,0 άτομα) να συναντάται στην Περιφερειακή ενότητα Δυτικού τομέα Αθηνών ενώ το μικρότερο (2,2 άτομα) στη Σάμο. Επειδή θέλαμε να διακρίνουμε τα νοικοκυριά όχι μόνο ως προς τον αριθμό των ατόμων που τα αποτελούν αλλά και ως προς την ιδιότητα τους (εργαζόμενος, συνταξιούχος, γονέας, παιδί κ.λπ.) συγκεντρώσαμε στοιχεία από διαφορετικές δημοσκοπήσεις από τις οποίες προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας.

Α/Α ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟΥ	ΕΛΛΑΔΑ	ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
1	1 εργαζόμενος	379.134	92
2	1 ηλικιωμένος	682.413	165
3	1 ζευγάρι χωρίς παιδιά	494.552	120
4	1 ζευγάρι ηλικιωμένων	480.357	116
5	1 γονιός με παιδιά	463.775	112
6	1 ζευγάρι με 1 ή 2 παιδιά	1.364.201	330
7	Πολυπληθής οικογένεια	270.108	65
	ΣΥΝΟΛΟ	4.134.540	1000

Πίνακας 4-1 Ποσοστά ανά κατηγορία νοικοκυριού στην Ελλάδα

Τα νοικοκυριά στην Ελλάδα που αποτελούνται από έναν εργαζόμενο ενήλικα είναι 379.134 (0,092% επί του συνόλου των νοικοκυριών), από έναν συνταξιούχο άνω των 65 ετών είναι 682.413 (0,165%), από ένα ζευγάρι είτε παντρεμένο είτε που συζεί χωρίς παιδιά είναι 494.552 (0,12%), από ένα ζευγάρι συνταξιούχων άνω των 65 ετών 480.357 (0,116%), από έναν γονιό (πατέρα ή μητέρα) και ένα ή δύο παιδιά είναι 463.775 (0,112%), από ένα ζευγάρι ατόμων που εργάζονται και είναι είτε παντρεμένο είτε συζεί και έχουν ένα ή δύο παιδιά 1.364.201 (0,33% - αναλυτικότερα 662.345 νοικοκυριά αποτελούνται από δύο γονείς και ένα παιδί και 701.856 από δύο γονείς και δύο παιδιά) και αυτά που αποτελούνται από πέντε άτομα και πάνω (πολύτεκνες οικογένειες, γονείς μαζί με τα παιδιά και τους παππούδες κ.α.) είναι 270.108 (0,065%).

Ανάγοντας τα στοιχεία αυτά στην περιοχή των 1000 νοικοκυριών που θέλαμε να δημιουργήσουμε για τους υπολογισμούς μας καταλήξαμε ότι αυτή αποτελείται από 92 νοικοκυριά με έναν εργαζόμενο, 165 νοικοκυριά με ένα άτομο άνω των 65 ετών, 120 νοικοκυριά με 2 άτομα που εργάζονται, 116 νοικοκυριά με ένα ζευγάρι άνω των 65 ετών, 112 νοικοκυριά με έναν γονέα και το παιδί ή τα παιδιά του, 330 με ένα ζευγάρι εργαζόμενων και ένα ή δύο παιδιά και 65 νοικοκυριά που αποτελούνται από πέντε άτομα και πάνω.

Έχοντας χωρισμένη την προς μελέτη περιοχή σε νοικοκυριά, επόμενο βήμα ήταν να βρούμε ποιες και πόσες συσκευές χρησιμοποιούνται στο κάθε νοικοκυριό ώστε να υπολογίσουμε την τελική κατανάλωσή του. Πάλι στηριζόμενοι στα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ προσδιορίστηκε αρχικά ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών με βάση τα ποσοστά κατοχής τους που παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.



ΣΥΣΚΕΥΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ
Ηλεκτρική εστία	93,2	932
Ηλεκτρικός φούρνος	89,1	891
Φούρνος μικροκυμάτων	38,6	386
Ψυγείο με ή χωρίς καταψύκτη	99,9	1000
Κλιματιστικό	59,5	595
Τηλεόραση	99,1	1000
Θερμοσίφωνας	74,5	745
Πλυντήριο πιάτων	33,2	332
Πλυντήριο ρούχων	95,8	958
Modem/router	49,8	498
Pc/Laptop	54,1	541
Σίδερο	95,6	956
Ηλεκτρική σκούπα	81,1	811

Πίνακας 4-2 Ποσοστά κατοχής ηλεκτρικών συσκευών

Όσον αφορά τον αριθμό των ψυγείων και των τηλεοράσεων, θεωρήθηκε χωρίς βλάβη της γενικότητας ότι όλα τα σπίτια έχουν από μία τέτοιου είδους συσκευή. Ο συμβιβασμός αυτός έγινε για διευκόλυνση των πράξεων αφού τα ποσοστά διαθεσιμότητάς τους στα ελληνικά νοικοκυριά πλησιάζουν το 100% (99,9% και 99,1% αντίστοιχα) και δεν επηρεάζουν τους υπολογισμούς.

#### 4.2 Δημιουργία του μοντέλου υπολογισμού

Μέσω του προγράμματος Excel δημιουργήθηκε ένα μοντέλο το οποίο υπολογίζει αναλυτικά τις καταναλώσεις κάθε νοικοκυριού και την συνολική για μια ολόκληρη περιοχή. Το πρώτο στάδιο ήταν να κατανεμηθούν οι συσκευές στα 1000 νοικοκυριά της περιοχής με τυχαίο τρόπο. Κάθε σπίτι το συμβολίσαμε με έναν αριθμό από το 1 μέχρι το 1000. Δηλαδή, τα νοικοκυριά με έναν εργαζόμενο που είναι 92 στον αριθμό, τα αντιστοιχίσαμε στους αριθμούς μεταξύ 1 και 92. Τα νοικοκυριά της δεύτερης κατηγορίας, που αποτελούνται από έναν συνταξιούχο τα αντιστοιχίσαμε στους αριθμούς μεταξύ 93 και  $93+165=257$  διότι 165 είναι το πλήθος των νοικοκυριών της συγκεκριμένης κατηγορίας. Έτσι αντιστοιχίσαμε και τα σπίτια των υπόλοιπων κατηγοριών με ένα αριθμό. Μετά από αυτό και γνωρίζοντας τον ακριβή αριθμό συσκευών κάθε τύπου στόχος ήταν να βρούμε σε ποια νοικοκυριά ανήκουν. Κάθε διαφορετική συσκευή ονομάστηκε με ένα νούμερο από το ένα ως το  $n$  ( όπου  $n$  το πλήθος

των συσκευών ανά τύπο) και με τυχαίο τρόπο κατανεμήθηκε σε ένα από τα 1000 νοικοκυριά (η συνάρτηση τυχαίων αριθμών RANDBETWEENplus που χρησιμοποιήθηκε παρατίθεται στο παράρτημα).

Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε τύπο συσκευής. Τα δεδομένα προκειμένου να επεξεργαστούν ταξινομήθηκαν σε έναν πίνακα και έτσι δημιουργήσαμε το προφίλ καθενός από τα 1000 νοικοκυριά ως προς τις συσκευές. Από τα αναλυτικά στοιχεία για τις συσκευές που έχει στην κατοχή του κάθε νοικοκυριού, συγκεντρώνουμε τα στοιχεία για το πλήθος των συσκευών που ανήκει σε κάθε κατηγορία νοικοκυριού σε ένα γενικό πίνακα.

	<b>ΕΣΤΙΑ</b>	<b>ΦΟΥΡΝΟΣ</b>	<b>Φ.ΜΙΚΡΟΚ.</b>	<b>ΠΛ.ΠΙΑΤΩΝ</b>	<b>ΠΛ.ΡΟΥΧΩΝ</b>	<b>ΗΛ.ΣΚΟΥΠΑ</b>
1 εργαζόμενος	84	84	34	33	89	73
1 ηλικιωμένος	151	151	63	54	159	138
1 ζευγάρι χωρίς παιδιά	117	106	47	43	114	94
1 ζευγάρι ηλικιωμένων	111	96	56	39	114	98
1 γονιός με παιδιά	103	102	34	35	104	78
1 ζευγάρι με 1 ή 2 παιδιά	305	292	128	100	316	271
Πολυπληθής οικογένεια	61	60	24	28	62	59

Πίνακας 4-3 (α) Πλήθος συσκευών ανά κατηγορία νοικοκυριού

	<b>ΣΙΔΕΡΟ</b>	<b>ΨΥΓΕΙΟ</b>	<b>ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ</b>	<b>ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ</b>	<b>ΜΟΝΤΕΜ</b>	<b>Η/Υ</b>
1 εργαζόμενος	87	92	73	55	49	48
1 ηλικιωμένος	159	165	118	98	88	88
1 ζευγάρι χωρίς παιδιά	113	120	85	72	68	61
1 ζευγάρι ηλικιωμένων	110	116	85	64	55	74
1 γονιός με παιδιά	106	112	93	71	58	61
1 ζευγάρι με 1 ή 2 παιδιά	318	330	244	193	159	172
Πολυπληθής οικογένεια	62	65	47	42	21	37

Πίνακας 4-3 (β) Πλήθος συσκευών ανά κατηγορία νοικοκυριού

### 4.3 Ηλεκτρική κατανάλωση στα ελληνικά νοικοκυριά

Οι υπολογισμοί των φορτίων έγιναν με βάση 2 χαρακτηριστικά: τον αριθμό των ατόμων και τις ώρες λειτουργίας των συσκευών ανάλογα με τον τύπο του νοικοκυριού. Ο αριθμός των ατόμων ήταν απαραίτητο στοιχείο της μεθοδολογίας αφού οι καταναλώσεις των συσκευών υπολογίστηκαν με βάση την μέση κατανάλωση ανά άτομο της κάθε συσκευής. Τα στοιχεία αυτά αντλήθηκαν από τρεις διαφορετικές πηγές και συγκεκριμένα από την ΕΛΣΤΑΤ, το EURECO project και το REMODECE project.

Το REMODECE project ήταν μια ευρωπαϊκή έρευνα που διεξήχθη από το 2006 έως το 2008 με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα σπίτια. Κατά τη διάρκεια της έρευνας αυτής μετρήθηκε η κατανάλωση 100 νοικοκυριών και απαντήθηκαν 500 περίπου ερωτηματολόγια σε κάθε μία από τις 12 ευρωπαϊκές χώρες που έλαβαν μέρος. Η λίστα των χωρών που συμμετείχαν περιλάμβανε τις Πορτογαλία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Τσεχία, Δανία, Γαλλία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ιταλία, Νορβηγία, Ρουμανία και Ελλάδα με συμμετοχή αρκετών πανεπιστημίων, οργανισμών και κέντρων ερευνών. Από την Ελλάδα συμμετείχε το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψαν ύστερα από μετρήσεις 11.500 συσκευών σε όλες τις χώρες, χρονικής διάρκειας 2 εβδομάδων περίπου για κάθε συσκευή και με χρονική απόσταση περίπου 10 λεπτών ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μετρήσεις. Παράλληλα διεξήχθη και έρευνα μέσω ερωτηματολογίου στους ενοίκους των κατοικιών με σκοπό την αποτύπωση της συμπεριφοράς τους. Επιπλέον, μελετήθηκε το σενάριο να αντικατασταθούν όλες οι συσκευές στα νοικοκυριά από τις τελευταίας τεχνολογίας αντίστοιχές τους. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη αφορούσαν τις ετήσιες καταναλώσεις των συσκευών ανά νοικοκυριό για την Ελλάδα μόνο για όσες συσκευές γνωρίζαμε τα ποσοστά κατοχής τους από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ.

Στο EURECO project, που διεξήχθη από το 2000 έως το 2002, συμμετείχαν 5 χώρες, η Δανία, η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Ελλάδα και η Γαλλία. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν στις 4 πρώτες ενώ η Γαλλία συμμετείχε στην ανάλυση των δεδομένων λόγω της τεχνογνωσίας της στο συγκεκριμένο τομέα. Στόχος και

αυτού του προγράμματος ήταν να μετρηθούν οι καταναλώσεις των ενοίκων στα νοικοκυριά με σκοπό να αναπτυχθούν στρατηγικές μείωσης του φορτίου. Από την Ελλάδα συμμετείχε το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με χρηματοδότηση από το υπουργείο Ανάπτυξης. Ο κεντρικός άξονας της έρευνας αυτής περιλάμβανε 3 στάδια. Πρώτον, μέτρηση των καταναλώσεων των νοικοκυριών με σκοπό τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των οικιακών συσκευών (κυρίως τις ημερήσιες και τις ετήσιες καταναλώσεις τους), δεύτερον υπολογισμός της κατανάλωσης αποδοτικότερων συσκευών στην θέση των υπάρχοντων μέσω αλγορίθμων και προσομοιώσεων και τρίτον εκτίμηση της πιθανής εξοικονόμησης ενέργειας. Σε κάθε χώρα παρακολούθηθηκαν 100 νοικοκυριά τα οποία επιλέχθηκαν όχι ως αντιπροσωπευτικό δείγμα της χώρας αλλά με βάση τον αριθμό των συσκευών τους ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο δείγμα. Σε κάθε νοικοκυριό οι μετρήσεις διήρκησαν ένα μήνα και το χρονικό βήμα ανάμεσα στις μετρήσεις ήταν 10 λεπτά. Λόγω του μεγάλου κόστους που θα είχε η έρευνα αν μετρούνταν όλες οι διαφορετικές συσκευές σε ένα νοικοκυριό, μετρήθηκαν λόγω προτεραιότητας τα ψυγεία, οι καταψύκτες, οι πηγές φωτός, τα πλυντήρια ρούχων και πιάτων, οι οπτικοακουστικές συσκευές ( τηλεοράσεις, βίντεο κ.λπ.) ως μία ενιαία κατηγορία και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Επιπλέον μετρήθηκε η κατανάλωση των συσκευών όταν βρίσκονται σε αναμονή. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στη ανάλυση μας ήταν κυρίως η ετήσια κατανάλωση κάθε τύπου συσκευής ανά άτομο και ανά νοικοκυριό καθώς και το standby φορτίο.

Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα των δύο αυτών ερευνών αν και ήταν πολύ αναλυτικά, βασίζονταν σε νοικοκυριά που δεν αποτελούσαν αντιπροσωπευτικό δείγμα των ελληνικών νοικοκυριών. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη προέκυψαν ύστερα από σύγκριση των πληροφοριών των ευρωπαϊκών ερευνών μεταξύ τους καθώς και με τα δεδομένα των τελευταίων δημοσκοπήσεων της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής. Η ΕΛΣΤΑΤ διενήργησε για πρώτη φορά μια έρευνα κατανάλωσης ενέργειας σε 3600 νοικοκυριά κατά το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου 2011 – Σεπτεμβρίου 2012 τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.4. Από τις τρεις αυτές μελέτες προέκυψαν τελικά τα στοιχεία για την ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο της κάθε οικιακής συσκευής που παρουσιάζονται παρακάτω. Επιπλέον όπως ήδη αναφέραμε, από τη συσχέτιση των κοινωνικοοικονομικών

χαρακτηριστικών των μελών των νοικοκυριών με την ενεργειακή τους κατανάλωση προέκυψαν δύο σημαντικά στοιχεία. Πρώτον, η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά άτομο σε μονομελή νοικοκυριά είναι κατά μέσο όρο 66 % υψηλότερη από αυτήν σε νοικοκυριά με περισσότερα μέλη και δεύτερο ότι η κατανάλωση ανά άτομο για τα νοικοκυριά με έναν ηλικιωμένο είναι 17% μικρότερη από τα μονομελή με έναν εργαζόμενο. Με βάση αυτό θεωρήσαμε στους υπολογισμούς μας ότι η κατανάλωση ανά άτομο όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4-4 για να χρησιμοποιηθεί για τα νοικοκυριά με έναν εργαζόμενο πρέπει να αυξηθεί κατά 66 % και για τα νοικοκυριά με έναν ηλικιωμένο κατά 30%.

Παρακάτω φαίνεται η ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο για κάθε τύπο συσκευής.

<b>ΣΥΣΚΕΥΗ</b>	<b>ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ (kWh)</b>
Ηλεκτρική εστία	0,83
Ηλεκτρικός φούρνος	0,49
Φούρνος μικροκυμάτων	0,06
Ψυγείο με ή χωρίς καταψύκτη	0,62
Κλιματιστικό	0,4
Τηλεόραση	0,27
Θερμοσίφωνα	0,38
Πλυντήριο πιάτων	0,12
Πλυντήριο ρούχων	0,14
Modem/router	0,07
Pc/Laptop	0,11
Σίδερο	0,09
Ηλεκτρική σκούπα	0,09
Standby φορτίο	0,31

Πίνακας 4-4 Ημερήσια κατανάλωση ανά συσκευή και ανά άτομο

Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης με ρεαλιστικά δεδομένα μετρήσεων ανατρέξαμε σε μία ακόμα έρευνα στα ελληνικά νοικοκυριά. Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού έργου PEPESec του προγράμματος «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη – Intelligent Energy Europe » ο Δήμος Αμαρουσίου αποφάσισε να συνεργαστεί με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας και να μελετήσει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ηλεκτρικής

ενέργειας στις κατοικίες των Δημοτών Αμαρουσίου. Το ΚΑΠΕ διερεύνησε τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας των δημοτών του Δήμου Αμαρουσίου μέσω δύο οδών, της χρήσης αυτόματων συστημάτων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων ηλεκτρικής κατανάλωσης (εκστρατεία μετρήσεων) και της καταγραφής της γενικότερης συμπεριφοράς - στάσης τους απέναντι σε ενεργειακά θέματα (κατάρτιση και διανομή σχετικών ερωτηματολογίων). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο 15 Σεπτεμβρίου 2009 μέχρι και 15 Δεκεμβρίου 2009 σε δείγμα 30 κατοικιών του Δήμου Αμαρουσίου.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε μετρητικός εξοπλισμός ο οποίος εγκαταστάθηκε στους εσωτερικούς πίνακες ηλεκτροδοσίας των κατοικιών, έτσι ώστε να μετράται η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κάθε νοικοκυριού. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν με χρονικό βήμα 10 λεπτών, ενώ η συνολική χρονική περίοδος κατά την οποία ο μετρητικός εξοπλισμός παρέμενε στην κάθε κατοικία ήταν 15 ημέρες. Οι μετρητικές συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τη δυνατότητα να καταγράφουν την κατανάλωση ενέργειας και ισχύος. Τα δεδομένα μεταφέρονται από το σημείο μέτρησης σε μία συσκευή συλλογής (collector), η οποία εμπεριέχει ένα modem το οποίο επιτρέπει να μεταφέρεται ασύρματα το περιεχόμενο της μνήμης της σε ένα σταθμό συλλογής δεδομένων (data logger). Στο τέλος κάθε μετρητικής περιόδου τα καταγεγραμμένα δεδομένα μεταφέρονταν σε έναν υπολογιστή με τη βοήθεια κατάλληλου υπολογιστικού προγράμματος. Με την ολοκλήρωση των μετρήσεων και τη συλλογή όλων των δεδομένων έγινε επεξεργασία και ανάλυση τους με σκοπό την παραγωγή γραφημάτων και δεικτών για την ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας της κάθε κατοικίας καθώς και του συνόλου του δείγματος.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι η ελάχιστη κατανάλωση παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας από τις 12:00 έως τις 6 το πρωί. Εν συνεχεία η κατανάλωση αυξάνεται συνεχώς μέχρι στις 8:00 το πρωί, όπου και παρουσιάζεται μία πρώτη αιχμή στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σχετίζεται με τις πρωινές δραστηριότητες των ανθρώπων πριν την αποχώρησή τους για τη δουλειά. Τις επόμενες ώρες η κατανάλωση παρουσιάζει μία μικρή μείωση και σχεδόν σταθεροποιείται καταλήγοντας γύρω στις 14:00 - 15:00 το μεσημέρι σε μία δεύτερη αιχμή (οφείλεται πιθανότατα στο μαγείρεμα) ώσπου να μειωθεί και πάλι μέχρι τις 16:00. Στη συνέχεια υπάρχει

μία σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια του απογεύματος και μέχρι τις 23:00, με τα μέγιστα να παρουσιάζονται περί της 21:00 – 22:00. Οι αιχμές που παρατηρούνται οφείλονται κυρίως σε φορτία όπως για μαγείρεμα, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμό και διασκέδαση. Η μέση τιμή των ατόμων ανά νοικοκυριό ήταν 2,7 άτομα και υπολογίστηκε ότι το μέσο νοικοκυριό καταναλώνει 11 kWh ημερησίως και 4.005 kWh ετησίως. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι το προφίλ ζήτησης ισχύος όπως υπολογίστηκε παραπάνω αναφέρεται σε συγκεκριμένη εποχή του χρόνου (φθινόπωρο) όπου δεν υπάρχει ανάγκη για κάλυψη ψυκτικών φορτίων.

#### **4.4 Ημερήσια χρήση των ηλεκτρικών συσκευών**

Έχοντας πλέον στοιχεία για την κατανάλωση κάθε συσκευής ανά άτομο το επόμενο βήμα της μελέτης ήταν η εύρεση ενός μοτίβου για το πως χρησιμοποιείται η κάθε ηλεκτρική συσκευή μέσα στη μέρα σε κάθε διαφορετικό τύπο νοικοκυριού. Κάποια από τα δεδομένα αντλήθηκαν από τις έρευνες της ΕΛΣΤΑΤ και αφορούσαν μόνο τις ώρες και τους μήνες χρήσης του κλιματιστικού. Λόγω των περιορισμένων στοιχείων για τα ελληνικά νοικοκυριά, καθώς και στοιχείων παραπλήσιων κλιματικών, κοινωνικών ή οικονομικών συνθηκών με την Ελλάδα χωρών, για την εύρεση της ημερήσιας καμπύλης χρήσης των συσκευών χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των δύο δημοσιεύσεων που αφορούσαν το Ηνωμένο Βασίλειο. Για τα δεδομένα αυτά έγινε μια προσπάθεια να τροποποιηθούν με ορισμένες υποθέσεις ώστε να προσομοιώνουν όσο το δυνατόν περισσότερο τις συνθήκες στα ελληνικά νοικοκυριά. Έτσι για τους 7 διαφορετικούς τύπους νοικοκυριών προέκυψαν 3 διαφορετικά σενάρια λειτουργίας καθένα από τα οποία αναλύονται παρακάτω.

##### 1ο Σενάριο

- Εφαρμόστηκε σε τρεις τύπους νοικοκυριών: τα νοικοκυριά που αποτελούνται από έναν εργαζόμενο, τα νοικοκυριά με ένα ζευγάρι χωρίς παιδιά και τα νοικοκυριά που αποτελούνται από έναν γονέα και ένα ή δύο παιδιά.
- Κοινό στοιχείο και των τριών αυτών τύπων είναι ότι όλα τα άτομα

λείπουν από το σπίτι από τις 9:00 έως τις 17:00. Στους δύο πρώτους τύπους νοικοκυριών οι ένοικοι λείπουν λόγω εργασίας ενώ στην τρίτη περίπτωση λόγω εργασίας του γονέα και απασχόλησης των παιδιών εκτός σπιτιού.

- Πιθανές ώρες ενεργής παρουσίας στο σπίτι : 06:00 – 09:00 και 17:00 – 24:00
- Θεωρούμε ισοπίθανα τα ενδεχόμενα λειτουργίας της κάθε συσκευής στις ώρες που έχουμε θεωρήσει ότι λειτουργεί η κάθε μία από αυτές.

	<b>ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ</b>
Ηλεκτρική εστία	06:00-09:00 και 17:00-21:00	2
Ηλεκτρικός φούρνος	17:00-21:00	1
Φούρνος μικροκυμάτων	06:00-09:00 και 17:00-21:00	2
Ψυγείο με ή χωρίς καταψύκτη	Όλη μέρα	24
Κλιματιστικό	16:00-20:00	4
Τηλεόραση	19:00-24:00	5
Θερμοσίφωνα	06:00-08:00 και 19:00-23:00	1
Πλυντήριο πιάτων	18:00-24:00	1
Πλυντήριο ρούχων	18:00-24:00	1
Modem/router	Όλη μέρα	24
Pc/Laptop	19:00-24:00	5
Σίδερο	18:00-24:00	1
Ηλεκτρική σκούπα	17:00-20:00	1
Standby φορτίο	Όλη μέρα	24
Φωτισμός χειμώνας	07:00-09:00 και 18:00-24:00	8
Φωτισμός καλοκαίρι	20:00-24:00	4

Πίνακας 4-5 Σενάριο χρήσης νοικοκυριών τύπου1

## 2ο Σενάριο

- Εφαρμόστηκε σε δύο τύπους νοικοκυριών: τα νοικοκυριά με έναν συνταξιούχο άνω των 65 και τα νοικοκυριά με δύο συνταξιούχους άνω των 65. Θεωρήσαμε ότι οι ανάγκες και οι ώρες χρήσεις των συσκευών στην κατηγορία αυτή δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό



των ατόμων

- Το σπίτι κατοικείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας
- Θεωρούμε ότι οι συσκευές, πλην αυτών για το μαγείρεμα, χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, κυρίως μετά τις 12:00 και ως τις 22:00, με περίπου ίδια πιθανότητα.
- Θεωρούμε ισοπίθανα τα ενδεχόμενα λειτουργίας της κάθε συσκευής στις ώρες που έχουμε θεωρήσει ότι λειτουργεί η κάθε μία από αυτές.

	<b>ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ</b>
Ηλεκτρική εστία	06:00-9:00,10:00- 14:00,17:00-21_00	3
Ηλεκτρικός φούρνος	10:00-14:00,17:00-21:00	2
Φούρνος μικροκυμάτων	06:00-9:00,10:00- 14:00,17:00-21_00	3
Ψυγείο με ή χωρίς καταψύκτη	Όλη μέρα	24
Κλιματιστικό	12:00-14:00 και 17:00-20:00	5
Τηλεόραση	09:00-11:00,14:00- 15:00,16:00-17:00,18:00- 19:00,20:00-22:00	7
Θερμοσίφωνα	06:00-08:00 και 19:00-23:00	1
Πλυντήριο πιάτων	18:00-21:00	1
Πλυντήριο ρούχων	12:00-21:00	1
Modem/router	Όλη μέρα	24
Pc/Laptop	14:00-16:00 και 17:00-22:00	2
Σίδερο	09:00-21:00	1
Ηλεκτρική σκούπα	09:00-21:00	1
Standby φορτίο	Όλη μέρα	24
Φωτισμός χειμώνας	06:00-09:00 και 16:00-24:00	11
Φωτισμός καλοκαίρι	20:00-24:00	4

Πίνακας 4-6 Σενάριο χρήσης νοικοκυριών τύπου 2

### 3ο Σενάριο

- Εφαρμόστηκε σε δυο τύπους νοικοκυριών: αυτά που αποτελούνται από ένα ζευγάρι με ένα ή δύο παιδιά και πολυπληθή νοικοκυριά
- Το σπίτι κατοικείται από τουλάχιστον ένα άτομο που εργάζεται με πλήρες ωράριο και ένα με πρωινή ημιαπασχόληση για να κρατάει τα παιδιά.

- Η περίοδος που το σπίτι δεν κατοικείται είναι μεταξύ 9:00 και 13:00 το μεσημέρι.
- Πιθανές ώρες ενεργής παρουσίας στο σπίτι : 06:00 – 09:00 και 13:00 – 24:00
- Θεωρούμε ισοπίθανα τα ενδεχόμενα λειτουργίας της κάθε συσκευής στις ώρες που έχουμε θεωρήσει ότι λειτουργεί η κάθε μία από αυτές.

	<b>ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ</b>
Ηλεκτρική εστία	06:00-09:00 και 17:00-21:00	2
Ηλεκτρικός φούρνος	17:00-21:00	1
Φούρνος μικροκυμάτων	06:00-09:00 και 17:00-21:01	2
Ψυγείο με ή χωρίς καταψύκτη	Όλη μέρα	24
Κλιματιστικό	16:00-20:00	4
Τηλεόραση	19:00-24:00	5
Θερμοσίφωνας	06:00-08:00 και 19:00-23:00	1
Πλυντήριο πιάτων	18:00-24:00	1
Πλυντήριο ρούχων	18:00-24:00	1
Modem/router	Όλη μέρα	24
Pc/Laptop	19:00-24:00	5
Σίδερο	18:00-24:00	1
Ηλεκτρική σκούπα	17:00-20:00	1
Standby φορτίο	Όλη μέρα	24
Φωτισμός χειμώνας	07:00-09:00 και 18:00-24:00	8
Φωτισμός καλοκαίρι	20:00-24:00	4

Πίνακας 4-7 Σενάριο χρήσης νοικοκυριών τύπου 3

Οι εποχικές διαφορές στις εκτιμώμενες ώρες λειτουργίας των περισσότερων συσκευών δεν λήφθηκαν υπόψη λόγω έλλειψης αντίστοιχων αναλυτικών δεδομένων στη σχετική βιβλιογραφία και λόγω μεγάλου κινδύνου σφάλματος σε περίπτωση τυχαίας υπόθεσης. Θα μπορούσε ωστόσο μια σχετική μελλοντική έρευνα στον τομέα αυτό να αυξήσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Στην παρούσα μελέτη διαφορετικά εποχικά προγράμματα λειτουργίας

εφαρμόστηκαν για το φωτισμό και τον κλιματισμό. Και στα τρία σενάρια, οι ώρες που είναι ανοιχτοί οι λαμπτήρες στο σπίτι το χειμώνα ήταν περισσότερες από το καλοκαίρι. Οι διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ των σεναρίων το χειμώνα οφείλονται στην παρουσία των ατόμων στο σπίτι και τις ώρες ηλιοφάνειας. Έτσι, στο πρώτο σενάριο τα φώτα στο σπίτι είναι ανοιχτά τις ώρες που τα άτομα είναι στο σπίτι ενώ στα άλλα δύο σενάρια από τις ώρες που δεν υπάρχει φυσικός φωτισμός στο σπίτι. Το καλοκαίρι θεωρούμε πως η ανάγκη για τεχνητό φωτισμό είναι περίπου από τις οχτώ το βράδυ και ύστερα, ώρες που όλοι οι τύποι νοικοκυριών είναι κατελιημμένοι.

#### **4.5 Υπολογισμός ημερήσιας κατανάλωσης**

Το επόμενο βήμα της μεθόδου ήταν να βρεθεί η ημερήσια κατανάλωση για κάθε έναν από τους εφτά τύπους νοικοκυριών της περιοχής. Στο σημείο αυτό εξαιρέθηκαν από τους υπολογισμούς ο κλιματισμός και ο φωτισμός. Σε προηγούμενο εδάφιο είχαμε καταναείμει τις συσκευές στα 1000 νοικοκυριά. Στη συνέχεια μετρήθηκε το πλήθος των συσκευών που αντιστοιχούν στον ίδιο τύπο οικιακής συσκευής και είναι σε λειτουργία την ίδια ώρα. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε ένας νέος πίνακας που παρουσιάζει το πλήθος των εν λειτουργία συσκευών για κάθε ώρα της ημέρας. Τα στοιχεία του πίνακα πολλαπλασιάστηκαν με την κατανάλωση ανά χρήση της κάθε συσκευής και έτσι δημιουργήθηκε ο αναλυτικός πίνακας κατανάλωσης κάθε κατηγορίας ανά ώρα και ανά τύπο ηλεκτρικής συσκευής. Αθροίζοντας τις καταναλώσεις των συσκευών για κάθε ώρα της ημέρας ξεχωριστά προκύπτει η γενική ημερήσια κατανάλωση των νοικοκυριών που ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Για την κάθε εποχή του χρόνου υπολογίζουμε την συνολική ημερήσια κατανάλωση. Για τον χειμώνα προσθέτουμε την κατανάλωση λόγω φωτισμού, για το καλοκαίρι την κατανάλωση του κλιματιστικού και των λαμπτήρων και για την άνοιξη και το φθινόπωρο υπολογίζουμε τον μέσο όρο των προηγούμενων εποχών.

#### **4.6 Αποτελέσματα**

##### **4.6.1 Αποτελέσματα ανά τύπο νοικοκυριού**

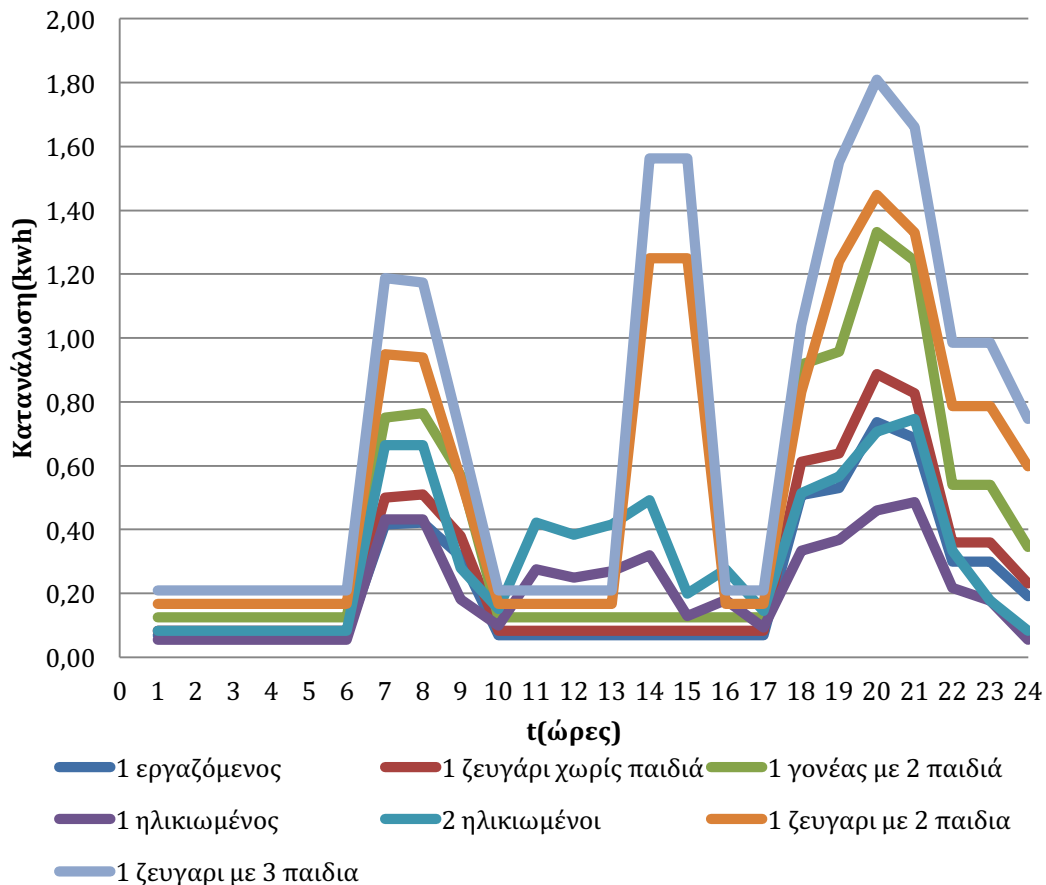
Στο σημείο αυτό παραθέτουμε έναν συγκεντρωτικό πίνακα όπου φαίνεται η

ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά ώρα και ανά τύπο νοικοκυριού. Όπως προκύπτει, η μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται στα πολυπληθή νοικοκυριά (εδώ έχουμε θεωρήσει ότι απαρτίζονται από 2 γονείς και 3 παιδιά) και ανέρχεται στις 17,46 kwh. Αντίστοιχα η μικρότερη κατανάλωση συναντάται στα νοικοκυριά που απαρτίζονται από έναν ηλικιωμένο και είναι περίπου 5 kwh. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν πολύ μικρή απόκλιση από τα στοιχεία που μας δίνει η ΕΛΣΤΑΤ αλλά και οι άλλες έρευνες στις οποίες έχουμε αναφερθεί. Ακόμη τα νοικοκυριά με έναν εργαζόμενο καταναλώνουν 5,37 kwh, με ένα ζευγάρι χωρίς παιδιά 6,47 kwh, με έναν γονέα με δύο παιδιά 9,71 kwh, με δύο ηλικιωμένους 7,72 kwh ενώ με ένα ζευγάρι με δύο παιδιά 13,97 kwh.

	ΩΡΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΘΕ ΤΥΠΟΥ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟΥ							
	1 εργαζόμενος	1 ζευγάρι χωρίς παιδιά	1 γονέας με 2 παιδιά	1 ηλικιωμένος	2 ηλικιωμένοι	1 ζευγάρι με 2 παιδιά	1 ζευγάρι με 3 παιδιά	
00:00-01:00	0,07	0,08	0,12	0,05	0,08	0,17	0,21	Kwh
01:00-02:00	0,07	0,08	0,12	0,05	0,08	0,17	0,21	Kwh
02:00-03:00	0,07	0,08	0,12	0,05	0,08	0,17	0,21	Kwh
03:00-04:00	0,07	0,08	0,12	0,05	0,08	0,17	0,21	Kwh
04:00-05:00	0,07	0,08	0,12	0,05	0,08	0,17	0,21	Kwh
05:00-06:00	0,07	0,08	0,12	0,05	0,08	0,17	0,21	Kwh
06:00-07:00	0,41	0,50	0,75	0,43	0,67	0,95	1,19	Kwh
07:00-08:00	0,42	0,51	0,76	0,43	0,67	0,94	1,17	Kwh
08:00-09:00	0,32	0,38	0,57	0,18	0,28	0,56	0,70	Kwh
09:00-10:00	0,07	0,08	0,12	0,10	0,15	0,17	0,21	Kwh
10:00-11:00	0,07	0,08	0,12	0,27	0,42	0,17	0,21	Kwh
11:00-12:00	0,07	0,08	0,12	0,25	0,38	0,17	0,21	Kwh
12:00-13:00	0,07	0,08	0,12	0,27	0,41	0,17	0,21	Kwh
13:00-14:00	0,07	0,08	0,12	0,32	0,49	1,25	1,56	Kwh
14:00-15:00	0,07	0,08	0,12	0,13	0,20	1,25	1,56	Kwh
15:00-16:00	0,07	0,08	0,12	0,18	0,28	0,17	0,21	Kwh
16:00-17:00	0,07	0,08	0,12	0,09	0,14	0,17	0,21	Kwh
17:00-18:00	0,51	0,61	0,92	0,33	0,51	0,83	1,04	Kwh
18:00-19:00	0,53	0,64	0,96	0,37	0,57	1,24	1,55	Kwh
19:00-20:00	0,74	0,89	1,33	0,46	0,71	1,45	1,81	Kwh
20:00-21:00	0,69	0,83	1,24	0,49	0,75	1,33	1,66	Kwh
21:00-22:00	0,30	0,36	0,54	0,22	0,33	0,79	0,98	Kwh
22:00-23:00	0,30	0,36	0,54	0,18	0,18	0,79	0,98	Kwh
23:00-24:00	0,19	0,23	0,35	0,05	0,08	0,60	0,75	Kwh
ΗΜΕΡΗΣΙΑ	5,37	6,47	9,71	5,08	7,72	13,97	17,46	Kwh

Πίνακας 4-8 Ωριαία κατανάλωση ανά τύπο νοικοκυριού

## Ωριαία κατανάλωση κάθε τύπου νοικοκυριού



Διάγραμμα 4-1 Καμπύλη ωριαίας κατανάλωσης ανά τύπο νοικοκυριού

Η κατανάλωση και στους τρεις τύπους νοικοκυριών παρουσιάζει τρεις αιχμές κατά τη διάρκεια της ημέρας, μια το πρωί, μία το μεσημέρι και μια το βράδυ. Η μικρότερη εμφανίζεται μετά το πρωινό ξύπνημα από τις 06:00 ως τις 08:00, η μεγαλύτερη από αυτές εμφανίζεται περίπου από τις 18:00 ως τις 21:00 όταν όλα τα νοικοκυριά είναι κατειλημμένα από τους ενοίκους τους οπότε και οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι αυξημένες. Για τα νοικοκυριά με συνταξιούχους που είναι κατειλημμένα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας παρατηρούμε ότι η ημερήσια καμπύλη φορτίου είναι αρκετά πιο ομαλή διότι οι καταναλώσεις των συσκευών μοιράζονται μέσα στη μέρα ενώ παρατηρείται και μία επιπλέον αιχμή γύρω στις 12:00, όταν δηλαδή θα τεθούν σε λειτουργία οι συσκευές για το μαγείρεμα του μεσημεριανού φαγητού. Για τον ίδιο λόγο εμφανίζεται μια

αντίστοιχη, αλλά πολύ μεγαλύτερη, αιχμή στα νοικοκυριά με ένα ζευγάρι και τα παιδιά του και στα πολυπληθή νοικοκυριά από τις 13:00 ως τις 15:00 όταν ένας από τους εργαζόμενους ενοίκους επιστρέφει σπίτι.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε έναν πίνακα όπου παρατίθενται η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας που υπολογίστηκε παραπάνω, η μέση και η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας .

<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΟΥ</b>	<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ</b>	<b>ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)</b>	<b>ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)</b>
1 ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ	92	5,37	1960,30	180347,65
1 ΗΛΙΚΙΩΜΕΝΟΣ	165	5,08	1855,28	306120,58
1 ΖΕΥΓΑΡΙ ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΔΙΑ	120	6,47	2361,81	283416,95
1 ΖΕΥΓΑΡΙ ΗΛΙΚΙΩΜΕΝΩΝ	116	7,72	2819,35	327044,93
1 ΓΟΝΙΟΣ ΜΕ 2 ΠΑΙΔΙΑ	112	9,71	3542,71	396783,73
1 ΖΕΥΓΑΡΙ ΜΕ 2 ΠΑΙΔΙΑ	330	13,97	5098,32	1682445,60
1 ΖΕΥΓΑΡΙ ΜΕ 3 ΠΑΙΔΙΑ	65	17,46	6372,90	414238,50

Πίνακας 4-8 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας

Σε ετήσια βάση τα νοικοκυριά με τη μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας ταυτίζονται με την πιο πολυπληθή κατηγορία και είναι αυτά με ένα ζευγάρι και δύο παιδιά όπου η καταναλισκόμενη ενέργεια ανέρχεται σε ποσοστό 46,9% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας της περιοχής. Ακολουθούν οι οικογένειες με 3 παιδιά με κατανάλωση ίση με το 11,5% της συνολικής καταναλισκόμενης και τα νοικοκυριά που αποτελούνται από έναν γονιό με δύο παιδιά με αντίστοιχο ποσοστό 11%. Το μικρότερο ποσοστό συναντάμε στα νοικοκυριά με έναν εργαζόμενο και είναι 5% της συνολικής καταναλισκόμενης. Η μέση ημερήσια κατανάλωση όλων των νοικοκυριών για την περιοχή που μελετάμε είναι 9,4 kwh και η μέση ετήσια κατανάλωση είναι 3.430 kwh.

#### 4.6.2 Συνολικά αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συνολική ωραία κατανάλωση της περιοχής ανά ώρα και ανά τύπο νοικοκυριού.

	1 εργαζόμενος	1 ζευγάρι χωρίς παιδιά	1 γονέας με 2 παιδιά	1 ηλικιωμένος
00:00-01:00	6,36	9,99	13,99	8,94
01:00-02:00	6,36	9,99	13,99	8,94
02:00-03:00	6,36	9,99	13,99	8,94
03:00-04:00	6,36	9,99	13,99	8,94
04:00-05:00	6,36	9,99	13,99	8,94
05:00-06:00	6,36	9,99	13,99	8,94
06:00-07:00	38,17	59,98	83,98	71,33
07:00-08:00	38,88	61,1	85,53	71,33
08:00-09:00	29,01	45,59	63,83	29,94
09:00-10:00	6,36	9,99	13,99	16,29
10:00-11:00	6,36	9,99	13,99	45,34
11:00-12:00	6,36	9,99	13,99	41,2
12:00-13:00	6,36	9,99	13,99	44,51
13:00-14:00	6,36	9,99	13,99	52,78
14:00-15:00	6,36	9,99	13,99	21,36
15:00-16:00	6,36	9,99	13,99	29,63
16:00-17:00	6,36	9,99	13,99	15,46
17:00-18:00	46,73	73,44	102,81	55,14
18:00-19:00	48,7	76,53	107,14	60,8
19:00-20:00	67,78	106,52	149,12	75,74
20:00-21:00	63,2	99,32	139,04	80,17
21:00-22:00	27,5	43,22	60,5	35,81
22:00-23:00	27,5	43,22	60,5	29,32
23:00-24:00	17,63	27,71	38,8	8,94
ΗΜΕΡΗΣΙΑ	494,1	776,48	1087,08	838,69
ΠΟΣΟΣΤΟ	0,05	0,08	0,11	0,09

Διάγραμμα 4-2 (α) Συνολική ωραία κατανάλωση περιοχής ανά τύπο νοικοκυριού



	2 ηλικιωμένοι	1 ζευγάρι με 2 παιδιά	1 ζευγάρι με 3 παιδιά	ΣΥΝΟΛΟ (kwh)
00:00-01:00	9,67	55	13,54	117,48
01:00-02:00	9,67	55	13,54	117,48
02:00-03:00	9,67	55	13,54	117,48
03:00-04:00	9,67	55	13,54	117,48
04:00-05:00	9,67	55	13,54	117,48
05:00-06:00	9,67	55	13,54	117,48
06:00-07:00	77,15	313,54	77,2	721,35
07:00-08:00	77,15	309,63	76,23	719,84
08:00-09:00	32,38	184,23	45,36	430,33
09:00-10:00	17,62	55	13,54	132,79
10:00-11:00	49,04	55	13,54	193,25
11:00-12:00	44,56	55	13,54	184,64
12:00-13:00	48,14	55	13,54	191,52
13:00-14:00	57,08	412,5	101,56	654,26
14:00-15:00	23,1	412,5	101,56	588,86
15:00-16:00	32,05	55	13,54	160,56
16:00-17:00	16,72	55	13,54	131,06
17:00-18:00	59,64	274,14	67,5	679,39
18:00-19:00	65,76	409,35	100,79	869,08
19:00-20:00	81,92	477,86	117,66	1076,58
20:00-21:00	86,71	438,66	108	1015,09
21:00-22:00	38,73	259,91	63,99	529,66
22:00-23:00	20,61	259,91	63,99	505,04
23:00-24:00	9,67	197,21	48,56	348,51
ΗΜΕΡΗΣΙΑ	896,01	4609,44	1134,9	9836,71
ΠΟΣΟΣΤΟ	0,09	0,47	0,12	1

Διάγραμμα 4-2 (β) Συνολική ωριαία κατανάλωση περιοχής ανά τύπο νοικοκυριού



Διάγραμμα 4-3 Ραβδόγραμμα συνολικής ωριαίας κατανάλωσης περιοχής

Η συνολική ημερήσια κατανάλωση της περιοχής υπολογίστηκε περίπου 9.836 kWh και η συνολική ετήσια κατανάλωση 3.590.140 kWh. Μέσα στη μέρα η κατανάλωση φτάνει τις 700 kWh από τις 06:00 ως τις 08:00, τις 600 kWh από τη 13:00 μέχρι τις 15:00, ενώ μεταξύ 19:00 – 20:00 φτάνει πάνω από τις 1000 kWh που είναι και η μέγιστη αιχμή του ημερήσιου φορτίου.

## 5 Θερμική άνεση χρήστη

Η κατανάλωση ενέργειας αναφέρεται στην ενέργεια που απαιτείται για να δημιουργηθούν σε ένα περιβάλλον οι συνθήκες ώστε να αισθάνονται οι κάτοικοι ευχάριστα, δηλαδή να νιώθουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Οι λειτουργίες και οι δραστηριότητες των ανθρώπων στα κτίρια οφείλονται στις φυσιολογικές τους ανάγκες, στις κλιματικές συνθήκες, στις κοινωνικές και πολιτισμικές συνήθειες, αλλά και στο συνδυασμό όλων των παραγόντων που συγκροτούν την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Ο συνδυασμός της συμπεριφοράς, των συνηθειών και των δραστηριοτήτων των ανθρώπων μπορεί να συμβάλλει στην εκτίμηση της παραγωγής θερμότητας. Είναι απαραίτητο να γίνει ένας διαχωρισμός μεταξύ των λειτουργιών των κατοίκων που στοχεύουν στον έλεγχο του εσωτερικού χώρου και των λειτουργιών των κατοίκων των σχετικών με την αύξηση των εσωτερικών θερμικών κερδών στο χώρο του κτιρίου, τα οποία εξαρτώνται από την παρουσία των κατοίκων στο κτίριο και τη χρήση των οικιακών συσκευών.

### 5.1 Ορισμός

Ένα άτομο έχει το αίσθημα της θερμικής άνεσης, όταν αισθάνεται άνετα σε ένα χώρο και δεν προτιμά ούτε πιο θερμό ούτε πιο ψυχρό περιβάλλον. Σύμφωνα με την ASHRAE (Αμερικάνικη ένωση μηχανικών ψύξης, θέρμανσης και κλιματισμού), η θερμική άνεση συνίσταται σε εκείνη την πνευματική κατάσταση, όπου η έννοια της ικανοποίησης εκφράζεται με το θερμικό περιβάλλον (Moore, 1993).

Σε τι συνίσταται ένα άνετο θερμικό περιβάλλον εξαρτάται από τον τρόπο σχεδίασης και λειτουργικότητας των κτιρίων, την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση και το δροσισμό τους και την επίδρασή τους στην ποιότητα τόσο του φυσικού όσο και του δομημένου περιβάλλοντος. Τα υπάρχοντα δεδομένα που περιγράφουν τις ιδανικές συνθήκες για το θερμικά άνετο περιβάλλον στηρίζονται σε μοντέλα θερμικής ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος και προέρχονται από εκτεταμένα πειράματα. Τα πρότυπα του περιβάλλοντος που παρέχει το αίσθημα της θερμικής άνεσης μεταβάλλονται με το χρόνο και τις

συνήθειες των ανθρώπων.

### **5.1.1 Ανθρώπινο θερμορυθμιστικό σύστημα**

Το ανθρώπινο σώμα είναι μια θερμική μηχανή που καταναλίσκει σαν καύσιμα την τροφή και το οξυγόνο και μετατρέπει την ενέργεια που παράγει σε έργο και θερμότητα. Όταν ένα άτομο αναπαύεται το μόνο έργο που εκτελεί ο οργανισμός του είναι η διατήρηση της κυκλοφορίας του αίματος, η αναπνοή και όλες οι άλλες εσωτερικές λειτουργίες του σώματος που απαιτούν ενέργεια. Όλη η ενέργεια, που καταναλώνεται για να υπερνικηθούν οι εσωτερικές τριβές του κυκλοφορικού συστήματος, των μυών και των ιστών για τη διατήρηση της αναπνοής, μετατρέπεται τελικά σε θερμότητα που πρέπει να αποβληθεί στο περιβάλλον. Η φυσιολογική διαδικασία που παίρνει μέρος στην έκλυση αυτής της θερμότητας είναι ο μεταβολισμός.

Εάν οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι τέτοιες που να εμποδίζουν το σώμα να αποβάλλει θερμότητα, τότε αυτή θα αποθηκευτεί στους ιστούς του σώματος και θα προκαλέσει την άνοδο της θερμοκρασίας του. Είναι λοιπόν, πολύ σημαντικό να διαθέτει το σώμα αποτελεσματικά μέσα για να μπορεί να αποβάλλει το ποσό της θερμότητας που πρέπει, ώστε να παραμένει σταθερή η εσωτερική θερμοκρασία του, ακόμα και όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι ευνοϊκές. Η ανάγκη για σταθερή εσωτερική θερμοκρασία στο σώμα εξασφαλίζεται από το θερμορυθμιστικό σύστημα.

### **5.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το αίσθημα θερμικής άνεσης**

Οι πρωταρχικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα.
- Η υγρασία.
- Η θερμοκρασία ακτινοβολίας των επιφανειών.
- Η ταχύτητα του αέρα.
- Η δραστηριότητα του ατόμου.
- Η ένδυση του ατόμου.

Κάθε ένας από τους παράγοντες αυτούς έχει ξεχωριστή συνεισφορά στον τρόπο

που το σώμα ανταλλάσσει θερμότητα. Με διάφορα τεχνικά συστήματα, μπορούμε να επιτύχουμε συνδυασμούς των παραπάνω μεταβλητών και να δημιουργήσουμε ένα περιβάλλον θερμικής άνεσης.

**Περιβαλλοντικές συνθήκες:** Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει μόνο τη μετάδοση θερμότητας από ή προς το σώμα και είναι πιο σημαντική όταν η θερμοκρασιακή διαφορά του περιβάλλοντος με το σώμα είναι αξιόλογη. Η υγρασία επηρεάζει μόνο τις σωματικές θερμικές απώλειες με εξάτμιση και είναι πιο σημαντική σε υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα και των επιφανειών, όπου η επίδραση της ακτινοβολίας και της μεταφοράς είναι μειωμένη.

**Θερμοκρασία επιφανειών:** Η θερμοκρασία ακτινοβολίας των γύρω επιφανειών επηρεάζει την ικανότητα του σώματος να ανταλλάξει θερμότητα με ακτινοβολία. Επειδή η απώλεια θερμότητας με ακτινοβολία αυξάνει όσο αυξάνει και η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του δέρματος και των γύρω επιφανειών, είναι πιο σημαντική σε χαμηλές θερμοκρασίες. Στα περισσότερα κτίρια οι θερμοκρασίες ακτινοβολίας των επιφανειών είναι περίπου ίσες με τη θερμοκρασία του αέρα.

**Ταχύτητα του αέρα:** Η απώλεια θερμότητας με μεταφορά αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα, γιατί αυξάνεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ αέρα περιβάλλοντος και δέρματος. Η απώλεια θερμότητας με μεταφορά είναι σημαντικότερη όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά αέρα-δέρματος.

**Δραστηριότητα ατόμων:** Ο ρυθμός μεταβολισμού ενός ατόμου, δηλαδή η ποσότητα θερμότητας που παράγεται μέσα στο σώμα ανά μονάδα χρόνου, εξαρτάται από τη δραστηριότητά του, που εκτείνεται από την ηρεμία έως τη βαριά εργασία.

**Τα ενδύματα:** Όσο και αν είναι τέλειο και αποτελεσματικό το θερμορυθμιστικό σύστημα του ανθρώπινου σώματος, εντούτοις δεν επιτρέπει στον άνθρωπο να παραμένει γυμνός κάτω από τις διάφορες κλιματολογικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τα ενδύματα, που αποτελούν ουσιαστικό μέρος του

θερμορυθμιστικού συστήματος του σώματος, γιατί με το κατάλληλο ντύσιμο ρυθμίζεται και ελέγχεται η θερμική ισορροπία του σώματος σε μεγάλο βαθμό.

### 5.1.3 Θερμική άνεση και Energy Plus

Η ενσωμάτωση ενός εργαλείου κτιριακής θερμικής μελέτης με ένα μοντέλο θερμικής άνεσης επιτρέπει στον χειριστή του προγράμματος να εκτελεί μια ενεργειακή μελέτη και ταυτόχρονα να κρίνει αν οι συνθήκες θα είναι κατάλληλες ώστε οι κάτοικοι να βρίσκονται σε θερμική άνεση. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το υπόβαθρο και το μαθηματικό μοντέλο που έχει ενσωματωθεί στο Energy Plus.

Στο περιβάλλον του Energy Plus, η θερμική άνεση εξαρτάται κυρίως από την επιλογή people. Η επιλογή αυτή περιέχει στοιχεία ώστε να επιλέξουμε το μοντέλο θερμικής άνεσης που θέλουμε να εφαρμοστεί καθώς επίσης και παραμέτρους που τροφοδοτούν το μοντέλο θερμικής άνεσης και θα αναλυθούν παρακάτω. Κάποια από αυτά είναι το επίπεδο δραστηριότητας, η απόδοση της εργασίας, η ταχύτητα του αέρα και η μόνωση του ρουχισμού τα οποία θα αναλυθούν εκτενώς παρακάτω.

### 5.1.4 Περιγραφή μοντέλων θερμικής άνεσης

Αποτελεί αντικείμενο ερευνών πολλών χρόνων η θερμική, φυσιολογική και ψυχολογική ανταπόκριση των ανθρώπων στο περιβάλλον τους ώστε να μπορέσουμε να αναπτύξουμε μαθηματικά μοντέλα που προβλέπουν αυτήν την ανταπόκριση. Υπάρχουν δύο προσωπικές μεταβλητές που επηρεάζουν το επίπεδο της θερμικής άνεσης: η θερμική αντίσταση του ρουχισμού ( $I_{cl}$ ), και ο μεταβολικός ρυθμός ( $H/A_{du}$ ). Η θερμική αντίσταση του ρουχισμού μετριέται σε μονάδες 'clo'. και ο μεταβολικός ρυθμός είναι η μέτρηση της εσωτερικής παραγωγής θερμότητας ενός κατοίκου (H) w/hr ανά μονάδα επιφάνειας σώματος σε  $m^2$ . Η επιφάνεια σώματος Dubois δίνεται από τη σχέση:

$$A_{du} = 0,202 \times weight^{0,425} \times height^{0,725}$$

Ο μεταβολικός ρυθμός μετριέται σε mets όπου  $1 \text{ met} = 58.2 \text{ W/m}^2$ .

Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές που επηρεάζουν την θερμική άνεση περιέχουν

τα παρακάτω:

- Θερμοκρασία αέρα ( $T_a$ ).
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ( $T_r$ ).
- Σχετική ταχύτητα αέρα ( $v$ ).
- Πίεση υδρατμών στον περιβάλλοντα αέρα ( $P_a$ ).

Η θερμοκρασία αέρα ( $T_a$ ), είναι η ξηρή θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ( $T_r$ ) είναι ένας ορθολογικά αντλούμενος δείκτης που καθορίζεται ως η θερμοκρασία μέλανος σώματος που θα έδινε την ίδια ανταλλαγή ακτινοβολίας με το πραγματικό περιβάλλον. Η σχετική ταχύτητα αέρα ( $v$ ) είναι μια μέτρηση την κίνησης του αέρα υπολογισμένου μέσω ενός θερμού σύρματος ή ενός ανεμοδείκτη μέτρησης.

Οι φυσικές μεταβλητές που επηρεάζουν τα επίπεδα του δείκτη θερμικής άνεσης είναι:

1. Θερμοκρασία επιφάνειας δέρματος ( $T_{sk}$ ).
2. Εσωτερική θερμοκρασία ( $T_{cr}$ ).
3. Ποσοστό ιδρώτα.
4. Υγρότητα δέρματος ( $w$ ).
5. Θερμική αγωγιμότητα μεταξύ του δέρματος και του πυρήνα ( $K$ ).

Η θερμοκρασία του δέρματος, η θερμοκρασία πυρήνα ή εσωτερική και το ποσοστό ιδρώτα είναι φυσικοί δείκτες. Η υγρότητα του δέρματος είναι ένας ορθολογικά αντλούμενος φυσικός δείκτης που καθορίζεται ως η αναλογία του πραγματικού ποσοστού ιδρώτα προς το μέγιστο ποσοστό ιδρώτα που θα μπορούσε να προκύψει αν το δέρμα ήταν εντελώς υγρό.

Υπάρχει ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας σε σχέση με τη θερμική άνεση και είναι το φαινόμενο της ασύμμετρης ψύξης ή θέρμανσης. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν υπάρχει μια προσπίπτουσα ροή ακτινοβολίας σε ένα άτομο. Ο Fanger (1967) παρατήρησε ότι το ανθρώπινο ρυθμιστικό σύστημα είναι σχετικά ανεκτικό στην ασύμμετρη ροή ακτινοβολίας. Ένα λογικό άνω όριο στη διαφορά της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας από τη μία κατεύθυνση προς την αντίθετη είναι  $15^{\circ}\text{C}$ . Το όριο είναι χαμηλότερο εάν υπάρχει υψηλή σχετική ταχύτητα αέρα στη ζώνη μελέτης.

### 5.1.5 Κλίμακα μοντέλων πρόβλεψης της θερμικής άνεσης

Πολλοί ερευνητές εξερευνούν τρόπους ώστε να προβλέψουν την θερμική αίσθηση των ανθρώπων στο περιβάλλον τους βασισμένοι σε προσωπικές , περιβαλλοντικές και φυσικές μεταβλητές που επηρεάζουν τη θερμική άνεση. Μέχρι τώρα έχουν αναπτυχθεί κάποια μαθηματικά μοντέλα που προσομοιώνουν τη θερμική ανταπόκριση του χρήστη. Τα περισσότερα μοντέλα πρόβλεψης της θερμικής άνεσης χρησιμοποιούν μία κλίμακα εφτά ή εννέα σημείων θερμικής αίσθησης όπως φαίνεται παρακάτω.

<b>SENSATION</b>	<b>DESCRIPTION</b>
3	HOT
2	WARM
1	SLIGHTLY WARM
0	NEUTRAL
-1	SLIGHTLY COOL
-2	COOL
-3	COLD

Πίνακας 5-1 Κλίμακα θερμικής αίσθησης 7 σημείων

<b>SENSATION</b>	<b>DESCRIPTION</b>
4	VERY HOT
3	HOT
2	WARM
1	SLIGHTLY WARM
0	NEUTRAL
-1	SLIGHTLY COOL
-2	COOL
-3	COLD
-4	VERY COLD

Πίνακας 5-2 Κλίμακα θερμικής αίσθησης 9 σημείων



Τα πιο αξιοσημείωτα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί από τους P.O. Fanger (The Fanger Comfort Model), J.B.Pierce foundation (the Pierce Two-Node Model), και από ερευνητές στο πανεπιστήμιο του Κάνσας (KSU Two-Node Model). Ο Berglund (1978) παρουσίασε μία λεπτομερή περιγραφή της θεωρίας πίσω από τα τρία αυτά μοντέλα.

Στο σημείο αυτό, για την εξαγωγή αποτελεσμάτων θερμικής άνεσης με χρήση του Energy Plus, πρέπει να σημειώσουμε ότι παρότι οι δημοσιευμένες τιμές θερμικής άνεσης έχουν διακριτή κλίμακα, οι υπολογισμοί του προγράμματος μπορεί να προκύψουν εκτός των διακριτών τιμών της κλίμακας. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί σφάλμα του προγράμματος αλλά μία διαφορετική προσέγγιση που δεν τηρεί τα όρια των διακριτών τιμών της κλίμακας.

Η κύρια ομοιότητα των μοντέλων είναι ότι και τα τρία εφαρμόζουν ενεργειακή ισορροπία σε ένα άτομο και χρησιμοποιούν μηχανισμούς ανταλλαγής ενέργειας σε συνεργασία με πειραματικά αντλούμενες φυσικές παραμέτρους ώστε να προβλέψουν τη θερμική αίσθηση και την φυσική ανταπόκριση του ατόμου εξαιτίας του περιβάλλοντος. Τα μοντέλα διαφέρουν κάπως στην φυσιολογία που αντιπροσωπεύει το ανθρώπινο παθητικό σύστημα (ανταλλαγή θερμότητας από και προς το σώμα) και το ανθρώπινο σύστημα ελέγχου (το νευρικό σύστημα της εφίδρωσης και της ροής του αίματος). Τα μοντέλα επίσης διαφέρουν ως προς τα κριτήρια που χρησιμοποιούν ώστε να προβλέψουν τη θερμική αίσθηση. Ωστόσο και τα τρία χρησιμοποιούν πληροφορίες από την καρτέλα 'People' και από παραμέτρους που ο χρήστης του προγράμματος έχει καθορίσει (για παράδειγμα προγράμματα για τα επίπεδα δραστηριότητας, ροή του αέρα, κατάσταση ρουχισμού και άλλα).

## **5.2 Μοντέλο θερμικής άνεσης του Fanger**

Ο Fanger χρησιμοποίησε την κλίμακα θερμικής αίσθησης εφτά σημείων μέσω πειραμάτων ανθρώπινου υποκειμένου σε διάφορα είδη περιβάλλοντος, συνδέοντας τα υποκείμενα με τις μεταβλητές που επηρεάζουν το δείκτη θερμικής άνεσης. Το μοντέλο του Fanger βασίζεται σε μια ενεργειακή ανάλυση που λαμβάνει υπόψιν της όλες τις μορφές των ενεργειακών απωλειών από το σώμα συμπεριλαμβανομένου τη μεταγωγή, την ακτινοβολία απώλεια

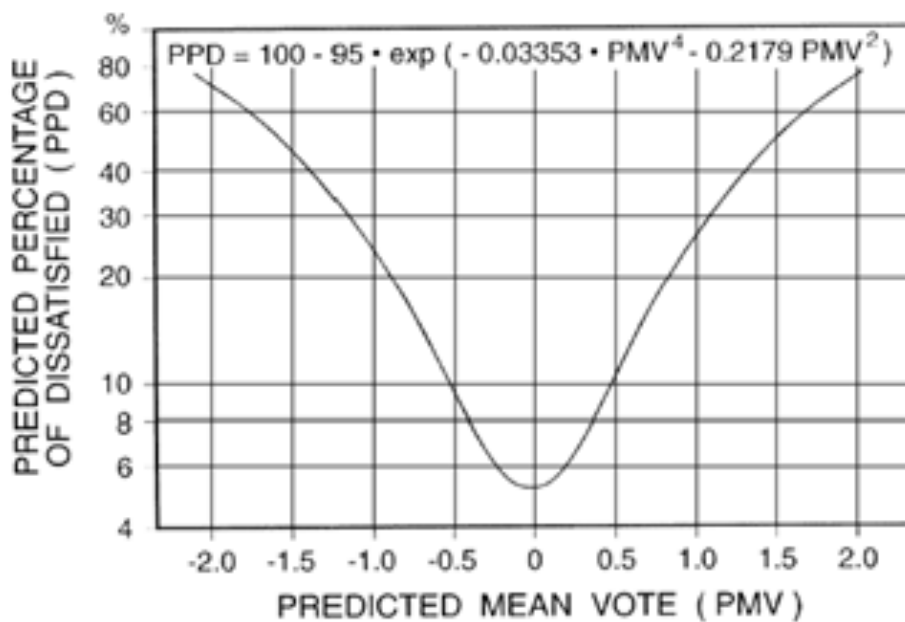
θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια του ρουχισμού, την απώλεια θερμότητας από την διάχυση των υδρατμών μέσω του δέρματος, την απώλεια θερμότητας από την εξάτμιση του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος, την λανθάνουσα και ξηρή απώλεια θερμότητας αναπνοής και την ανταλλαγή θερμότητας του δέρματος με την εξωτερική επιφάνεια του ρουχισμού. Το μοντέλο υποθέτει ότι το άτομο είναι θερμικά σε σταθερή κατάσταση με το περιβάλλον του. Οι υπολογισμοί οδηγούν στις παρακάτω δύο κύριες εξισώσεις:

$$PMV = (0,303 \times e^{-0,036M} + 0.028) \times (H - L)$$

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2)$$

Το μοντέλο θερμικής άνεσης του Fanger αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας τις ψήφους θερμικής αίσθησης από υποκείμενα στο Πανεπιστήμιο του Κάνσας και της Γερμανίας, και η κλίμακα της 'Προβλεπόμενης μέσης ψήφου' (Predicted Mean Vote :PMV) βασίζεται στο πώς η απώλεια θερμότητας σχετίζεται με το μεταβολικό ρυθμό.

Ο δείκτης PPD μας παρέχει μια ποσοστιαία πρόβλεψη του αριθμού των ανθρώπων που θα ήταν δυσαρεστημένοι σε ένα συγκεκριμένο θερμικό περιβάλλον. Η συσχέτιση των pmv - ppd φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5-1 Συσχέτιση PMV και PPD

### 5.3 Όρια θερμικής αποδοχής κατά ISO

Το θερμικό περιβάλλον που ικανοποιεί το 100% των κατοίκων είναι αδύνατον να επιτευχθεί εξαιτίας ατομικών θερμικών κριτηρίων, ωστόσο ο διεθνής οργανισμός προτύπων (ISO) έχει συντάξει ένα κριτήριο κατά ISO 7730 ώστε να ικανοποιείται ο μέγιστος αριθμός των παραμέτρων. Οι κατηγορίες παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί και περιγράφουν την εμβέλεια του δείκτη θερμικής άνεσης. Η κατηγορία A εκπροσωπεί τη μεγαλύτερη ικανοποίηση στο περιβάλλον, η κατηγορία B αποτελεί μέτρια απαίτηση σε επίπεδο ικανοποίησης και η κατηγορία C την ελάχιστη απαίτηση.

CLASS	A	B	C
PMV	$-0.2 < PMV < +0.2$	$-0.5 < PMV < +0.5$	$-0.7 < PMV < +0.7$
PPD (%)	<6	<10	<15

Πίνακας 5-3 Όρια θερμικής αποδοχής

### 5.4 Προγραμματισμός παραμέτρων προγράμματος

Κατά τη διαδικασία υπολογισμού του δείκτη θερμικής άνεσης είναι απαραίτητος να δοθούν στο πρόγραμμα κάποιες επιπλέον πληροφορίες που αφορούν στους κατοίκους, στο επίπεδο δραστηριότητας αυτών κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς και στην κατάσταση του ρουχισμού τους.

#### 1. Πρόγραμμα επιπέδου δραστηριότητας

Ο καθορισμός αυτού του προγράμματος δραστηριότητας αποσκοπεί αρχικά στον υπολογισμό του ποσού του κέρδους θερμότητας ανά άτομο. Οι τιμές σε Watts/άτομο του επιπέδου δραστηριότητας των ατόμων κυμαίνονται από 100-150 watts/άτομο για τις περισσότερες δραστηριότητες γραφείου έως 900 watts/άτομο για εντατικές σωματικές δραστηριότητες. Ο πίνακας που ακολουθεί και προέρχεται από το εγχειρίδιο της Αμερικάνικης ένωσης μηχανικών (ASHRAE Handbook of Fundamentals) παρουσιάζει τη διακύμανση των τιμών αυτών σε σχέση με τη δραστηριότητα που εκτελείται.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ( W/άτομο)	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ (W/m <sup>2</sup> )	ΜΟΝΑΔΕΣ met
<i>ΑΚΙΝΗΣΙΑ</i>			
ΥΠΝΟΣ	72	40	0,7
ΑΝΑΠΑΥΣΗ	81	45	0,8
ΚΑΘΙΣΜΑ	108	60	1
ΧΑΛΑΡΗ ΣΤΑΣΗ	126	70	1,2
<i>ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ</i>			
ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ 0,9 km/h	207	115	2
ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ 1,2 km/h	270	150	2,6
ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ 1,8 km/h	396	220	3,8
<i>ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ</i>			
ΔΙΑΒΑΣΜΑ	99	55	1
ΓΡΑΨΙΜΟ	108	60	1
ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΗΣΗ	117	65	1,1
ΠΕΡΙΦΟΡΑ	180	100	1,7
ΠΑΚΕΤΑΡΙΣΜΑ	216	1,7	2,1
<i>ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</i>			
ΜΑΓΕΙΡΕΜΑ	171 - 207	95 - 115	1,6 - 2,0
ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑ	207- 360	115 - 200	2,0 - 3,4
ΑΡΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ	234	130	2,2
ΠΡΙΟΝΙΣΜΑ	423 - 504	115-140	2,0 - 2,4
ΧΟΡΟΣ	252 - 459	140 - 255	2,4 - 4,4
ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗ	378 - 486	210 - 270	3,6- 4,0
ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗ	522- 792	290 -440	5,0 - 7,6
ΤΡΕΞΙΜΟ	738 - 909	410-505	7,0 - 8,7

Πίνακας 5-1 Επίπεδο δραστηριότητας ατόμων (πηγή: ASHRAE Handbook of Fundamentals)

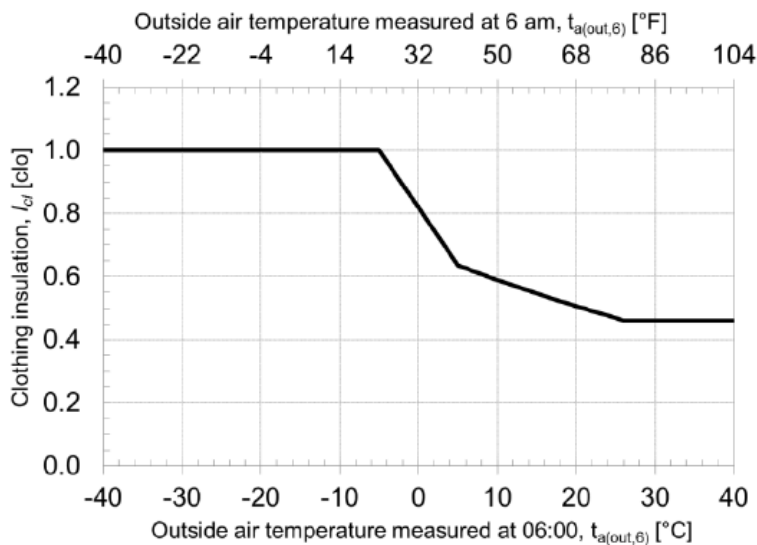
Σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα και συνεκτιμώντας το προφίλ των κατοίκων του διαμερίσματος διαμορφώσαμε το εξής χρονοδιάγραμμα:

- 06:00-10:00 :καθιστική δραστηριότητα ,ξεκούραση.
- 10:00-14:00 : περπάτημα, εκτέλεση εργασιών, μαγείρεμα, οικιακές εργασίες.
- 14:00-21:00 : ήπια δραστηριότητα, ξεκούραση.

- 21:00-24:00 : καθιστική δραστηριότητα.
- 24:00-06:00 : κατάσταση ύπνου.

## 2. Χρονοδιάγραμμα κατάστασης ρουχισμού.

Το πεδίο αυτό αποτελεί μια πρόβλεψη σχετικά με την ποσότητα των ρούχων που φοράει ένας τυπικός κάτοικος κατά σημαίνοντα χρονικά διαστήματα κατά την περίοδο προσομοίωσης. Αυτή η παράμετρος μπορεί να είναι θετικός πραγματικός αριθμός και έχει μονάδες clo . Κάποιες τυπικές τιμές φαίνονται στον πίνακα που προέρχεται από το εγχειρίδιο της Αμερικάνικης ένωσης μηχανικών .



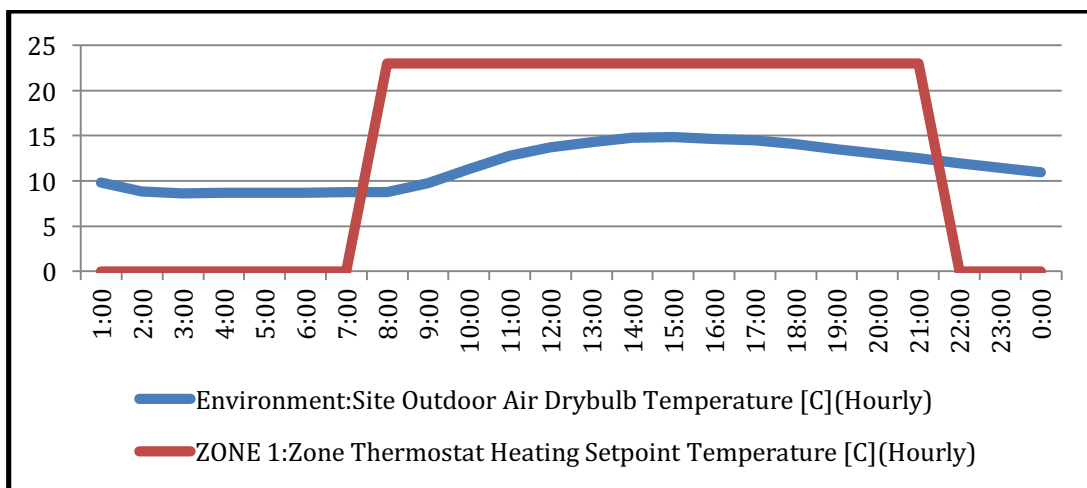
Διάγραμμα 5-2 Αναπαράσταση της κατάστασης ρουχισμού  
(πηγή: ASHRAE 2009 HOF πίνακας 7, σελίδα 9.8)

Σύμφωνα με το διάγραμμα και τις θερμοκρασίες που επικρατούν μια τυπική χειμερινή και θερινή μέρα θεωρήσαμε για το καλοκαίρι 0,5 clo και για το χειμώνα 0,65 clo .

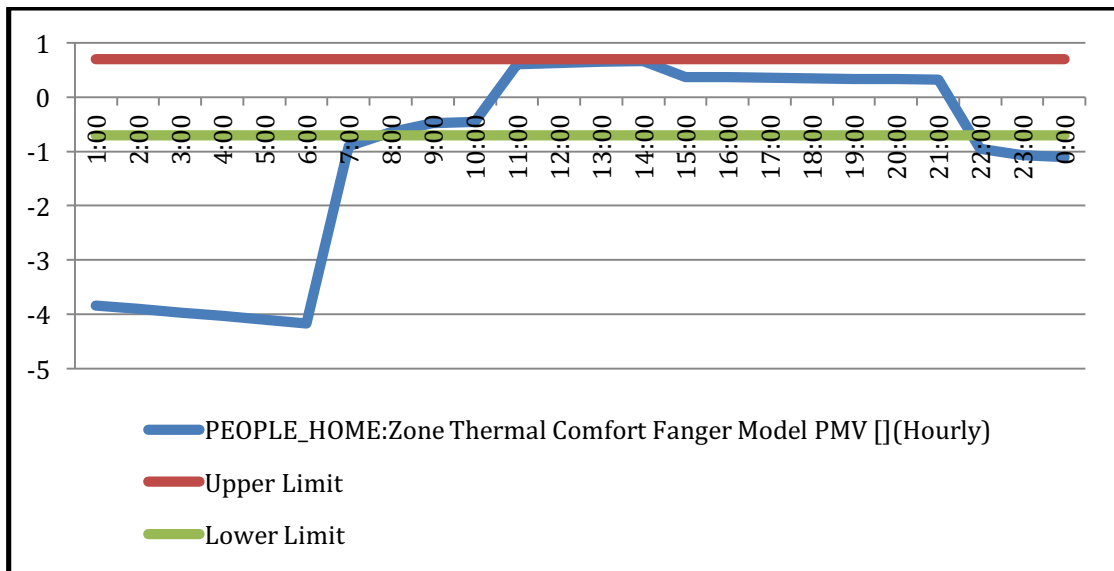
## 5.5 Εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Με βάση τα όσα έχουμε αναφέρει παραπάνω για ένα νοικοκυριό που αποτελείται από ένα ζευγάρι ηλικιωμένων ατόμων και διατηρώντας τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας της θέρμανσης και της ψύξης τα οποία θεωρήσαμε στο κεφάλαιο 2.4.5 εκτελέσαμε προσομοίωση για μία χειμερινή και μία θερινή ημέρα του χρόνου. Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η διακύμανση του δείκτη θερμικής άνεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- Χειμερινή ημέρα



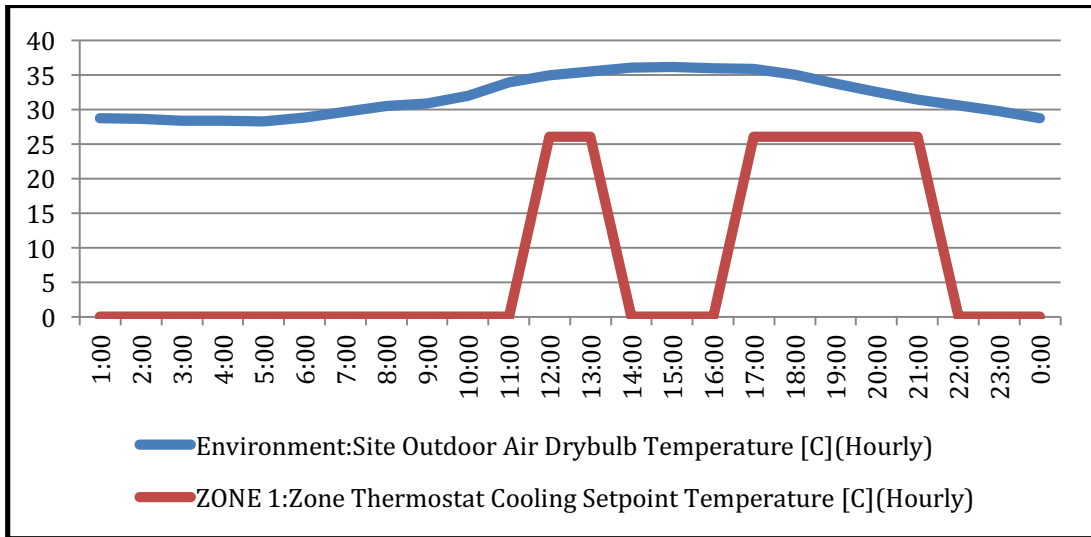
Διάγραμμα 5-3 Ωριαίες καμπύλες θερμοκρασίας θερμοστάτη και εξωτερικού περιβάλλοντος



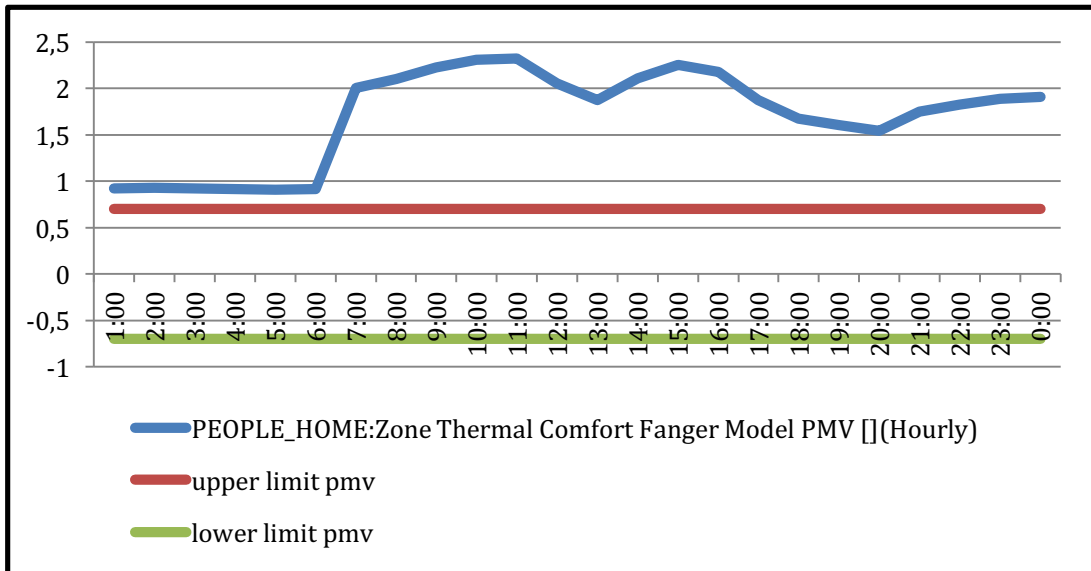
Διάγραμμα 5-4 Ωριαία καμπύλη δείκτη θερμικής άνεσης μια χειμερινή ημέρα

Στο πρώτο διάγραμμα αποτυπώνεται η λειτουργία του θερμοστάτη κατά τη διάρκεια της ημέρας και στο δεύτερο διάγραμμα η διακύμανση του δείκτη θερμικής άνεσης. Παρατηρούμε ότι κατά τις ώρες λειτουργίας της θέρμανσης οι κάτοικοι είναι σε μεγάλο ποσοστό ικανοποιημένοι με το θερμικό τους περιβάλλον σε αντίθεση με τις νυχτερινές και πρώτες πρωινές ώρες κατά τις οποίες η θέρμανση είναι κλειστή και οι κάτοικοι όπως είναι αναμενόμενο δεν αισθάνονται άνετα με το θερμικό τους περιβάλλον. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα δεν προτείνεται καμία αλλαγή στο σύστημα θέρμανσης που επικρατεί κατά τη χειμερινή περίοδο.

- Θερινή ημέρα



Διάγραμμα 5-5 Ωριαίες καμπύλες θερμοκρασίας θερμοστάτη και εξωτερικού περιβάλλοντος



Διάγραμμα 5-6 Ωριαία καμπύλη δείκτη θερμικής άνεσης μια θερινή ημέρα

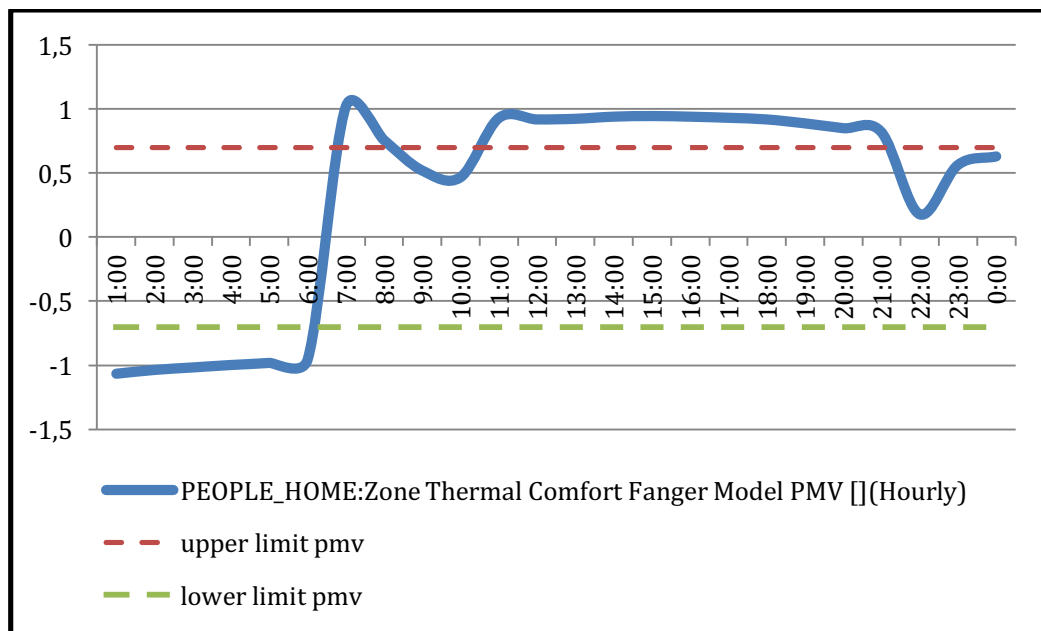
Παρατηρώντας το διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης κατά τη θερινή ημέρα συμπεραίνουμε ότι ο χρήστης αισθάνεται άβολα με το θερμικό του περιβάλλον κατά τη διάρκεια όλου του εικοσιτετράωρου. Αυτό οφείλεται κυρίως στους παρακάτω λόγους:



1. Υψηλές θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με λίγες ώρες χρήσης του κλιματισμού.
2. Υψηλή θερμοκρασία θερμοστάτη δροσισμού γεγονός που αντιλαμβανόμαστε αφού ακόμα κατά τις ώρες λειτουργίας του κλιματισμού, ο χρήστης δεν αισθάνεται άνετα στο περιβάλλον του.
3. Τα χρονοδιαγράμματα χρήσης του δροσισμού προέρχονται από στατιστικά δεδομένα οπότε σε αυτά υπεισέρχονται κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες που έχουν οδηγήσει το χρήστη σε αυτό το προφίλ χρησιμοποίησης.

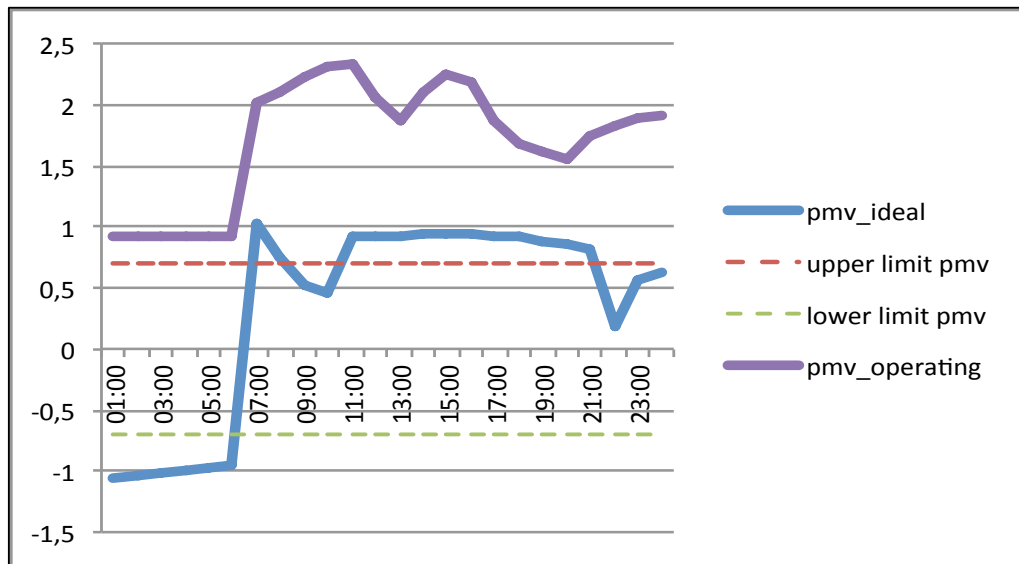
## **5.6 Μελέτη ιδανικής περίπτωσης**

Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να μελετήσουμε ένα προφίλ χρησιμοποίησης το οποίο θα άφηνε όσο το δυνατόν πιο ικανοποιημένο το χρήστη με το θερμικό του περιβάλλον. Αρχικά θα μελετήσουμε την περίπτωση ρύθμισης του θερμοστάτη στην χαμηλότερη θερμοκρασία που μας επιτρέπει η τεχνική οδηγία, δηλαδή στους 23 °C και θα επιτρέψουμε στον δροσισμό να τεθεί σε λειτουργία οποτεδήποτε χρειάζεται από τις 8 το πρωί μέχρι τις 9 το βράδυ . Εκτελώντας την προσομοίωση με αυτά τα δεδομένα ο δείκτης θερμικής άνεσης διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5-7 Ωριαία καμπύλη ιδανικού δείκτη θερμικής άνεσης μια θερινή ημέρα

Αν εξαιρέσουμε τις νυχτερινές ώρες κατά τις οποίες δεν υπάρχει λειτουργία ψύξης, παρατηρούμε ότι ακόμα και υπό τις νέες συνθήκες βρισκόμαστε ελαφρώς εκτός των ορίων του χαμηλότερου σημείου αποδοχής θερμικής άνεσης και υπάρχουν κάποιες ώρες, κυρίως κατά το μεσημέρι που αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, κατά τις οποίες ο χρήστης θα επιθυμούσε ακόμη χαμηλότερη θερμοκρασία θερμοστάτη. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό καθώς το πρόγραμμα Energy plus δεν επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει λειτουργία ψύξης χαμηλότερη από την λειτουργία θέρμανσης του διαμερίσματος που έχουμε ορίσει στους 23 °C. Αν κάτι τέτοιο συμβεί το πρόγραμμα διακόπτει την προσομοίωση και προειδοποιεί το χρήστη ότι έχει προβεί σε σφάλμα. Αυτό μας οδηγεί να θεωρήσουμε ιδανική κατάσταση θερμικού περιβάλλοντος μιας τυπικής θερινής ημέρας τις τιμές του δείκτη θερμικής άνεσης pmv που αποτυπώνονται στην παραπάνω καμπύλη. Στη συνέχεια θα παραθέσουμε ένα συγκριτικό διάγραμμα του δείκτη θερμικής άνεσης κατά τις δύο παραπάνω περιπτώσεις.

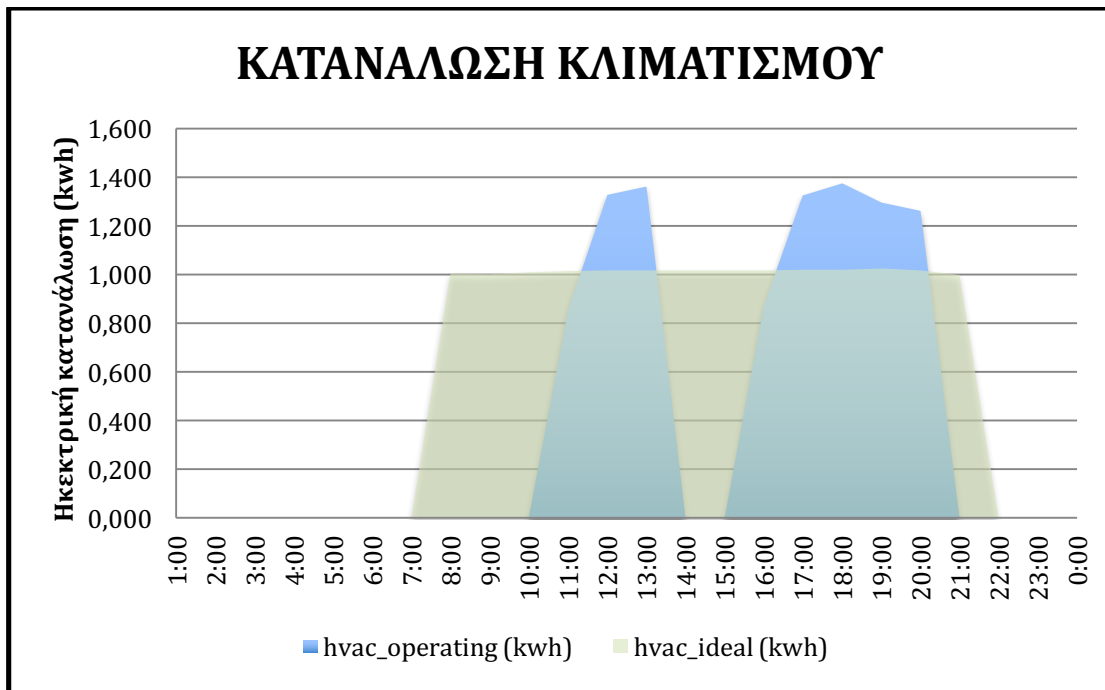


Διάγραμμα 5-8 Συγκριτικό διάγραμμα δεικτών θερμικής άνεσης

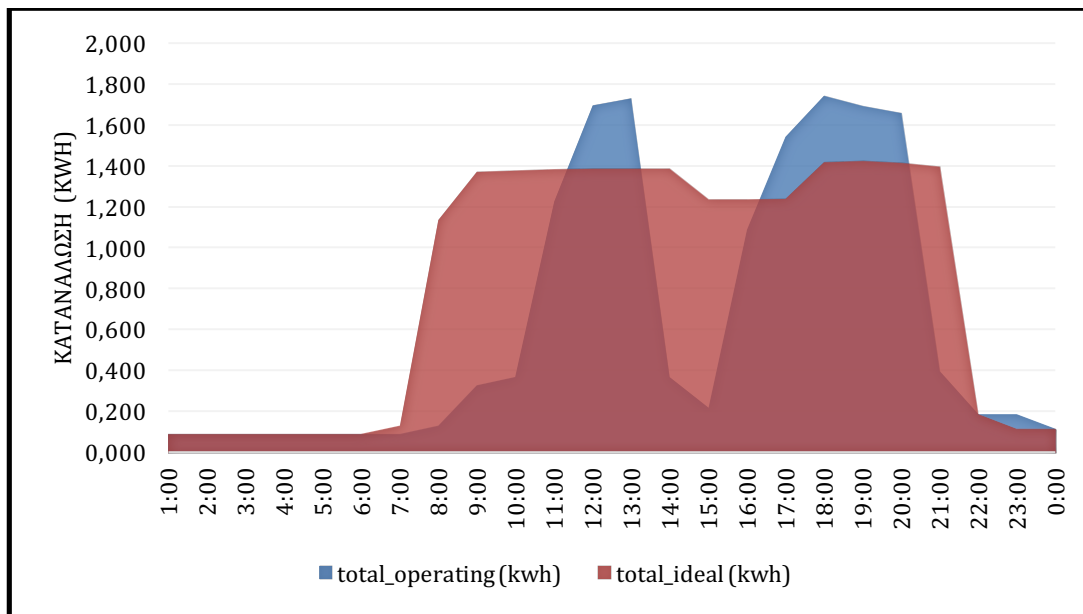
Έπειτα θα μελετήσουμε πώς διαμορφώνεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας τόσο του συστήματος ψύξης όσο και η συνολική στις δύο παραπάνω περιπτώσεις

	hvac_operating (kwh)	hvac_ideal (kwh)	total operating (kwh)	total ideal (kwh)
1:00	0,000	0,000	0,089	0,089
2:00	0,000	0,000	0,089	0,089
3:00	0,000	0,000	0,089	0,089
4:00	0,000	0,000	0,089	0,089
5:00	0,000	0,000	0,089	0,089
6:00	0,000	0,000	0,089	0,089
7:00	0,000	0,000	0,089	0,131
8:00	0,000	1,003	0,131	1,134
9:00	0,000	1,002	0,326	1,370
10:00	0,000	1,008	0,368	1,376
11:00	0,858	1,014	1,226	1,382
12:00	1,327	1,017	1,695	1,385
13:00	1,360	1,018	1,728	1,386
14:00	0,000	1,017	0,368	1,385
15:00	0,000	1,016	0,218	1,234
16:00	0,868	1,017	1,086	1,235
17:00	1,324	1,019	1,542	1,237
18:00	1,373	1,021	1,741	1,417
19:00	1,295	1,025	1,691	1,421
20:00	1,261	1,018	1,657	1,414
21:00	0,000	0,999	0,396	1,395
22:00	0,000	0,000	0,186	0,186
23:00	0,000	0,000	0,186	0,116
0:00	0,000	0,000	0,116	0,116
ΣΥΝΟΛΟ	9,666	14,193	15,284	19,853

Πίνακας 5-4 Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας δύο περιπτώσεων



Διάγραμμα 5-9 Καμπύλη ηλεκτρικής κατανάλωσης κλιματισμού δύο περιπτώσεων



Διάγραμμα 5-10 Καμπύλη συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας δύο περιπτώσεων

Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση λειτουργίας της ψύξης κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας η κατανάλωση της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται κατά

30 % σε σχέση με την περίπτωση κατά την οποία λειτουργούμε την ψύξη σε καθορισμένες ώρες κατά τη διάρκεια μιας τυπικής θερινής μέρας.

Το ζήτημα που προκύπτει σε αυτό το σημείο και θα αποτελούσε ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη είναι τι διαχείριση φορτίου θα μπορούσε να γίνει και με ποιο τρόπο ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας διατηρώντας στα ίδια επίπεδα το δείκτη θερμικής άνεσης.

## 6. Συμπεράσματα

Από τα δύο μέρη της παρούσας εργασίας εκμαιεύσαμε δεδομένα τα οποία είναι αρκετά αντιπροσωπευτικά αν αναλογιστούμε τις παραδοχές που θεωρήσαμε στη πορεία συγγραφής της διπλωματικής. Στην παρούσα μελέτη αναλύουμε την ενεργειακή συμπεριφορά ενός νοικοκυριού που αποτελείται από ένα ζευγάρι ηλικιωμένων ατόμων οι οποίοι παρουσιάζουν όλη την ημέρα ενεργή παρουσία στο διαμέρισμα και έχουν αυξημένες ανάγκες τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η προσομοίωση με τη βοήθεια του Energy Plus που αναλύσαμε στο κεφάλαιο 2 μας έδωσε 3241 kwh ηλεκτρική κατανάλωση ετησίως, ενώ οι υπολογισμοί που προέκυψαν από τη μοντελοποίηση των 1000 νοικοκυριών στο κεφάλαιο 4 μας έδωσαν 3430 kwh μέση ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση όλων των νοικοκυριών, τιμές που βρίσκονται αρκετά κοντά στις μελέτες που έχουμε αναφέρει. Πιο συγκεκριμένα η ΕΛΣΤΑΤ έχει υπολογίσει 3750 kwh με μέσο όρο 2,6 άτομα ανά νοικοκυριό, το Eureco project 4585 kwh αναφερόμενη σε νοικοκυριά που αποτελούνται από 3,04 άτομα και το Remodece Project 2525 kwh χωρίς να λαμβάνει υπόψιν την ηλεκτρική κατανάλωση για ζεστό νερό χρήσης. Πρέπει ακόμη να αναφέρουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας έχει αλλάξει αρκετά την τελευταία δεκαετία οπότε οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί παλαιότερα περιέχουν κάποιο ποσοστό σφάλματος. Ωστόσο παρά τις όποιες μεταβολές έχουν παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια η μορφή της καμπύλης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας ημέρας με τις αντίστοιχες αιχμές φορτίου το πρωί, το μεσημέρι και το βράδυ ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Πιο συγκεκριμένα η ελάχιστη κατανάλωση παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας από τις 12:00 έως τις 6:00 το πρωί. Εν συνεχεία η κατανάλωση αυξάνεται συνεχώς μέχρι στις 8:00 το πρωί, όπου και παρουσιάζεται η πρώτη αιχμή στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αποτελεί το 20 % της ημερήσιας ζήτησης και σχετίζεται με τις πρωινές δραστηριότητες των ανθρώπων πριν την αποχώρησή τους για τη δουλειά. Τις επόμενες ώρες η κατανάλωση παρουσιάζει μία μικρή μείωση και σχεδόν σταθεροποιείται καταλήγοντας γύρω στις 14:00 - 15:00 το μεσημέρι σε μία δεύτερη αιχμή (οφείλεται πιθανότατα στο μαγείρεμα) που απορροφά το 12% της συνολικής ενέργειας. Αργότερα παρατηρείται

σταδιακή μείωση μέχρι τις 16:00, ώσπου φτάνουμε στην κορύφωση της ημερήσιας ζήτησης με τα μέγιστα να παρουσιάζονται περί της 21:00 – 22:00 όπου η κατανάλωση αγγίζει το 1/3 της συνολικής. Οι αιχμές που παρατηρούνται οφείλονται κυρίως σε φορτία όπως για μαγείρεμα, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμό και διασκέδαση.

Κάποιες από παραδοχές που θεωρήσαμε και πρέπει να επισημανθούν είναι :

- Έχουν παραληφθεί καταναλώσεις συσκευών για τις οποίες δεν είχαμε αρκετά στοιχεία για τα ποσοστά κατοχής τους στα ελληνικά νοικοκυριά.
- Τα σενάρια χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιήσαμε δεν αναφέρονται στα ελληνικά δεδομένα λόγω έλλειψης αντίστοιχων ερευνών.

Το τρίτο μέρος της εργασίας μελετά το δείκτη θερμικής άνεσης και αποτυπώνει την δυσαρέσκεια των χρηστών κατά τη θερινή περίοδο, γεγονός που οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και φέρνει στην επιφάνεια την ευαισθησία των καταναλωτών στην αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Κάποιες από τις δράσεις στις οποίες μπορούμε να προβούμε με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την βελτίωση της θερμικής άνεσης του χρήστη είναι η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων, η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους αλλά και η αντικατάσταση συσκευών και κουφωμάτων με άλλα υψηλότερης ενεργειακής κλάσης. Επίσης παρουσιάζει ερευνητικό ενδιαφέρον η μελέτη μετατόπισης φορτίων σε ώρες κατά τις οποίες δεν παρατηρείται μεγάλη ζήτηση ενέργειας.



## Παράρτημα

Η vba συνάρτηση RANDBETWEENplus (bottom; top; Lots), δέχεται τρία υποχρεωτικά ορίσματα. Τα bottom και top είναι οι αριθμοί που καθορίζουν το διάστημα μέσα στο οποίο αναζητούμε μοναδικούς τυχαίους ακέραιους αριθμούς και Lots είναι το πλήθος των αριθμών που αναζητούμε.

Η πλήρης σύνταξη της συνάρτησης είναι:

RANDBETWEENplus (bottom ; top ; Lots ; horizontal ; exception)

Τα προαιρετικά όρισμα **horizontal** παίρνει τιμές TRUE και FALSE. Ορίζοντας το όρισμα σε FALSE, η συνάρτηση επιστρέφει τις τιμές σε στήλη, κάθετα. Με το προαιρετικό όρισμα **exception** μπορείτε να αποκλείσετε μία ή περισσότερες τιμές από την τυχαία επιλογή. Το όρισμα exception μπορεί να γραφεί σαν πίνακας απευθείας στην συνάρτηση ή να είναι μια άλλη συνάρτηση που επιστρέφει πίνακα ή να είναι μία γραμμή ή στήλη ή ορθογώνια περιοχή του φύλλου.

Η συνάρτηση:

```
1 Function RANDBETWEENplus(bottom As Double, top As Double, Lots As
  Integer, _
2 Optional horizontal As Boolean = True, Optional exception As Variant) As
3 Variant
  'από το Excel Λύσεις
4 Application.Volatile True
5
6 Dim RBWcoll As New Collection
7 Dim EXCcoll As New Collection
8 Dim RBWarr() As Variant
9 Dim num As Double
10 Dim exStr As String
11 Dim item As Variant
12 Dim i As Integer
13
14 If bottom - Int(bottom) > 0 Then bottom = Int(bottom) + 1
15 top = Int(top)
16
17 If Not IsMissing(exception) Then
18 If VBA.TypeName(exception) = "Double" Then exception = Array(exception)
19 For Each item In exception
20 If IsNumeric(item) Then
21 If Int(item) = item And item < top + 1 And item > bottom - 1 Then
22 On Error Resume Next
```

```

23 EXCcoll.Add item, CStr(item)
24 On Error GoTo 0
25 End If
26 End If
27 Next
28 End If
29
30 Select Case True
31 Case bottom >= top, Lots > top + 1 - bottom - EXCcoll.Count, Lots <= 0
32 RANDBETWEENplus = CErr(xlErrValue)
33 GoTo telos
34 End Select
35
36 Do While RBWcoll.Count < Lots
37 num = Int((top - bottom + 1) * Rnd + bottom)
38 On Error Resume Next
39 RBWcoll.Add num, CStr(num)
40 For i = 1 To EXCcoll.Count
41 exStr = EXCcoll(i)
42 RBWcoll.Remove (exStr)
43 Next
44 On Error GoTo 0
45 Loop
46
47 ReDim RBWarr(1 To Lots)
48 For i = 1 To Lots
49 RBWarr(i) = RBWcoll(i)
50 Next i
51 RANDBETWEENplus = RBWarr()
52 If horizontal = False Then RANDBETWEENplus =
53 Application.Transpose(RBWarr())
54 telos:
End Function

```

## Βιβλιογραφία

1. Τζανακάκη, Ε. and Ε. Μπάτρα, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα*. 2002, ΚΑΠΕ: Αθήνα
2. Pérez-Lombard, L., J. Ortiz, and C. Pout, *A review on buildings energy consumption information*. *Energy and Buildings*, 2008. 40(3): p. 394-398.
3. Dascalaki, E., et al. *Energy certification of Hellenic buildings*. in *Proc. 4th int. conference on renewable energy sources & energy efficiency e New challenges, 199e207*, Nicosia, Cyprus. 2013.
4. Μαυρίδης, Γ. and Χ. Μιχαηλίδης, *Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων σύμφωνα με την οδηγία 2002/91/ΕΚ*. 2002, Α.Π.Θ.
5. Droutsas, K.G., et al., *Mapping the energy performance of hellenic residential buildings from EPC (energy performance certificate) data*. *Energy*, 2016. 98: p. 284-295.
6. Αργυροπούλου, Α., *Κτίριο Ενέργεια, Θερμομόνωση, Περιβάλλον και η αλληλεξάρτηση μεταξύ τους*. 2009, Πολυτεχνείο Κρήτης.
7. ΣΩΜΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Δ., ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ and Β.Ν.Ε. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ, *Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης κτιρίων: Στατιστική ανάλυση για το έτος 2015*. Μάρτιος 2016, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
8. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ, *Δελτίο τύπου: Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012*. Οκτώβριος 2013, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ.
9. Σακκά, Α., *Ολιστική ενεργειακή θεώρηση κτιρίων*. 2014, Πανεπιστήμιο Πατρών.
10. *Οδηγία 2010/31/ΕΕ. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
11. *Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
12. *Οδηγία 2012/27/ΕΕ. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
13. Φ.Ε.Κ. 89Α/19-5-2008, (Νόμος 3661/2008) *Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις*.
14. Φ.Ε.Κ. 407/9-4-2010, *Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων-Κ.Εν.Α.Κ.*
15. Στύλος, Σ.Β., *Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και εφαρμογή*. 2012, Ε.Μ.Π.
16. *Υπηρεσία ενέργειας, Οδηγός Θερμομόνωσης Κτιρίων*, 2η έκδοση. 2010, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.
17. Φ.Ε.Κ. 85Α/4-6-2010, (Νόμος 3851/2010) *Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις*.
18. Σερίτογλου, Γ., *Μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς διπλοκατοικίας με χρήση δυναμικού και στατικού υπολογιστικού μοντέλου*. 2012, Α.Π.Θ.
19. Αναγνωστόπουλος, Α.Π., *Συμβολή του λογισμικού "Energy Plus" στον βιοκλιματικό σχεδιασμό μικρής κατοικίας*. 2012, Ε.Μ.Π.
20. Προεστάκης, Ε., *Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου και αξιολόγηση σεναρίων μείωσης των ενεργειακών του απαιτήσεων με το λογισμικό Energy Plus*. 2009, Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
21. *Documentation, E., Engineering Reference: The Reference to Energy Plus Calculations*. 2015, US Department of Energy.
22. *Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ*. Αθήνα.
23. Swan, L.G. and V.I. Ugursal, *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009. 13(8): p. 1819-1835.

24. Kavgic, M., et al., A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector. *Building and Environment*, 2010. 45(7): p. 1683-1697.
25. Caputo, P., C. Gaia, and V. Zanotto, A methodology for defining electricity demand in energy simulations referred to the Italian context. *Energies*, 2013. 6(12): p. 6274-6292.
26. Ihsal, A., et al., The generation of electric load profiles in the UK domestic buildings through statistical predictions. *Journal of Energy and Power Engineering*, 2012. 6(2).
27. Mansouri, I., M. Newborough, and D. Probert, Energy consumption in UK households: Impact of domestic electrical appliances. *Applied Energy*, 1996. 54(3): p. 211-285.
28. Yao, R. and K. Steemers, A method of formulating energy load profile for domestic buildings in the UK. *Energy and Buildings*, 2005. 37(6): p. 663-671.
29. Paatero, J.V. and P.D. Lund, A model for generating household electricity load profiles. *International journal of energy research*, 2006. 30(5): p. 273-290.
30. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ, Απογραφή πληθυσμού - κατοικιών 2011. Νοέμβριος 2014, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ.
31. Grinden, B. and N. Feilberg, Analysis of monitoring campaign in Europe. REMODECE Report D, 2008. 10: p. 2008.
32. De Almeida, A., et al. Residential monitoring to decrease energy use and carbon emissions in Europe. in *International Energy Efficiency in Domestic Appliances & Lighting Conference*. 2006. Citeseer.
33. Sidler, O., B. Lebot, and L. Pagliano. Electricity demand in European households: Major findings from an extensive end-use metering project in four individual countries. in *American Council for Energy-Efficient Economy*. 2002.
34. Sidler, O., EURECO project: End-use metering campaign in 400 households of the European Community. *Assessment of the Potential Electricity Savings*. 2002, Commission of the European Communities.
35. Zimmermann, J.-P., et al., Household Electricity Survey: A study of domestic electrical product usage. *Intertek Testing & Certification Ltd*, 2012.