



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

**Μοντελοποίηση Ενεργειακής Κατανάλωσης
της Νήσου Κύθνου**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σταμάτης Ν. Χονδρός

Επιβλέπων: Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2017



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

Μοντελοποίηση Ενεργειακής Κατανάλωσης της Νήσου Κύθνου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σταμάτης Ν. Χονδρός

Επιβλέπων: Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις :

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

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

.....
Π. Γεωργιλάκης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2017

.....
Σταμάτης Ν. Χονδρός

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

Copyright © Σταμάτης Χονδρός, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσης 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 τη συγγραφέα.

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

Περίληψη

Στα πλαίσια της ευρύτερης πολιτικής για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που ευθύνονται για τη κλιματική αλλαγή, κρίθηκε αναγκαία η αναζήτηση νέων λύσεων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.

Στη παρούσα διπλωματική παρουσιάζεται μια μεθοδολογία μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης μιας περιοχής και συγκεκριμένα της νήσου Κύθνου. Η μεθοδολογία της μοντελοποίησης που ακολουθείται χρησιμοποιεί το πρόγραμμα προσομοίωσης EnergyPlus το οποίο έχει τη δυνατότητα μέσα από μια πληθώρα επιλογών εισαγωγής δεδομένων να δίνει αποτελέσματα για τη κατανάλωση της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, κλιματισμό και θέρμανση σε ένα κτίριο. Τα αποτελέσματα αυτά επεκτείνονται ώστε να δημιουργηθεί το ενεργειακό αποτύπωμα ολόκληρης της περιοχής της νήσου Κύθνου το οποίο στη συνέχεια συγκρίνεται με πραγματικά δεδομένα. Η ενεργειακή κατανάλωση παρουσιάζεται σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση και έτσι ο ενδιαφερόμενος έχει τη δυνατότητα να πάρει διάφορες αποφάσεις για τη περιοχή όπως μέτρα για την εξοικονόμηση της ενέργειας, την αντικατάσταση των ενεργοβόρων συσκευών ή μεταφορά φορτίων από τις ώρες αιχμής σε άλλες ώρες.

Συνεπώς, η μεθοδολογία της μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης που ακολουθείται είναι ένα εργαλείο που συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και είναι χρήσιμο ώστε ο ενδιαφερόμενος να μπορεί να πάρει διάφορες αποφάσεις όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση μιας υφιστάμενης ή ακόμα και μιας μελλοντικής περιοχής.

Λέξεις Κλειδιά: « ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μοντελοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης, πρόγραμμα προσομοίωσης EnergyPlus, κτίρια, νήσος Κύθνος »

Abstract

Within the wider policy of reducing greenhouse gas emissions which are responsible for the climate change, it has become essential to seek new solutions to reduce energy consumption of buildings.

This diploma thesis presents a methodology for modeling the energy consumption of a region, namely the island of Kythnos. The modeling methodology adopted uses the EnergyPlus simulation program, which has the ability through a variety of data input options, to produce results for the consumption of electrical and thermal energy for lighting, electrical appliances, air conditioning and heating in a building. These results are expanded to create the energy footprint of the whole area of the island of Kythnos, which is then compared to actual data. Energy consumption is presented on a daily, monthly and yearly basis and thus the person concerned has the ability to make a range of decisions about the region such as taking measures to save energy, replacing energy-intensive appliances or shifting loads from peak hours to other hours.

Consequently, the energy consumption modeling methodology following is a tool which contributes to the greenhouse gas emissions reduction and is useful for the person concerned to be able to make crucial decisions about the energy consumption of an existing or even a future region.

Keywords: « energy consumption, greenhouse gas emissions, energy consumption modeling, EnergyPlus simulation program, buildings, island Kythnos »

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 Εισαγωγή	9
1.1 Ενεργειακή Κατανάλωση, Επιπτώσεις και Πολιτικές	9
1.2 Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα	15
1.3 Ενεργειακή Κατανάλωση Κτιρίων στην Ελλάδα	23
1.3.1 Απόθεμα Κτιρίων.....	23
1.3.2 Ευρωπαϊκές Οδηγίες και Ελληνική Νομοθεσία.....	25
1.3.3 Ενεργειακή Κατανάλωση Κτιρίων	27
2 Μοντελοποίηση Ενεργειακής Κατανάλωσης	29
2.1 Μεθοδολογίες Μοντελοποίησης Ενεργειακής Κατανάλωσης.....	29
2.2 Στάδια Μοντελοποίησης Ενεργειακής Κατανάλωσης της Νήσου Κύθνου.....	31
3 Χαρακτηριστικά της Νήσου Κύθνου και Επιλογή Τυπικών Κτιρίων	33
3.1 Έκταση, Πληθυσμός και Κτίρια	33
3.2 Ενεργειακή Κατανάλωση	35
3.3 Τυπικά Κτίρια.....	38
4 Προσομοίωση Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτιρίων με το EnergyPlus	39
4.1 Λειτουργία και Βασικά Παράθυρα του EnergyPlus	39
4.2 Εισαγωγή Δεδομένων στο EnergyPlus	43
4.2.1 Simulation Parameters (Παράμετροι Προσομοίωσης).....	44
4.2.2 Location and Climate (Τοποθεσία και Κλίμα)	47
4.2.3 Schedules (Χρονοδιαγράμματα)	49
4.2.4 Surface Construction Elements (Δομικά Υλικά Επιφανειών).....	52
4.2.5 Thermal Zones and Surfaces (Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες).....	56
4.2.6 Internal Gains (Εσωτερικά Κέρδη)	60
4.2.7 Zone Airflow (Ροή Αέρα)	63
4.2.8 HVAC Templates (Συστήματα Ψύξης-Θέρμανσης)	65
4.2.9 Output Reporting (Καθορισμός Αποτελεσμάτων)	70
4.3 Αποτελέσματα Προσομοίωσης ανά Κτίριο	72
4.3.1 Κατοικία	72
4.3.2 Ξενώνας.....	75
4.3.3 Σχολείο.....	78

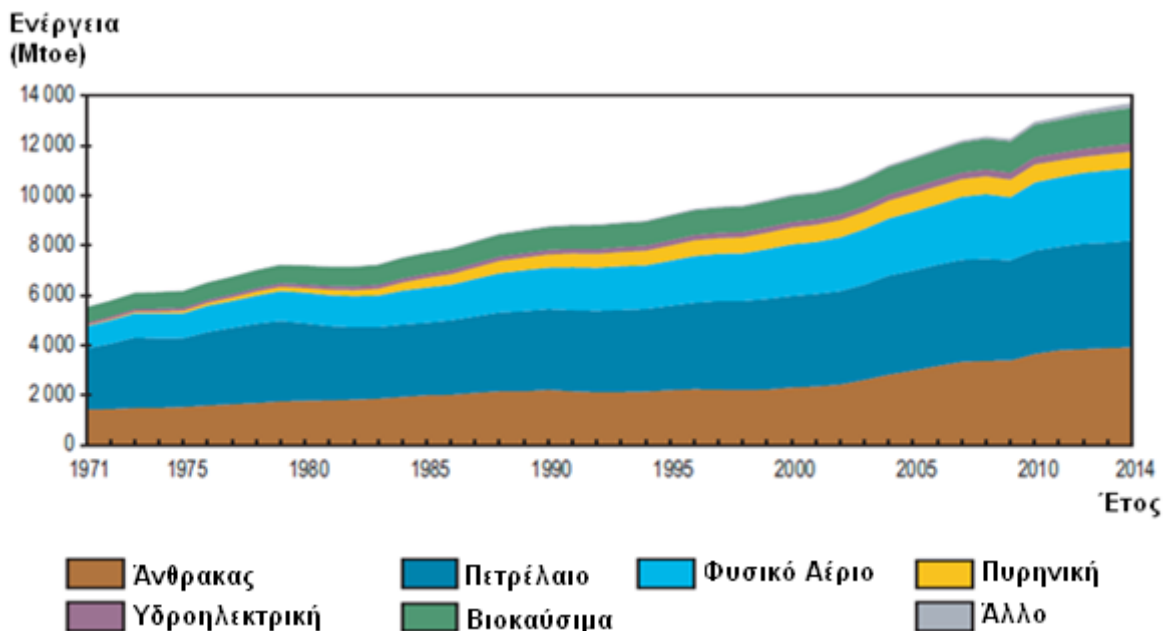
4.3.4 Κέντρο Υγείας	81
4.3.5 Εκκλησία	84
4.3.6 Εστιατόριο.....	87
4.3.7 Καφενείο	90
4.3.8 Γραφείο.....	93
4.3.9 Κατάστημα.....	96
4.3.10 Συμπεράσματα.....	100
5 Συνολικά Αποτελέσματα και Σύγκριση με Πραγματικά Δεδομένα	102
5.1 Κατασκευή της Νήσου Κύθνου	102
5.2 Ημερήσιες Καταναλώσεις Ενέργειας.....	104
5.3 Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας.....	108
5.4 Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας.....	110
6 Συμπεράσματα	115
Βιβλιογραφία.....	116

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ

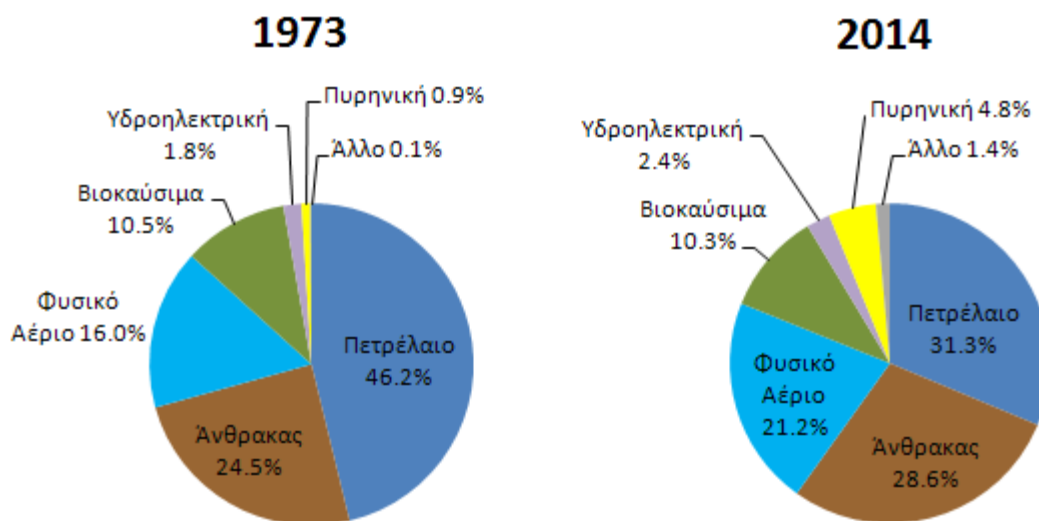
Η ενεργειακή κατανάλωση είναι η ποσότητα της συνολικής ενέργειας που απαιτείται από κάθε ανθρωπινή δραστηριότητα ή οποιοδήποτε σύστημα, όπως μια περιοχή ή μια χώρα, για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών τους (θέρμανση, φως, μεταφορές κτλ.). Διάφοροι οργανισμοί και στατιστικές υπηρεσίες καταγράφουν και δημοσιεύουν δεδομένα για την ενεργειακή κατανάλωση. Τα βελτιωμένα δεδομένα και η κατανόηση της ενεργειακής κατανάλωσης μπορούν να συμβάλλουν σε νέες τάσεις και πρότυπα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν τα τωρινά ενεργειακά ζητήματα και ενθαρρύνουν κινήσεις για χρήσιμες λύσεις [1].

Σύμφωνα με την έκθεση του Διεθνή Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency, IEA) [2], η παγκόσμια συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση σε Mtoe από το 1971 έως το 2014 ανά τύπο καυσίμου φαίνεται στο διάγραμμα 1.1.1.



Διάγραμμα 1.1.1. Παγκόσμια συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση σε Mtoe ανά τύπο καυσίμου από το 1971 έως το 2014 [πηγή: IEA].

Το 1973 η παγκόσμια συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση ανήλθε στα 6101 Μτοε και το 2014 στα 13669 Μτοε, δηλαδή είχαμε μια συνεχή αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης όπου από το 1971 έως το 2014 έφτασε να διπλασιαστεί. Στο διάγραμμα 1.1.2 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της συνολικής πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης κατά τύπο καυσίμου για τα έτη 1973 και 2014.

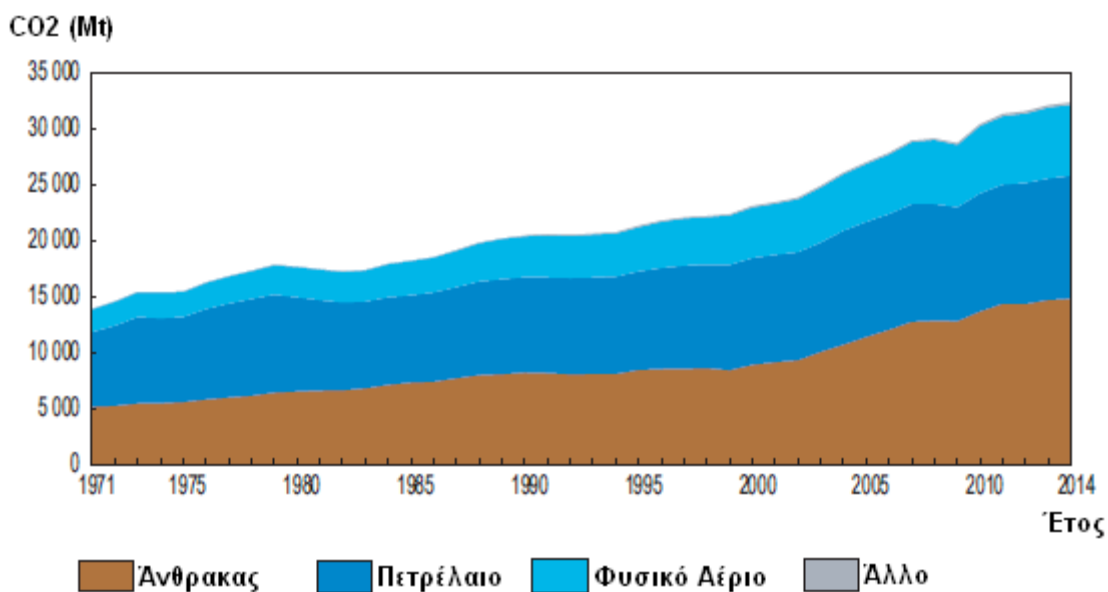


Διάγραμμα 1.1.2. Ποσοστιαία κατανομή παγκόσμιας συνολικής πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης κατά τύπο καυσίμου τα έτη 1973 και 2014 [πηγή: IEA].

Η καύση αυτών των ορυκτών καυσίμων εκλύει θερμότητα. Κατά τη διαδικασία αυτή ο άνθρακας που βρίσκεται στο καύσιμο αντιδρά με το οξυγόνο με αποτέλεσμα να απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως διοξείδιο του θείου (SO_2) και διοξείδιο του αζώτου (NO_2). Συνεπώς, δημιουργούνται προβλήματα στο περιβάλλον όπως η κλιματική αλλαγή εξαιτίας των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και η ατμοσφαιρική ρύπανση, όξινη βροχή και φωτοχημικό νέφος [3].

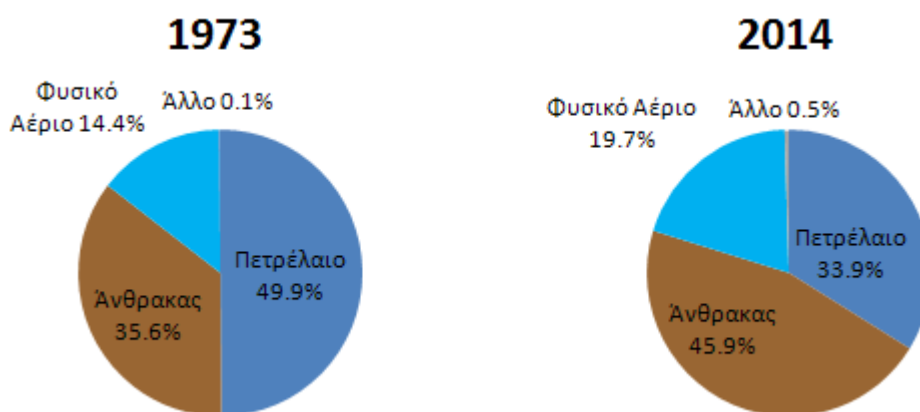
Ως αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι η συνεχή άνοδος της μέσης θερμοκρασίας της γης, δηλαδή της θερμοκρασίας αυτής όπου διασφαλίζει κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη ζωής. Βέβαια, τίθεται θέμα προς συζήτηση το κατά πόσο η κλιματική αλλαγή οφείλεται μόνο σε ανθρώπινες παρεμβάσεις ή και σε φυσικές διεργασίες [4].

Στο διάγραμμα 1.1.3 φαίνονται οι εκπομπές CO_2 σε Mt ανά τύπο καυσίμου που τις προκαλούν, κατά την περίοδο 1973 έως 2014 παγκοσμίως.



Διάγραμμα 1.1.3. Παγκόσμιες εκπομπές CO₂ σε Mt ανά τύπο καυσίμου από το 1973 έως το 2014 [πηγή:IEA].

Το 1973 οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ ανήλθαν στους 15458 Mt και το 2014 στους 32381 Mt, δηλαδή είχαμε μια συνεχής αύξηση των εκπομπών CO₂, όπου από το 1971 έως το 2014 έφτασαν να διπλασιαστούν. Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω του διπλασιασμού της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης κατά την ίδια περίοδο. Στο διάγραμμα 1.1.4 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή των εκπομπών CO₂ κατά τύπο καυσίμου για τα έτη 1973 και 2014.



Διάγραμμα 1.1.4. Ποσοστιαία κατανομή εκπομπών CO₂ κατά τύπο καυσίμου τα έτη 1973 και 2014 [πηγή: IEA].

Από τα διαγράμματα 1.1.1 έως 1.1.4 παρατηρείται μια αύξηση στη χρήση άνθρακα και φυσικού αερίου αλλά και στη χρήση της πυρηνικής ενέργειας κατά την περίοδο 1973 έως 2014. Παράλληλα παρατηρείται μείωση στην χρήση του πετρελαίου και αυτό οφείλεται στην αύξηση της τιμής του πετρελαίου κατά την ίδια περίοδο.

Επομένως, κρίθηκε αναγκαία πιο ορθολογική ενεργειακή πολιτική όπως διεθνείς συμφωνίες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, μία εξ αυτών το Πρωτόκολλο του Κιότο (Δεκέμβριος 1997), όπου θέτει όρια στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου [4]. Συγκεκριμένα, το Πρωτόκολλο του Κιότο δέσμευσε τα ανεπτυγμένα κράτη να μειώσουν τις συνολικές τους εκπομπές κατά τουλάχιστον 5% την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το 1990. Ο στόχος αυτός αναφερόταν σε έξι αέρια (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριομένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθοριούχο θείο) [5]. Παράλληλα, προς την αντιμετώπιση τέτοιων ενεργειακών προβλημάτων έγιναν κινήσεις για την αναζήτηση άλλων μορφών ενέργειας όπως για παράδειγμα η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια και η ανάπτυξη μέτρων εξοικονόμησης της ενέργειας [6].

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεσμεύτηκε το 2009 να περιορίσει τη μέση αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας στους 2 °C σε σύγκριση με τα προ βιομηχανικά επίπεδα μειώνοντας τις εκπομπές των αερίων. Η στρατηγική «Ευρώπη 2020» έχει ως στόχο να μετατρέψει την ΕΕ σε μία ενεργειακά χαμηλών εκπομπών άνθρακα οικονομία με βάση τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ενεργειακή απόδοση. Οι στόχοι της στρατηγικής «Ευρώπη 2020», γνωστοί και ως στόχοι 20-20-20, είναι [7]:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.
- Αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική ενεργειακή κατανάλωση κατά 20%.
- Μείωση κατά 20% της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

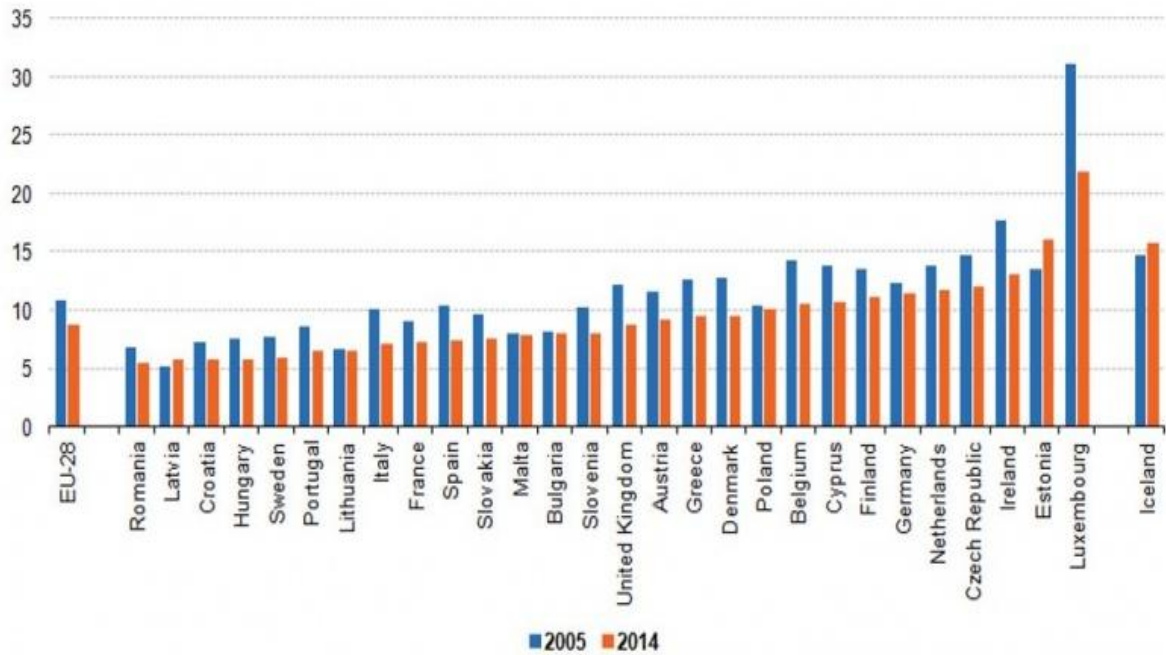
Μερικά από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα της στρατηγικής αυτής μας παρουσιάζει η Eurostat [7]:

- Το 2014, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ μειώθηκαν κατά 23% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Ως εκ τούτου, η ΕΕ αναμένεται να υπερβεί τον στόχο της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% έως το 2020.

- Όλοι οι τομείς, εκτός από τη καύση καυσίμων στις μεταφορές και τη διεθνή αεροπορία, συνέβαλαν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο μεταξύ 1990 και 2014. Ωστόσο, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται, το 2015 ήταν το θερμότερο έτος.
- Το 2014, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρείχαν το 16% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ, από 8.5% που παρείχαν το 2004. Κατά την ίδια περίοδο, η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ανήλθε σε 27.5%, από 14.4% .
- Χάρη στις μειώσεις του κόστους κατασκευής και λειτουργίας των ηλιακών και αιολικών έργων, το μερίδιο της αιολικής και ηλιακής ενέργειας αυξήθηκε ιδιαίτερα γρήγορα.
- Για τις μεταφορές, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρείχαν το 5.9% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε το 2014, από 1% το 2004.
- Η ΕΕ σημείωσε ουσιαστική πρόοδο όσον αφορά τον στόχο της για την ενεργειακή απόδοση. Το 2014, η ΕΕ κατανάλωσε 12% λιγότερη πρωτογενή ενέργεια από ότι το 2005. Η ΕΕ εξοικονόμησε 15.7% πρωτογενούς ενέργειας μέχρι το 2014.
- Η ΕΕ εξακολουθεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές ενέργειας από τρίτες χώρες, οι οποίες παρείχαν το 53.5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας το 2014. Ο κύριος προμηθευτής ενέργειας στην ΕΕ το 2014 ήταν η Ρωσία. Προμήθευσε το 29.9% των συνολικών εισαγωγών φυσικού αερίου, το 25.6% των εισαγωγών πετρελαϊκών προϊόντων και το 25.9% των εισαγωγών στερεών καυσίμων.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τον ΙΕΑ, η Ελλάδα κατατάσσεται δεύτερη διεθνώς όσον αφορά το μερίδιο φωτοβολταϊκών στην εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή με 7.5%, πρώτη έρχεται η Ονδούρα με 12.5% και ακολουθούν στη τρίτη και τέταρτη θέση η Ιταλία με 7.3% και η Γερμανία με 7%.

Στο διάγραμμα 1.1.5 φαίνονται οι εκπομπές CO₂ των χωρών της ΕΕ τα έτη 2005 και 2014 σε τόνους ισοδυνάμου CO₂. Το 2014, το Λουξεμβούργο είχε τη μεγαλύτερη εκπομπή αερίων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί κυρίως στο σημαντικό αριθμό των ατόμων που μετακινούνται από γειτονικές χώρες για να τροφοδοτήσουν τα αυτοκίνητά τους στο λουξεμβουργιανό έδαφος. Αντίθετα, τις χαμηλότερες εκπομπές τις είχε η Ρουμανία. Μεταξύ 2005 και 2014, το Λουξεμβούργο παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση εκπομπών. Η Ιρλανδία, το Βέλγιο, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Δανία και η Κύπρος παρουσίασαν επίσης μεγάλες πτώσεις. Ωστόσο, οι εκπομπές αυξήθηκαν στην Εσθονία και την Λετονία [7].



Διάγραμμα 1.1.5. Εκπομπές CO₂ των χωρών της ΕΕ τα έτη 2005 και 2014 (σε τόνους ισοδύναμον CO₂) [πηγή: Eurostat].

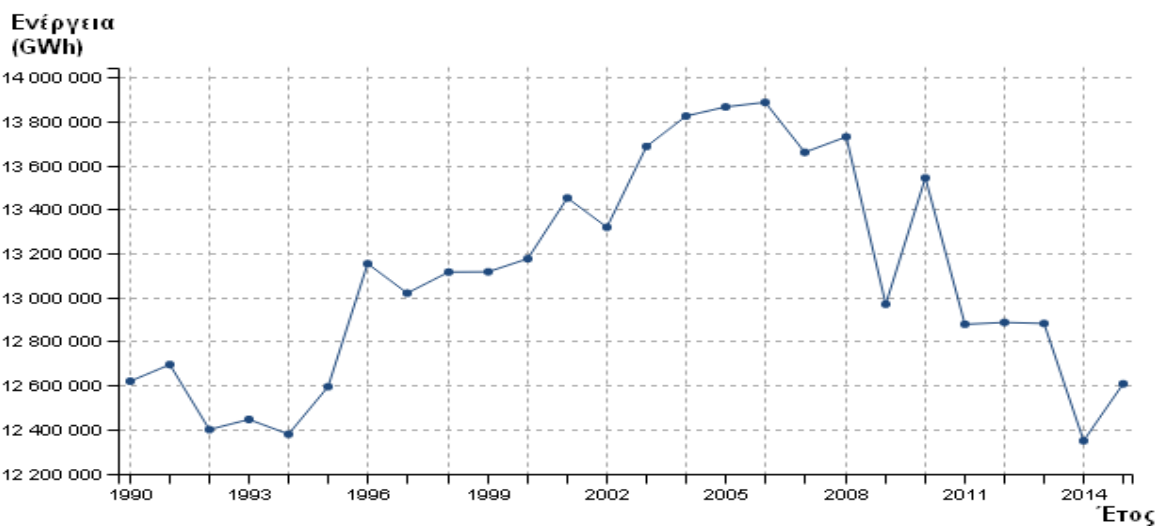
Παρ όλα αυτά, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κατά την σύνοδό του τον Οκτώβριο του 2014, στο πλαίσιο πολιτικών για το κλίμα και την ενέργεια προς το 2030 με τη Πράσινη Βίβλο, έθεσε νέους μακροπρόθεσμους στόχους για την ΕΕ. Τρεις από τους πιο σημαντικούς στόχους είναι [5]:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030, σε σχέση με το 1990.
- Η ενεργειακή κατανάλωση να προέρχεται κατά τουλάχιστον 27% από ανανεώσιμες πηγές το 2030.
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά τουλάχιστον 27% το 2030.

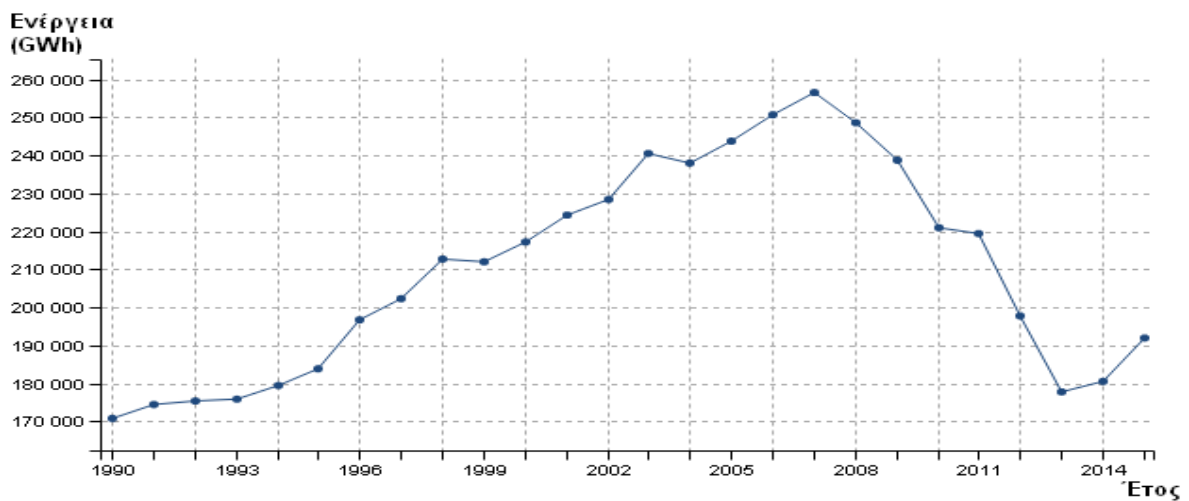
1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται στοιχεία από την Eurostat για τη τελική ενεργειακή κατανάλωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης-28 χωρών (ΕΕ) και της Ελλάδας από το 1990 έως το 2015 [7]. Ως τελική ενεργειακή κατανάλωση ορίζεται η ενέργεια που καταναλώνεται από τους τελικούς χρήστες ή αλλιώς, είναι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση μείον τις απώλειες κατά τη μετατροπή και μεταφορά της προς τους τελικούς χρήστες.

Η εξέλιξη της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης από το 1990 έως το 2015 στην ΕΕ και στην Ελλάδα φαίνεται στο διάγραμμα 1.2.1 και 1.2.2 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 1.2.1. Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕ από το 1990 έως το 2015 [πηγή: Eurostat].

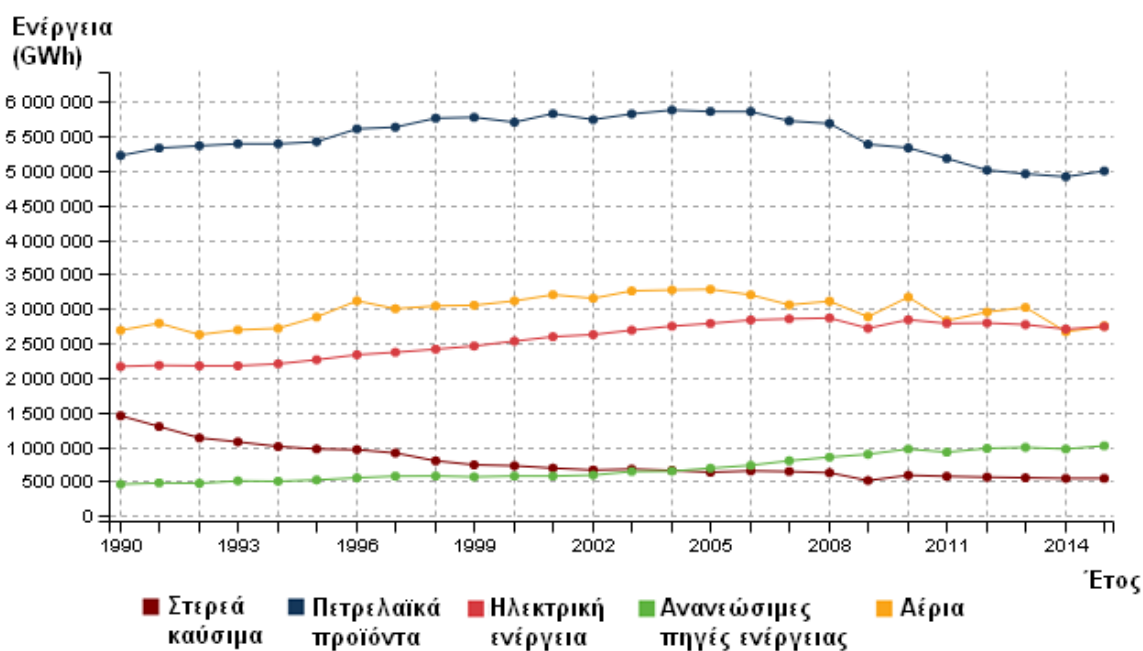


Διάγραμμα 1.2.2. Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα από το 1990 έως το 2015 [πηγή: Eurostat].

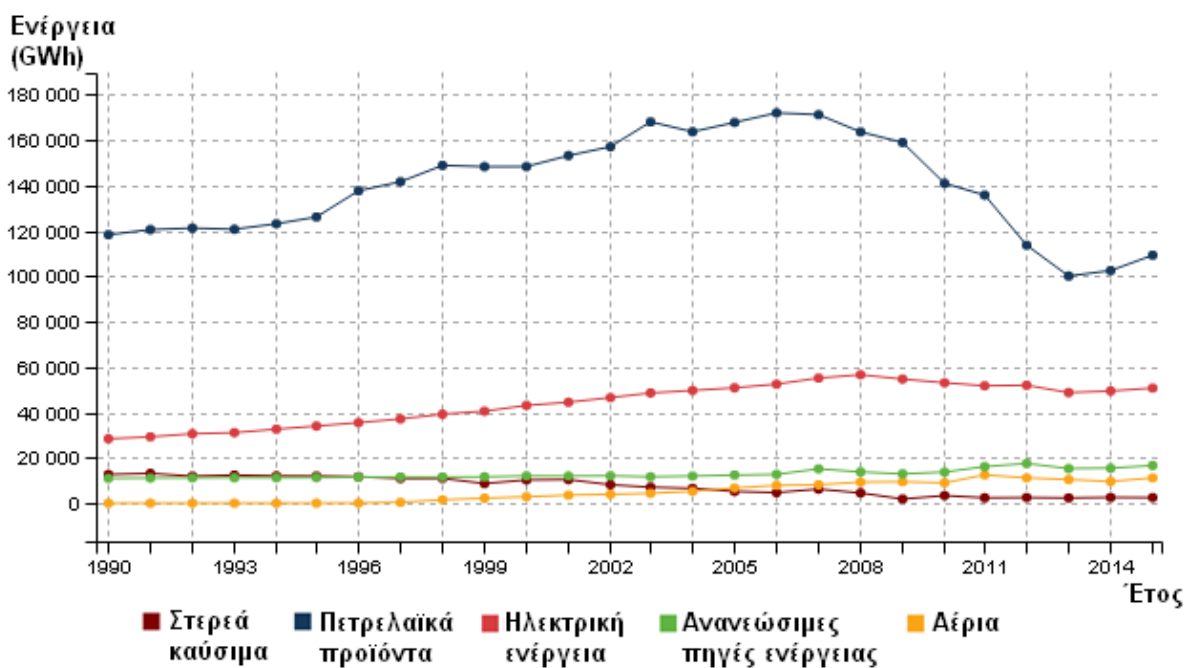
Από το 1990 έως το 2008 είχαμε μία σταθερή αύξηση της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο στην ΕΕ όσο και στην Ελλάδα, ενώ από το 2008 και μετά παρατηρείται μία απότομη πτώση. Σε αυτό ευθύνεται κυρίως η οικονομική κρίση αλλά καθώς και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η μέγιστη τιμή της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην ΕΕ παρατηρείται το 2006 με 13877 TWh και το 2007 στην Ελλάδα με 257 TWh. Η συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση έφτασε το 2014 τα επίπεδα του 90, δηλαδή περίπου στις 12500 TWh στην ΕΕ και στις 175 TWh στην Ελλάδα. Το 2015 η συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση έφτασε τις 12586 TWh και 191 TWh στην ΕΕ και στην Ελλάδα αντίστοιχα.

Στα διαγράμματα 1.2.3 και 1.2.4 που ακολουθούν γίνεται αντιληπτό το μερίδιο που έχει κάθε μορφή ενέργειας στη συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση το διάστημα 1990 μέχρι 2015 στην ΕΕ και στην Ελλάδα αντίστοιχα.



Διάγραμμα 1.2.3. Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά μορφή ενέργειας στην ΕΕ από το 1990 έως το 2015 [πηγή: Eurostat].

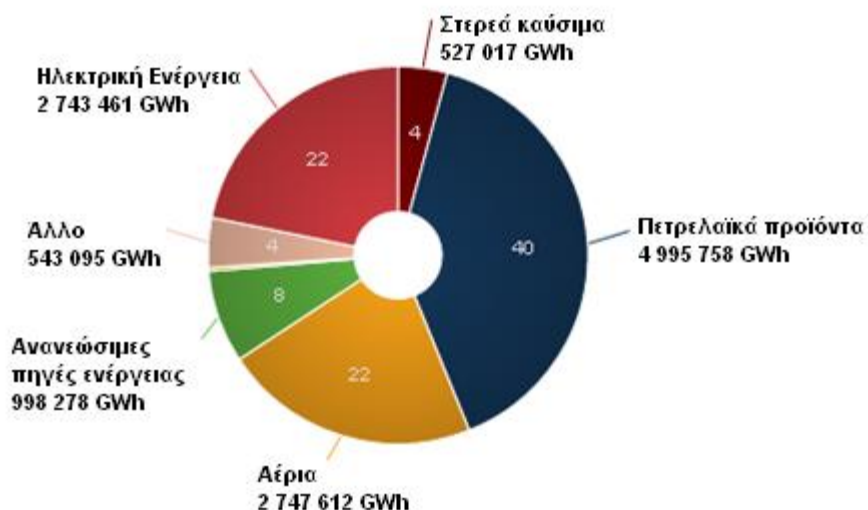


Διάγραμμα 1.2.4. Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά μορφή ενέργειας στην Ελλάδα από το 1990 έως το 2015 [πηγή: Eurostat].

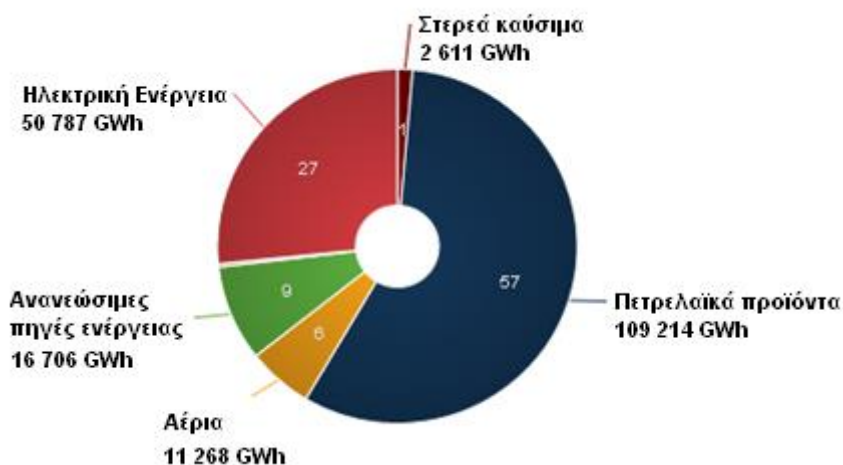
Η ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο, τα πετρελαϊκά προϊόντα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσίασαν σταθερή αύξηση από το 1990 έως το 2008 κυρίως λόγω της αύξησης του αριθμού των κτιρίων και των μεταφορών. Αντίθετα, τα στερεά καύσιμα παρουσιάζουν μείωση κατά την ίδια περίοδο. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών όπως συστημάτων θέρμανσης στα κτίρια, που ήρθαν να αντικαταστήσουν τη καύση ξύλου.

Από το 2008 και μετά, η οικονομική κρίση αλλά και τα μέτρα για εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται να επηρέασαν κυρίως τα πετρελαϊκά προϊόντα όπου παρουσίασαν μεγάλη πτώση. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου παρουσίασαν επίσης μείωση αλλά όχι τόσο αισθητή. Αντίθετα, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται να είναι η λύση στο ενεργειακό πρόβλημα από το γεγονός ότι παρουσιάζουν μία σταθερή αύξηση κάθε χρόνο ανεξαρτήτως συνθηκών. Μία τελευταία παρατήρηση είναι το γεγονός ότι η κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ελλάδα βρίσκεται πολύ πιο κάτω από τα επίπεδα της ΕΕ.

Στα διαγράμματα 1.2.5 και 1.2.6 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή και οι τιμές της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά μορφή ενέργειας για το έτος 2015 στην ΕΕ και στην Ελλάδα αντίστοιχα.

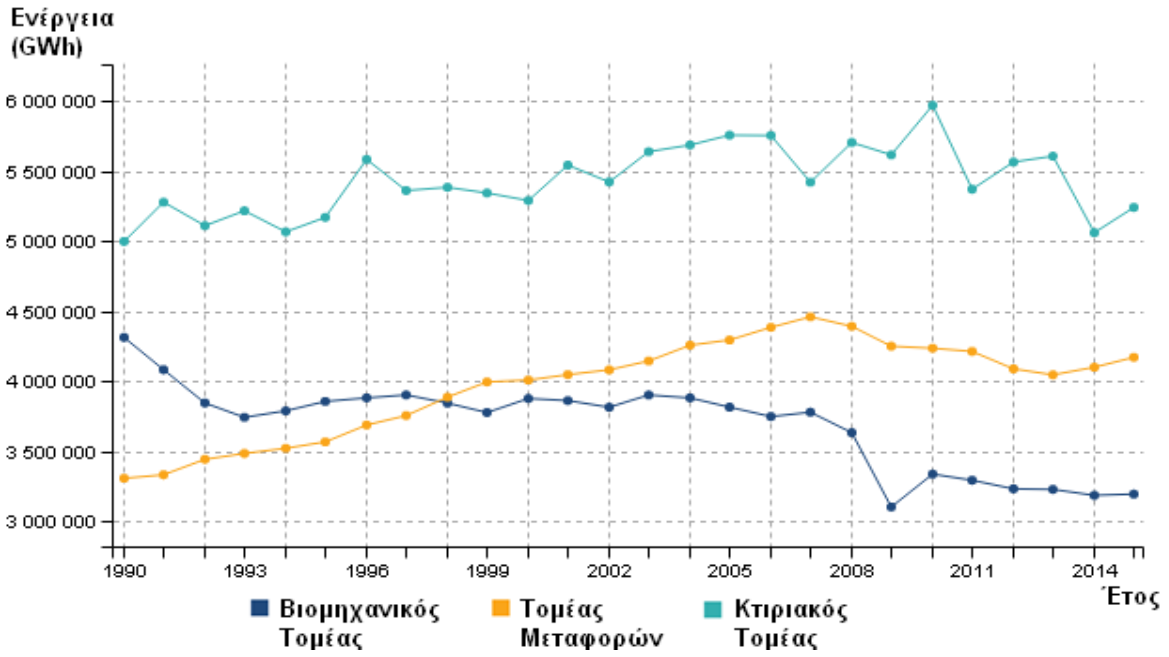


Διάγραμμα 1.2.5. Ποσοστιαία κατανομή και τιμές της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά μορφή ενέργειας στην ΕΕ το έτος 2015 [πηγή: Eurostat].

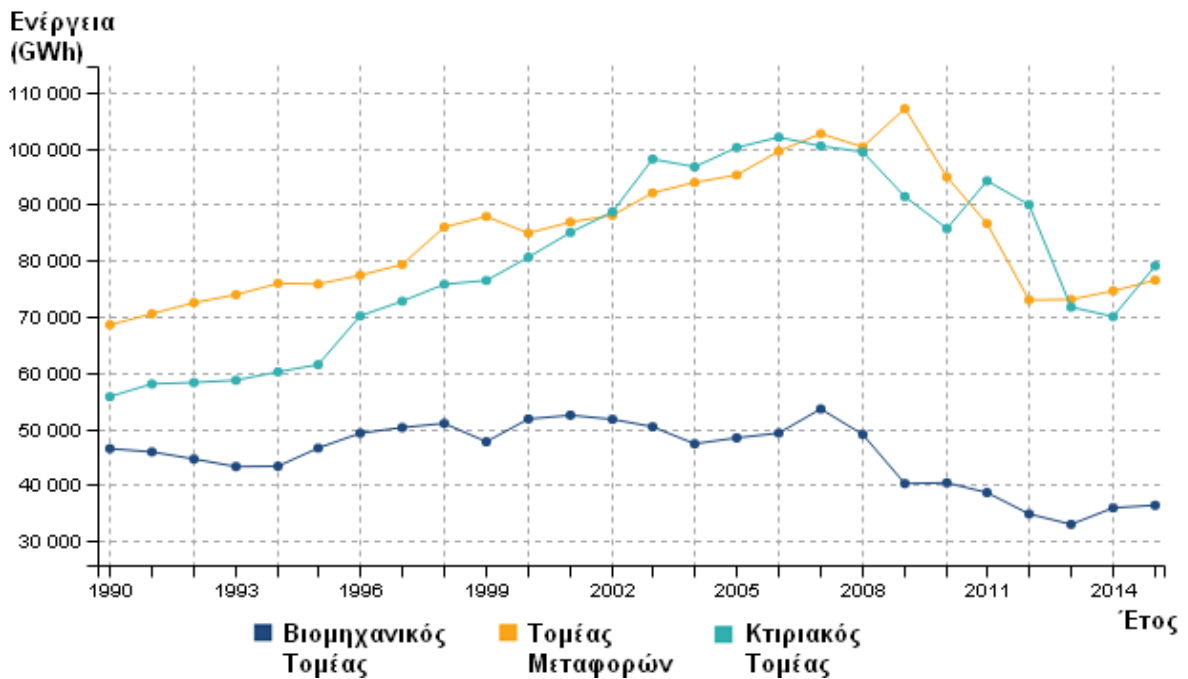


Διάγραμμα 1.2.6. Ποσοστιαία κατανομή και τιμές της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά μορφή ενέργειας στην Ελλάδα το έτος 2015 [πηγή: Eurostat].

Στα διαγράμματα 1.2.7 και 1.2.8 φαίνονται οι τομείς όπου καταναλώθηκε η εν λόγω ενέργεια από το 1990 έως το 2015 στην ΕΕ και στην Ελλάδα αντίστοιχα. Οι κύριοι τομείς είναι ο τομέας των μεταφορών, ο βιομηχανικός τομέας και ο κτιριακός τομέας.



Διάγραμμα 1.2.7. Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα χρήσης στην ΕΕ από το 1990 έως το 2015 [πηγή: Eurostat].

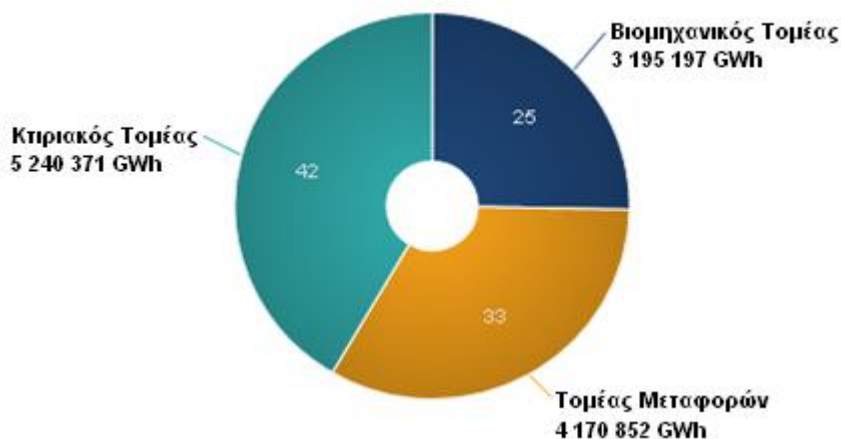


Διάγραμμα 1.2.8. Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα χρήσης στην Ελλάδα από το 1990 έως το 2015 [πηγή: Eurostat].

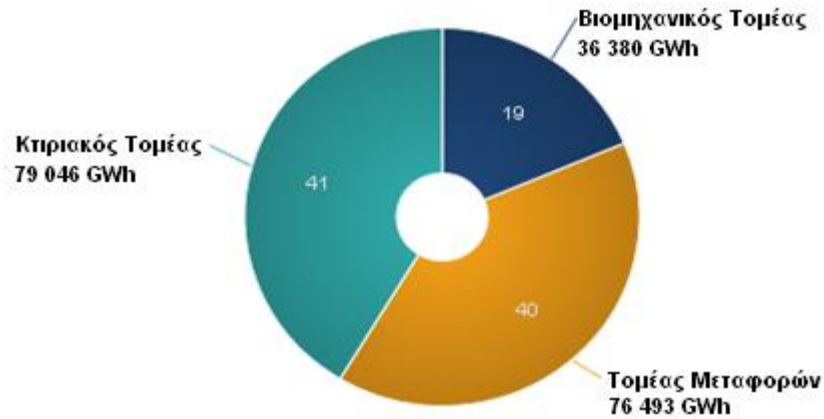
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.2.7, στην ΕΕ το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται στο κτιριακό τομέα. Οι μικρές αυξομειώσεις οφείλονται στις κοινωνικοοικονομικές και πολιτικές αλλαγές των χωρών της ΕΕ ανά τα έτη. Ακολουθούν ο τομέας των μεταφορών και ο βιομηχανικός τομέας όπου παρατηρείται ότι πριν το 1998 ο βιομηχανικός τομέας κατανάλωνε μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας από ότι ο τομέας των μεταφορών, ενώ αντίθετα αυτό δεν συμβαίνει την περίοδο μετά το 1998 έως το 2015 όπου η ενεργειακή κατανάλωση αυξάνεται συνεχώς στο τομέα των μεταφορών και μειώνεται συνεχώς στο βιομηχανικό τομέα.

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας και ο τομέας των μεταφορών ακολουθούν σχεδόν το ίδιο μοτίβο όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση. Από το διάγραμμα 1.2.8 φαίνεται ότι στην Ελλάδα ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας από ότι ο κτιριακός τομέας στα περισσότερα από τα έτη που μελετούνται. Ο βιομηχανικός τομέας ακολουθεί το ίδιο μοτίβο με αυτό της ΕΕ. Από το 1990 έως το 2008 βλέπουμε μια συνεχή αύξηση στην κατανάλωση σε όλους τους τομείς και από το 2008 και μετά μία απότομη πτώση για λόγους που έχουν ήδη αναφερθεί.

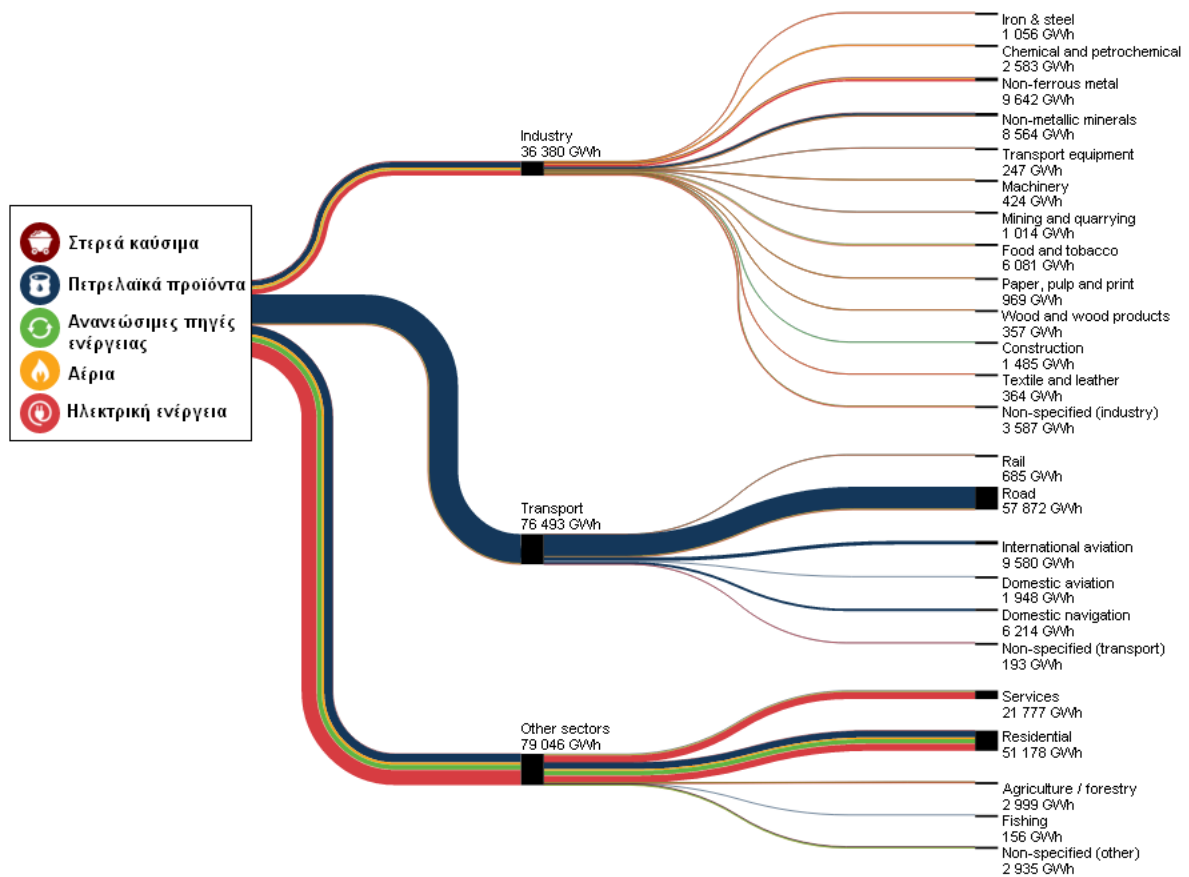
Στα διαγράμματα 1.2.9 και 1.2.10 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή και οι τιμές της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα χρήσης το έτος 2015 στην ΕΕ και στην Ελλάδα αντίστοιχα και στο διάγραμμα 1.2.11 φαίνονται αναλυτικά οι ενεργειακές καταναλώσεις για όλους τους τομείς στην Ελλάδα ανά τελική χρήση το έτος 2015.



Διάγραμμα 1.2.9. Ποσοστιαία κατανομή και τιμές της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα χρήσης στην ΕΕ το έτος 2015 [πηγή: Eurostat].



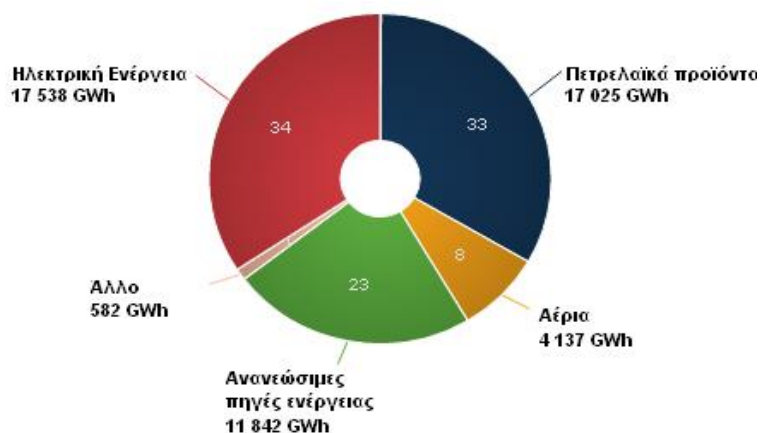
Διάγραμμα 1.2.10. Ποσοστιαία κατανομή και τιμές της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομέα χρήσης στην Ελλάδα το έτος 2015 [πηγή: Eurostat].



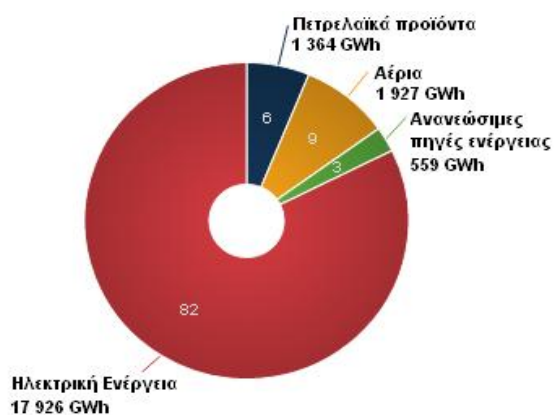
Διάγραμμα 1.2.11. Ροές ενέργειας προς τελική χρήση ενεργειακού ισοζυγίου Ελλάδας το έτος 2015 [πηγή: Eurostat].

Από το διάγραμμα 1.2.11 παρατηρείται ότι στην Ελλάδα το έτος 2015 τα κτίρια των κατοικιών καταναλώνουν το 65% (51178 GWh) της συνολικής τελικής ενέργειας του κτιριακού τομέα, τα κτίρια του τριτογενή τομέα το 28% (21777 GWh) και ακολουθούν η γεωργία και η αλιεία με 4% (3155 GWh). Στο τομέα των μεταφορών, οι χερσαίες μεταφορές είναι ο χρήστης που καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας με 76% (57872 GWh) και ακολουθούν οι τομείς των αερομεταφορών και της ναυτιλίας. Ο τομέας των μεταφορών απορροφάει τα περισσότερα πετρελαϊκά προϊόντα με ποσοστό 68% (74283 GWh) επί του συνόλου και ο κτιριακός τομέας απορροφάει την περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 74% (37731 GWh).

Συγκεκριμένα στον κτιριακό τομέα, για τα κτίρια των κατοικιών και τα κτίρια του τριτογενή τομέα, το ποσοστό και οι τιμές της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, πετρελαϊκών προϊόντων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αερίων φαίνονται στα διαγράμματα 1.2.12 και 1.2.13 που ακολουθούν.



Διάγραμμα 1.2.12. Ποσοστιαία κατανομή και τιμές της ενεργειακής κατανάλωσης ανά μορφή ενέργειας στα κτίρια των κατοικιών στην Ελλάδα το 2015 [πηγή: Eurostat].

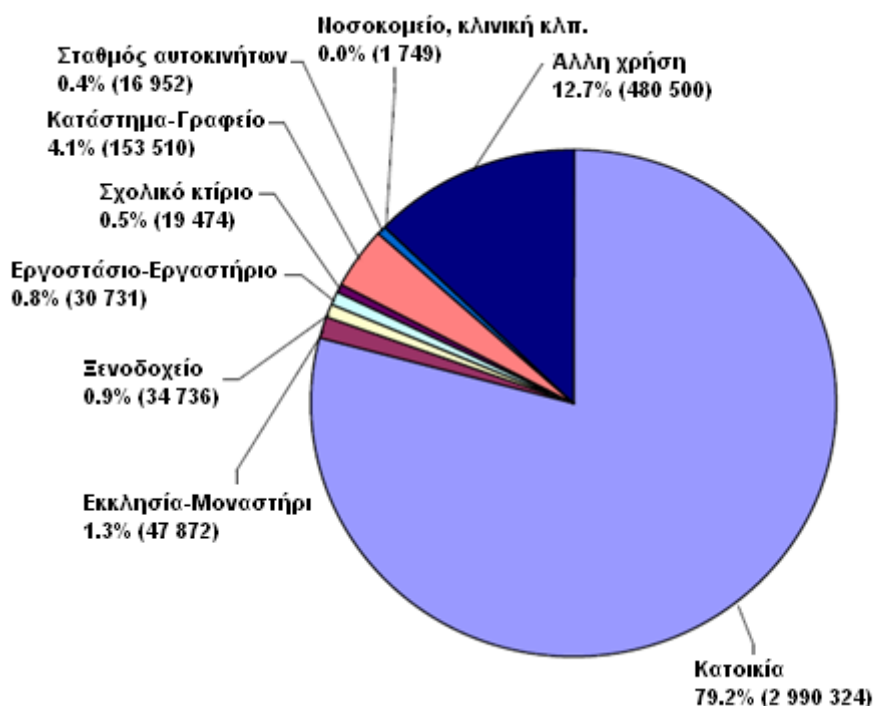


Διάγραμμα 1.2.13. Ποσοστιαία κατανομή και τιμές της ενεργειακής κατανάλωσης ανά μορφή ενέργειας στα κτίρια του τριτογενή τομέα στην Ελλάδα το 2015 [πηγή: Eurostat].

1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

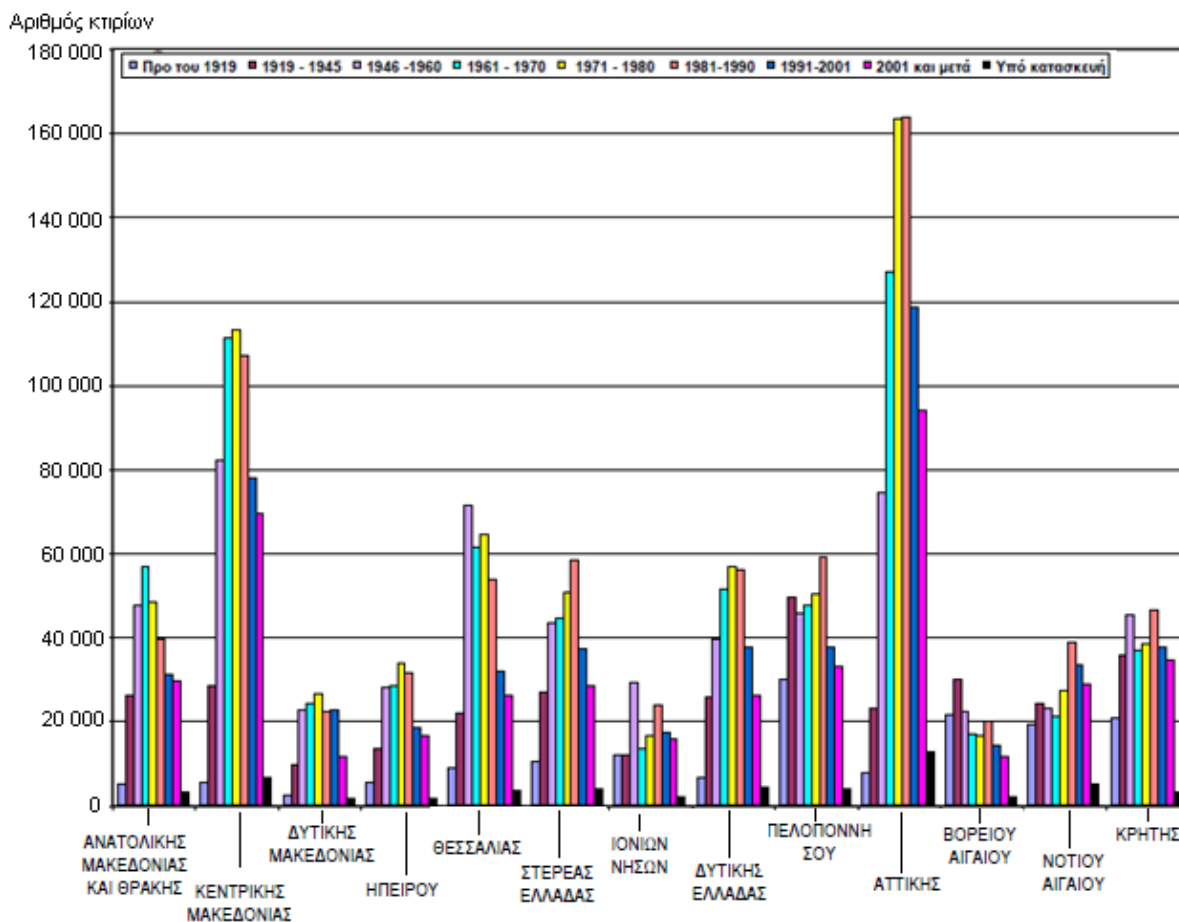
1.3.1 ΑΠΟΘΕΜΑ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), στο πλαίσιο των εθνικών, ευρωπαϊκών και διεθνών υποχρεώσεών της, διενήργησε κατά το 2011 τις Γενικές Απογραφές Κτιρίων και Πληθυσμού-Κατοικιών [8]. Η Απογραφή Κτιρίων διενεργήθηκε κατά το χρονικό διάστημα από 1 έως 28 Φεβρουαρίου 2011 και η Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών από 10 έως 24 Μαΐου 2011. Από τις απογραφές προκύπτει ότι ο αριθμός των κτιρίων στην Ελλάδα ανήλθε περίπου στα 4 εκατομμύρια ενώ ο πληθυσμός στα 11 εκατομμύρια. Το μεγαλύτερο ποσοστό (79.2 %) κατέχουν τα κτίρια των κατοικιών. Από το σύνολο των κτιρίων, το 51.5% είναι ισόγεια ενώ το 33.3% έχουν έναν όροφο. Στο διάγραμμα 1.3.1 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή και ο αριθμός των κτιρίων αποκλειστικής χρήσης ανά είδος χρήσης.



Διάγραμμα 1.3.1. Ποσοστιαία κατανομή και αριθμός κτιρίων αποκλειστικής χρήσης ανά είδος χρήσης [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, απογραφή κτιρίων 2011].

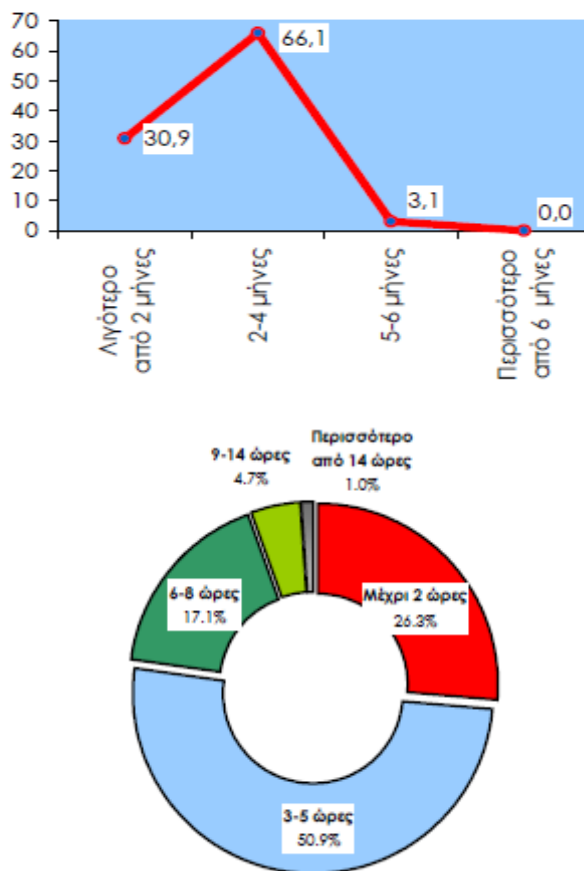
Το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων (17.2%) κατασκευάστηκε την περίοδο 1971 με 1980. Ακολουθούν οι περίοδοι 1961 με 1970 και 1946 με 1960 όπου κατασκευάστηκε το 15.6% των κτιρίων και το 14% αντίστοιχα. Το βασικά υλικά κατασκευής των κτιρίων είναι κυρίως τα τούβλα και οι τσιμεντόλιθοι (21.5%), η πέτρα (17.6%) και το μπετόν (57.7%). Το 40.4% των κτιρίων διαθέτει ταράτσα (δάμα) ενώ το 50.3% κεραμίδια. Στο διάγραμμα 1.3.2 φαίνεται η χρονική περίοδος κατασκευής των κτιρίων ανά περιφέρεια.



Διάγραμμα 1.3.2. Χρονική περίοδος κατασκευής των κτιρίων ανά περιφέρεια [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, απογραφή κτιρίων 2011].

Όσον αφορά τις κατοικίες, το 54.4% διαθέτει κάποιο είδος μόνωσης (διπλά τζάμια, μόνωση εξωτερικών τοίχων, κτλ.) ενώ το 45.6% δεν έχει μόνωση. Το 98.9% διαθέτει σύστημα θέρμανσης (κυρίως καλοριφέρ) ενώ το 59.5% διαθέτει σύστημα ψύξης (κυρίως split air-conditioner).

Στο διάγραμμα 1.3.3 φαίνεται η χρήση των συστημάτων ψύξης (split air-conditioner) σε μήνες και η μέση ημερήσια χρήση τους.



Διάγραμμα 1.3.3. Χρήση των συστημάτων ψύξης (split air-conditioner) σε μήνες (πάνω) και η μέση ημερήσια χρήση τους (κάτω) [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά 2011-2012].

Το 92.9% των κατοικιών χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τον ηλεκτρισμό για το μαγείρεμα, το 49.5% το πετρέλαιο για τη θέρμανση και το 49.5% τον ηλεκτρισμό για ζεστό νερό. Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά νοικοκυριό την περίοδο 2011-2012 ανήλθε περίπου στις 4 kWh και 10 kWh αντίστοιχα σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ.

1.3.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Για την εξοικονόμηση ενέργειας και τον περιορισμό των ρύπων στον κτιριακό τομέα, εκδόθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση η κοινοτική οδηγία 91/2002 «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων» η οποία αναθεωρήθηκε με την οδηγία 31/2010 [9].

Η κοινοτική οδηγία 91/2002 μεταξύ άλλων προέβλεπε:

- Έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) για τα κτίρια.
- Καθορισμό ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων για τα νέα κτίρια.
- Τακτική επιθεώρηση συστημάτων θέρμανσης-ψύξης

Το πρώτο βήμα για την εναρμόνιση της Ελλάδας με τη κοινοτική οδηγία 91/2002 έγινε με τον νόμο 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις». Ο νόμος 3661/2008, για τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m² που ανακαινίζονται, μεταξύ άλλων προέβλεπε:

- Έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης.
- Σύνταξη ενεργειακής μελέτης.
- Έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ).
- Τακτική επιθεώρηση συστημάτων θέρμανσης-ψύξης.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. εκδόθηκε το 2010 με την κοινή απόφαση των υπουργείων Οικονομικών-Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Β' 407) και τα βασικά σημεία του είναι:

- Ορισμός μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων.
- Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη μέσω της μεθοδολογίας του κτιρίου αναφοράς.
- Καθορισμός ελάχιστων προδιαγραφών για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις των υπό μελέτη νέων κτιρίων.
- Ορισμός του περιεχομένου της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- Καθορισμός μορφής των ΠΕΑ.
- Καθορισμός διαδικασίας ενεργειακής επιθεώρησης.

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) κατάρτισε τεχνικές οδηγίες οι οποίες εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στα Ελληνικά κλιματικά και κτιριακά δεδομένα. Οι οδηγίες αυτές εγκρίθηκαν το 2010 και είναι [10]:

- ΤΟΤΕΕ 20701–1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- ΤΟΤΕΕ 20701–2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».

- TOTEE 20701–3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».
- TOTEE 20701–4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

1.3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

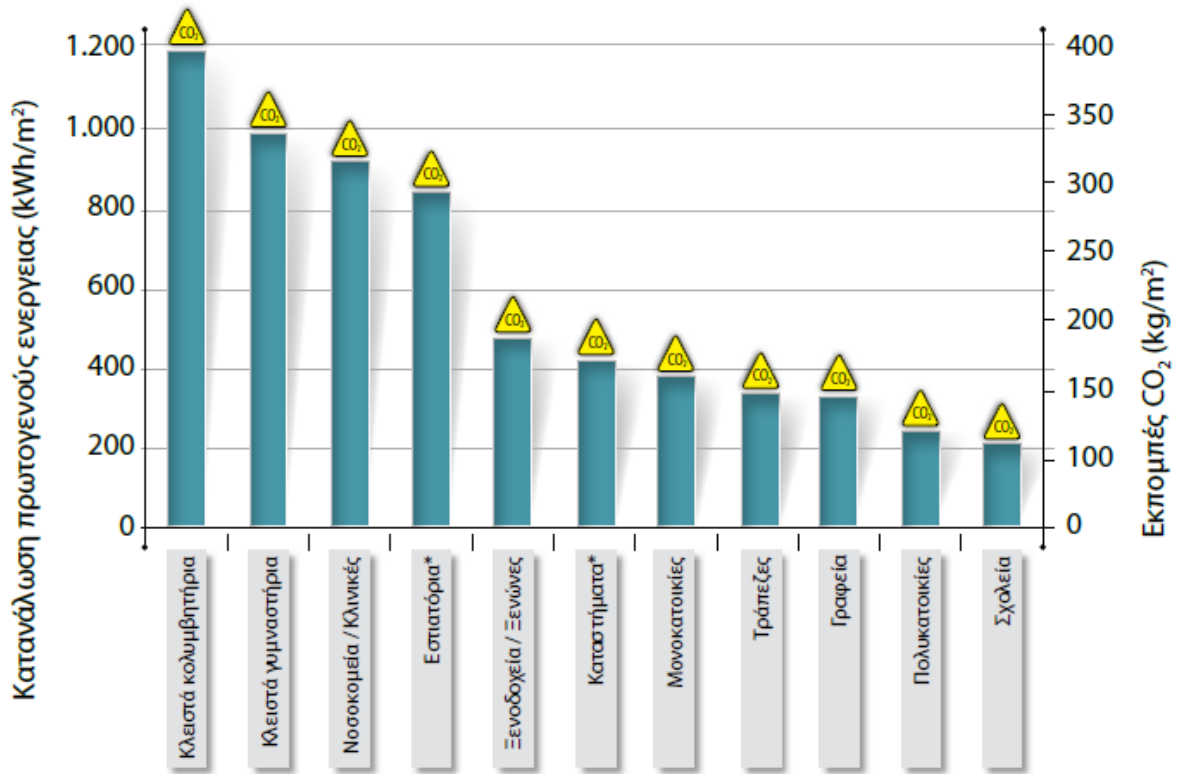
Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ) παρουσιάζει αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα ετησίως και ανά τρίμηνο κάθε έτους για τα κτίρια όλης της Ελλάδας, κατόπιν επεξεργασίας των ηλεκτρονικών αρχείων δεδομένων των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που έχουν καταχωρηθεί στο ηλεκτρονικό αρχείο επιθεωρήσεως κτιρίων από τους ενεργειακούς επιθεωρητές κτιρίων [11].

Συνολικά από το 2011 έως το 2015 έχουν εκδοθεί 663625 ΠΕΑ. Η ενεργειακή κατηγορία των κτιρίων (A+,A,B+,B,Γ,Δ,E,Z,H) φαίνεται στο πίνακα 1.3.1.

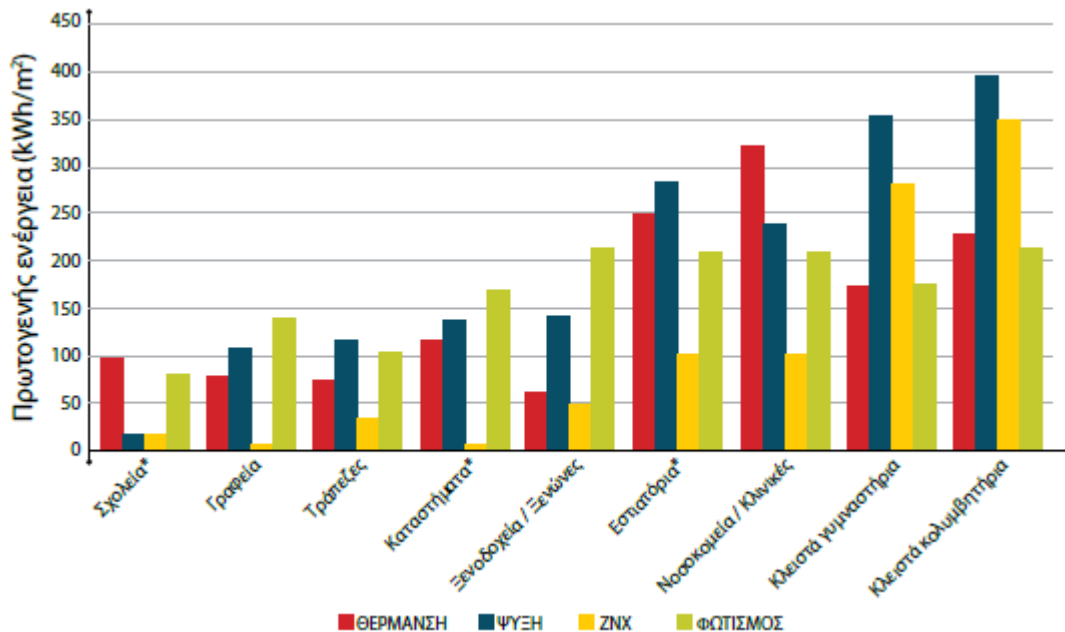
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ									ΣΥΝΟΛΟ
	A+	A	B+	B	Γ	Δ	E	Z	H	
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη		7	65	593	4174	7608	4939	3284	9522	30192
Αττική	11	129	949	8479	46985	52075	38987	47363	74266	269244
Βόρειο Αιγαίο		1	25	150	1235	2255	2274	1847	5039	12826
Δυτική Ελλάδα		18	99	682	3903	6855	6602	5278	9806	33243
Δυτική Μακεδονία	2	2	36	294	1971	3193	2565	2066	5511	15640
Ήπειρος	1	13	107	536	2966	4955	4213	3096	7603	23490
Θεσσαλία	2	17	98	1090	6431	9441	8361	6543	16899	48882
Ιόνια Νησιά		23	41	225	1945	2717	2447	1709	3769	12876
Κεντρική Μακεδονία	4	16	465	3345	21576	29947	21179	13909	27349	117790
Κρήτη	3	5	116	942	3746	5580	4829	4142	6435	25798
Νότιο Αιγαίο	7	17	120	869	4107	4510	3593	2568	4046	19837
Πελοπόννησος		6	107	735	4156	6546	4966	4027	8758	29301
Στερεά Ελλάδα	2	1	49	426	2795	5090	4102	3454	8587	24506
ΣΥΝΟΛΟ	32	255	2277	18366	105990	140772	109057	99286	187529	663625

Πίνακας 1.3.1. Ενεργειακή κατηγορία κτιρίων [πηγή: ΥΠΕΚΑ].

Από τα διαθέσιμα ΠΕΑ προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα όπου φαίνεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO₂ για διάφορες κατηγορίες κτιρίων στην Ελλάδα (διάγραμμα 1.3.4) καθώς και η μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για διάφορες κατηγορίες κτιρίων του τριτογενή τομέα (διάγραμμα 1.3.5) [12].



Διάγραμμα 1.3.4. Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO₂ για διάφορες κατηγορίες κτιρίων [πηγή: Greenpeace].



Διάγραμμα 1.3.5. Μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για διάφορες κατηγορίες κτιρίων του τριτογενή τομέα [πηγή: Greenpeace].

2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Είναι γεγονός ότι υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε όλους τους τομείς. Ο κτιριακός τομέας είναι ένας σημαντικός καταναλωτής ενέργειας σε κάθε χώρα και ως εκ τούτου είναι το επίκεντρο για τις προσπάθειες μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης. Δεδομένου ότι τα χαρακτηριστικά της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα είναι πολύπλοκα και αλληλένδετα, χρειάζονται περιεκτικά μοντέλα για την αξιολόγηση των τεχνοοικονομικών επιπτώσεων υιοθέτησης νέων τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατάλληλων για κτιριακές εφαρμογές. Συνεπώς, μία από τις λύσεις ήταν η ανάπτυξη διάφορων μεθοδολογιών για την μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης [13].

2.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Πολλές διαφορετικές μεθοδολογίες έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς για την μοντελοποίηση και την πρόβλεψη της ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα. Διακρίνονται δύο διαφορετικές τεχνικές προσέγγισης:

- Top-down (“από πάνω προς τα κάτω”)
- Bottom-up (“από κάτω προς τα πάνω”)

Η τεχνική προσέγγισης Top-down αντιμετωπίζει τον κτιριακό τομέα ως μια ενιαία πηγή ενέργειας και δεν αφορά μεμονωμένες τελικές χρήσεις. Υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων μέσω μακροοικονομικών δεικτών ή τιμών ενέργειας ή τιμών εισοδήματος, χρησιμοποιώντας ιστορικά ενεργειακά δεδομένα που είναι εύκολα προσβάσιμα. Η τεχνική προσέγγισης Bottom-up υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση μιας μεμονωμένης τελικής χρήσης ή ενός αντιπροσωπευτικού συνόλου και την προεκτείνει για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης μιας ολόκληρης περιοχής ή και χώρας. Κάθε τεχνική προσέγγισης βασίζεται σε διαφορετικές μεθοδολογίες με διαφορετικές πληροφορίες, διαφορετικές τεχνικές υπολογισμού ή προσομοίωσης και παρέχει αποτελέσματα με διαφορετική εφαρμογή [13].

Μερικές από τις βασικές μεθοδολογίες μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτιριακό τομέα καθώς και οι αντίστοιχες τεχνικές υπολογισμού ή προσομοίωσης που χρησιμοποιούν φαίνονται στον πίνακα 2.1.1.

Methodology	Method
Statistical analyses	ARX model Conditional demand analysis – CDA Energy-signature EModel Finnish load model USELOAD
Energy simulation programs	DOE-2 Engineering method – EM ESP-r EnergyPlus FRES
Intelligent computer systems	Feedback Artificial Neural Networks - ANN Feed Forward Neural Networks Neural Networks – NN Probabilistic Neural Network - PNN

Πίνακας 2.1.1. Μεθοδολογίες μοντελοποίησης ενεργειακής κατανάλωσης στο κτιριακό τομέα και οι αντίστοιχες τεχνικές υπολογισμού ή προσομοίωσης που χρησιμοποιούν [14].

Η στατιστική ανάλυση (statistical analyses) βασίζεται σε ήδη υπάρχοντα καταγεγραμμένα δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης. Η μοντελοποίηση και η πρόβλεψη της ενεργειακής κατανάλωσης γίνεται μέσω μεθόδων αναδρομής ή κατανομών πιθανοτήτων. Μερικές από τις τεχνικές που χρησιμοποιεί είναι οι: Energy-signature (Aronsson,1996), EModel (Kissock 1993) και CDA (Aydinalp, 2003).

Τα προγράμματα προσομοίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων (Energy simulation programs) απαιτούν μεγάλο αριθμό δεδομένων εισόδου όπως καιρικές συνθήκες, αναλυτικά χαρακτηριστικά του κτιρίου και άλλα, αλλά επίσης εξάγουν εξίσου μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων όπως ενεργειακές καταναλώσεις (ηλεκτρικών συσκευών, φωτισμού, ψύξης, θέρμανσης), απώλειες αερισμού και τιμές θερμοκρασίας εκφρασμένα είτε σε ετήσια βάση είτε ακόμα και σε ωριαία βάση. Μερικά προγράμματα προσομοίωσης ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων είναι το DOE-2 (U.S. Department of Energy, 2007), το ESP-r (Clark,2001) και το EnergyPlus (U.S. Department of Energy, 2003).

Τα έξυπνα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών (Intelligent computer systems) (ή τεχνητή νοημοσύνη) αποτελούνται από εξειδικευμένα συστήματα και τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Λαμβάνουν αποφάσεις με βάση την ερμηνεία των δεδομένων και την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών, όπως επίσης μπορούν και “εκπαιδεύονται” από το σύνολο των δεδομένων που δέχονται και στη συνέχεια να δίνουν νέες προβλέψεις. Μερικά από αυτά είναι το Neural Network (Aydinalp, 2003), το Feedback Artificial Neural Network (Gonzalez and Zamarreno, 2005) και το Feed Forward Neural Network (Karatasou, 2006).

2.2 ΣΤΑΔΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ

Μέσω της μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης μπορεί να γίνει η διαχείριση των φορτίων ενός κτιρίου ή ακόμα και μιας μικρής περιοχής με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αποφόρτιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, κατανοώντας τη λειτουργία ενός μικρού συστήματος, μπορούμε έπειτα να επεκταθούμε σε ένα μεγαλύτερο σύστημα όπως για παράδειγμα ένα δήμο ή μια χώρα.

Στη παρούσα διπλωματική γίνεται η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου, δηλαδή της κατανάλωσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, ψύξη και θέρμανση των κτιρίων που την απαρτίζουν. Η μοντελοποίηση ακολουθεί την τεχνική προσέγγισης Bottom-up και η μεθοδολογία που χρησιμοποιεί βασίζεται στο πρόγραμμα προσομοίωσης EnergyPlus (version 8.0.0) [15], το οποίο αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (U.S. DOE).

Η νήσος Κύθνος επιλέχθηκε κυρίως για δύο λόγους. Πρώτον γιατί είναι μη διασυνδεδεμένο νησί και ηλεκτροδοτείται αυτόνομα και επομένως ήταν διαθέσιμα τα πραγματικά στοιχεία της ενεργειακής κατανάλωσής της ώστε να γίνει η σύγκριση τους με τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης και δεύτερον γιατί βρίσκεται πολύ κοντά στην Αθήνα της οποίας οι κλιματολογικές συνθήκες για όλες τις ώρες του έτους ήταν διαθέσιμες για το πρόγραμμα προσομοίωσης.

Στις επόμενες ενότητες, η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου ακολουθεί τρία βασικά στάδια τα οποία φαίνονται στο διάγραμμα 2.2.1 και εξηγούνται στη συνέχεια.

Στάδιο 1

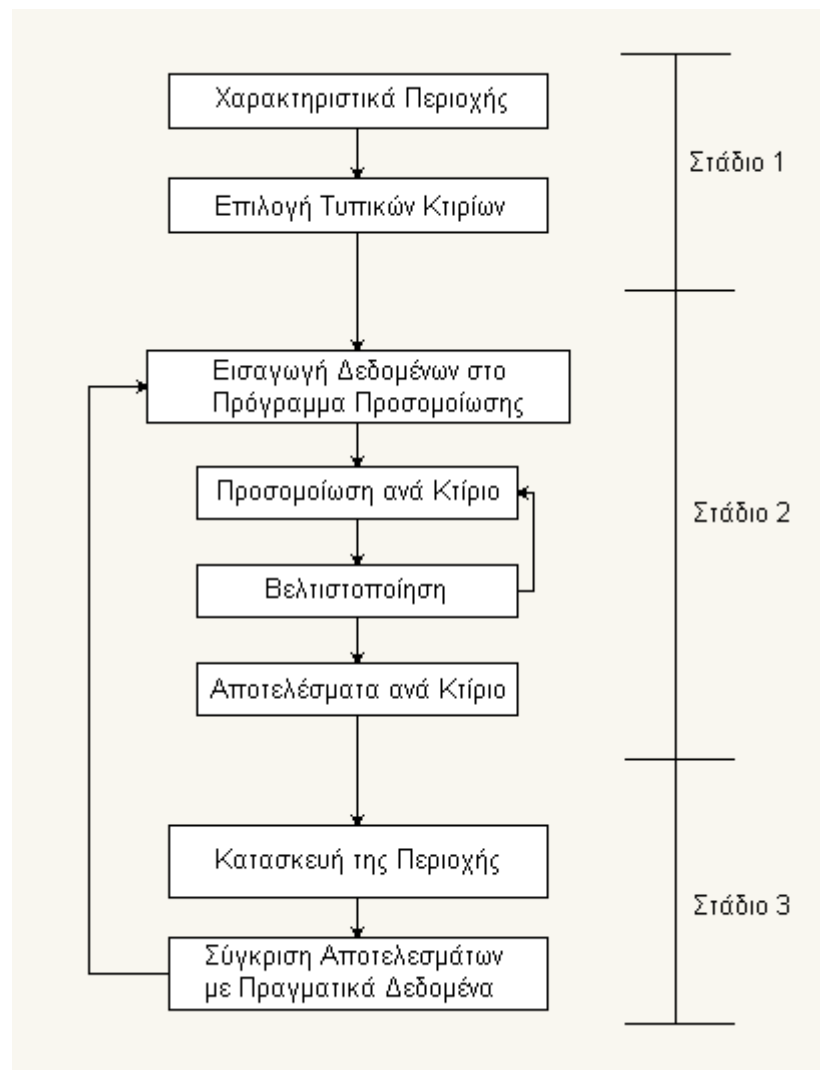
Αρχικά γίνεται η αναζήτηση για διάφορα χαρακτηριστικά της περιοχής όπως για παράδειγμα κλιματολογικές συνθήκες, πληθυσμός, επιφάνεια και απόθεμα κτιρίων. Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή των τυπικών κτιρίων, δηλαδή των κτιρίων που θα αντιπροσωπεύουν το σύνολο των κτιρίων της περιοχής.

Στάδιο 2

Αφού έχει γίνει η επιλογή των τυπικών κτιρίων, γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων κάθε κτιρίου ξεχωριστά στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Στη συνέχεια γίνεται η προσομοίωση και βελτιστοποίηση του κάθε κτιρίου και έπειτα εξάγονται τα αποτελέσματα όπου είναι διαθέσιμα για επεξεργασία.

Στάδιο 3

Στο τελευταίο στάδιο, αφού είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα για κάθε κτίριο, γίνεται η επέκτασή τους στο σύνολο των κτιρίων της περιοχής. Επίσης, γίνεται η εισαγωγή πρόσθετων στοιχείων, όπως για παράδειγμα το δημόσιο φωτισμό και τη συχνότητα λειτουργίας των κτιρίων, έτσι ώστε τελικά να προκύψει η μοντελοποιημένη περιοχή. Αφού έχει γίνει η κατασκευή της περιοχής, γίνεται μία σύγκριση με πραγματικά δεδομένα και ανάλογα, είτε γίνεται η τροποποίηση και η εισαγωγή εκ νέου των δεδομένων για κάθε κτίριο, είτε η μοντελοποίηση έχει ολοκληρωθεί και επομένως ο ενδιαφερόμενος είναι σε θέση να πάρει διάφορες αποφάσεις.



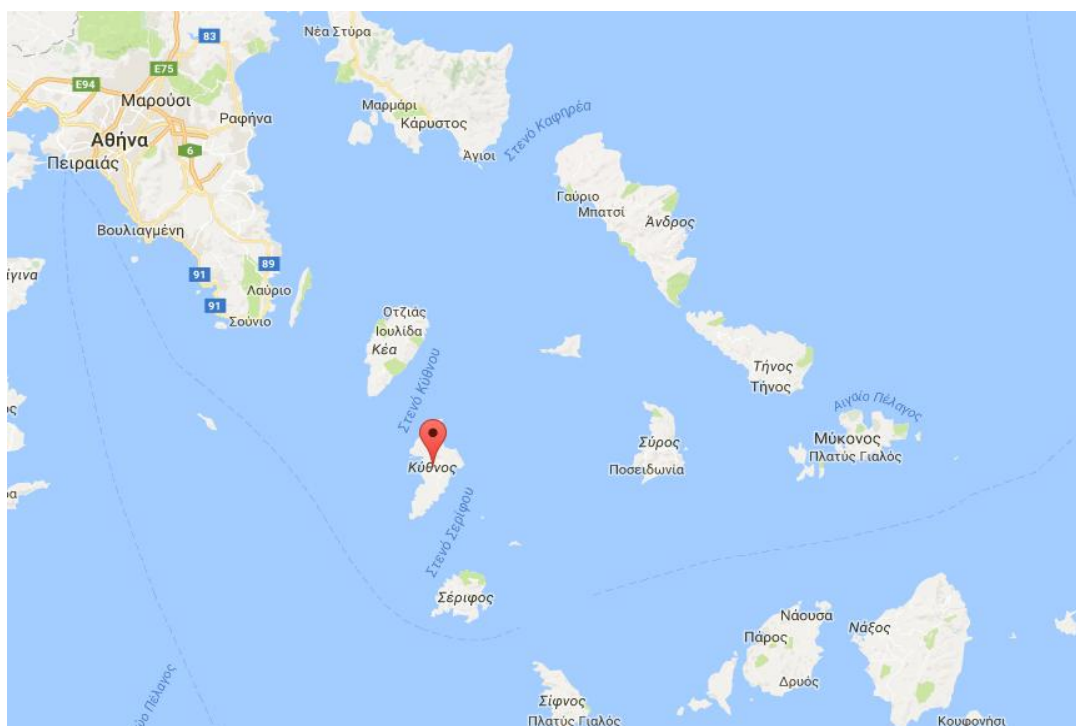
Διάγραμμα 2.2.1. Στάδια μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης μιας περιοχής.

3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Το πρώτο βήμα για την μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου είναι η αναζήτηση στοιχείων και χαρακτηριστικών της περιοχής όπως έκταση, πληθυσμός, αριθμός και τύπος κτιρίων, κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, δημόσιος φωτισμός οδών, κτλ. Τα χαρακτηριστικά αυτά θα συμβάλουν στην επιλογή των τυπικών κτιρίων που θα αντιπροσωπεύουν το σύνολο των κτιρίων της νήσου Κύθνου, με σκοπό την προσομοίωσή τους στο EnergyPlus, καθώς επίσης και στη σύγκριση των τελικών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης με πραγματικά δεδομένα.

3.1 ΈΚΤΑΣΗ, ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΑ

Η νήσος Κύθνος ανήκει στην περιφέρεια Νότιου Αιγαίου και στο νομό Κυκλάδων και έχει έκταση περίπου 100 km². Απέχει 104 km από το λιμάνι του Πειραιά και βρίσκεται ανάμεσα στις νήσους Κέα και Σέριφο (εικόνα 3.1.1).



Εικόνα 3.1.1. Κύθνος [πηγή: Google maps].

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 της ΕΛΣΤΑΤ, η νήσος Κύθνος έχει 1456 μόνιμους κάτοικους και ο αριθμός των κτιρίων ανέρχεται στα 3077. Στον πίνακα 3.1.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για τον πληθυσμό και τα κτίρια της νήσου Κύθνου που παρέχει η ΕΛΣΤΑΤ.

ΔΗΜΟΣ ΚΥΘΝΟΥ

ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:1.456

DE FACTO ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:1.436

ΝΟΜΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:2.712

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ:2.709

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ:3.077

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΟΝΙΜΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

ΦΥΛΟ

Άρρενες:771

Θήλειες:685

ΟΜΑΔΕΣ ΗΛΙΚΙΩΝ

0-9 ετών:119

10-19 ετών:99

20-29 ετών:143

30-39 ετών:204

40-49 ετών:197

50-59 ετών:212

60-69 ετών:212

70+ ετών:270

Μέση ηλικία:46,5

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Άγαμοι:457

Έγγαμοι, με σύμφωνο συμβίωσης και σε διάσταση:843

Χήροι και χήροι από σύμφωνο συμβίωσης:122

Διαζευγμένοι και διαζευγμένοι από σύμφωνο συμβίωσης:34

ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ - ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ

Αριθμός νοικοκυριών:632

Μέσο μέγεθος νοικοκυριού:2,24

Αριθμός πυρηνικών οικογενειών:423

ΥΠΗΚΟΟΤΗΤΑ

Ελληνική:1.324

Άλλη:132

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ (Άτομα γεννηθέντα το 2004 και πριν)

Πρωτοβάθμια:563

Δευτεροβάθμια - Μεταδευτεροβάθμια:531

Τριτοβάθμια:133

Λοιπά:151

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΧΟΛΙΑΣ

Απασχολούμενοι:551

Ζητούσαν Εργασία:48

Μαθητές/Σπουδαστές:149

Συνταξιούχοι:404

Οικιακά:211

Λοιπά:93

ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΜΕΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΟΜΕΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Πρωτογενής:131

Δευτερογενής:144

Τριτογενής:276

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Προ του 1960:1.126

1961-1985:897

1986-2000:542

2001 και μετά (περιλαμβάνονται και τα υπό κατασκευή):512

ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ:2.953

ΚΤΙΡΙΑ ΜΙΚΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ:124

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Κατοικία: 2.356

Εκκλησία-μοναστήρι:113

Ξενοδοχείο:57

Εργοστάσιο-εργαστήριο:9

Σχολικό κτίριο:5

Κατάστημα-γραφείο:103

Εστιατόριο- Καφενείο:76

Σταθμός αυτοκινήτων (πάρκινγκ):0

Νοσοκομείο-κλινική κλπ:2

Άλλη χρήση:232

Πίνακας 3.1.1. Αναλυτικά στοιχεία πληθυσμού και κτιρίων της νήσου Κύθνου [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, απογραφή 2011].

3.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Παραγωγή και Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

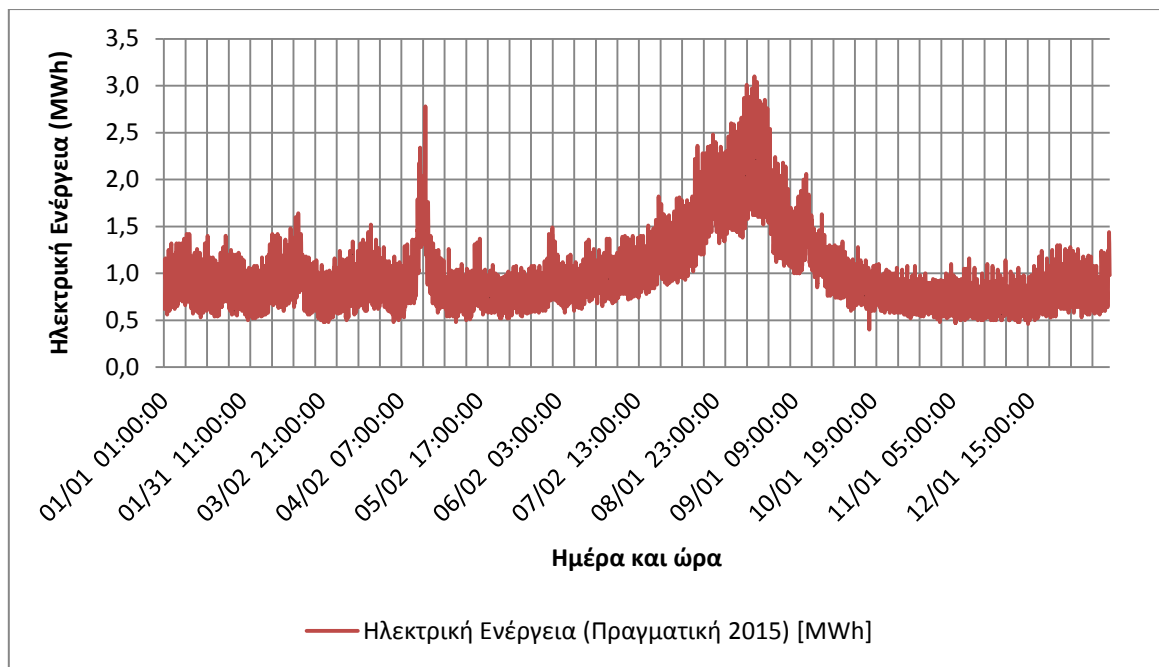
Η νήσος Κύθνος ηλεκτροδοτείται από αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα. Δεν έχει διασυνδεθεί μέχρι σήμερα με το χερσαίο ηλεκτρικό σύστημα, όπως και τα περισσότερα νησιά στην Ελλάδα, λόγω κυρίως τεχνικοοικονομικών και τεχνολογικών δυσκολιών [16]. Τα αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα της νήσου Κύθνου αποτελούνται από αιολικά πάρκα (ανεμογεννήτριες) ισχύος 670 kW, φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος 240 kW και θερμικούς σταθμούς (με καύση πετρελαίου) ισχύος 4900 kW. Βέβαια, όπως φαίνεται από τα τελευταία στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ [17], τα αιολικά πάρκα είναι εκτός λειτουργίας και έτσι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μόνο από τους φωτοβολταϊκούς και θερμικούς σταθμούς. Στο πίνακα 3.2.1 φαίνεται η μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αυτούς τους σταθμούς καθώς και η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τους τελικούς χρήστες (κτιριακός τομέας, βιομηχανικός τομέας και τομέας μεταφορών) για το έτος 2015.

Μήνας	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς (MWh)	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς (MWh)	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)
Ιανουάριος	634.27	20.99	643.46
Φεβρουάριος	576.28	18.97	587.99
Μάρτιος	584.07	30.00	596.40
Απρίλιος	631.56	35.36	642.66
Μάιος	552.22	42.72	561.82
Ιούνιος	627.27	46.56	635.60
Ιούλιος	950.77	40.84	962.69
Αύγουστος	1399.24	39.40	1351.24
Σεπτέμβριος	724.45	46.40	736.47
Οκτώβριος	515.80	28.84	525.54
Νοέμβριος	479.43	31.68	487.22
Δεκέμβριος	588.71	21.64	599.20

Πίνακας 3.2.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς και κατανάλωση από τους τελικούς χρήστες, για τη νήσο Κύθνο το έτος 2015 [πηγή: ΔΕΔΔΗΕ].

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τον Αύγουστο παρατηρείται αυξημένη παραγωγή και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω κυρίως της έλευσης τουριστών που ανέρχονται περίπου στους 1000 ανά έτος αλλά και λόγω της εκτεταμένης χρήσης των συστημάτων ψύξης.

Στο διάγραμμα 3.2.1 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση της νήσου Κύθνου για το έτος 2015. Οι μεγαλύτερες αιχμές παρατηρούνται κατά τη περίοδο του Πάσχα και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με μέγιστη αιχμή φορτίου στις 15 Αυγούστου 2015 τα 3.1 MW. Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το 2015 ανήλθε στις 8330.288 MWh.



Διάγραμμα 3.2.1. Ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της νήσου Κύθνου το έτος 2015 [πηγή: ΔΕΔΔΗΕ].

Ποσό της ενέργειας αυτής καταναλώνεται εκτός από τα κτίρια και για το φωτισμό των οδών αλλά και για δύο εργοστάσια αφαλάτωσης συνολικής απόδοσης 600 m³ νερού την ημέρα, τα οποία λαμβάνονται υπόψη διότι αποτελούν σημαντικά φορτία. Για τον φωτισμό των οδών της νήσου Κύθνου χρειάστηκαν περίπου 263 MWh ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ το 2012 και για τα δύο εργοστάσια αφαλάτωσης 1095 MWh, υποθέτοντας ότι καταναλώνουν περίπου 5 kWh για κάθε m³ νερού.

Πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων

Στον πίνακα 3.2.2 φαίνεται η μέση πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση για κάθε τύπο κτιρίου, σύμφωνα με τα διαθέσιμα ΠΕΑ για τη νήσο Κύθνο.

Κτίριο	Μέση Κατανάλωση Πρ. Εν. για Θέρμανση	Μέση Κατανάλωση Πρ. Εν. για Ψύξη	Μέση Κατανάλωση Πρ. Εν. για Φωτισμό	Μέση Κατανάλωση Πρ. Εν. για ΖΝΧ	Μέση Συνολική Κατανάλωση Πρ. Εν.
Μονοκατοικία	142.680	42.450	0.000	59.970	245.100
Πολυκατοικία	106.930	29.860	0.000	58.690	195.490
Ξενώνες - Ετήσιας λειτουργίας	11.500	178.700	114.200	1.500	306.000
Ξενώνες - Θερινής λειτουργίας	5.600	120.430	176.500	24.130	326.680
Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων	33.000	80.500	64.200	61.400	239.100
Εστιατόρια	249.300	381.430	167.030	194.070	991.770
Καφενεία	156.120	207.340	215.720	51.340	630.520
Καταστήματα	108.440	150.330	157.690	4.970	421.420
Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης	115.700	34.600	32.700	52.900	235.900
Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	58.400	34.000	56.300	22.200	170.900
Νηπιαγωγεία	33.000	0.800	27.500	26.800	88.100

Πίνακας 3.2.2. Μέση πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων της νήσου Κύθνου [πηγή: ΥΠΕΝ].

Σύμφωνα με το TOTEE, η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση προκύπτει μετατρέποντας τη τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων σε πρωτογενή με τους συντελεστές μετατροπής που φαίνονται στον πίνακα 3.2.3.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347
Τηλεθέρμανση από Α.Π.Ε.	0,50	---

Εικόνα 3.2.3. Συντελεστές μετατροπής της κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων σε πρωτογενή ενέργεια [πηγή: TOTEE 20701-1/2010].

3.3 ΤΥΠΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου επιλέγονται τυπικά κτίρια που θα αντιπροσωπεύουν το σύνολο των κτιρίων της. Η επιλογή και οι διαστάσεις των τυπικών κτιρίων έγιναν με βάση τους υπάρχοντες νόμους περί δόμησης σε μη παραδοσιακούς και παραδοσιακούς οικισμούς της νήσου Κύθνου [5],[18],[19] και με τη βοήθεια των ορθοφωτογραφιών που παρέχει το Εθνικό Κτηματολόγιο [20]. Επίσης, αντλήθηκαν σχετικές πληροφορίες από την ΕΛΣΤΑΤ [8], τη τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ 20701-1) [21], χάρτες Google [22] και Wikipedia [1].

Τα κτίρια που επιλέχθηκαν ώστε να γίνει η προσομοίωσή τους στο EnergyPlus, οι όροφοι καθώς και η επιφάνειά τους φαίνονται στο πίνακα 3.3.1. Στις επόμενες ενότητες γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στο EnergyPlus για το κάθε κτίριο, η προσομοίωσή τους και η εξαγωγή των αντίστοιχων αποτελεσμάτων.

Κτίριο	Αριθμός Ορόφων	Επιφάνεια ορόφου (m ²)
Κατοικία	2	60
Ξενώνας	2	225
Σχολείο	1	400
Κέντρο Υγείας	1	400
Εκκλησία	1	80
Εστιατόριο	1	80
Καφενείο	1	80
Γραφείο	1	80
Κατάστημα	1	80

Πίνακας 3.3.1. Τυπικά κτίρια για την μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου.

4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ENERGYPLUS

Έχοντας επιλέξει τα τυπικά κτίρια για την νήσο Κύθνο, το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των δεδομένων τους στο πρόγραμμα προσομοίωσης EnergyPlus.

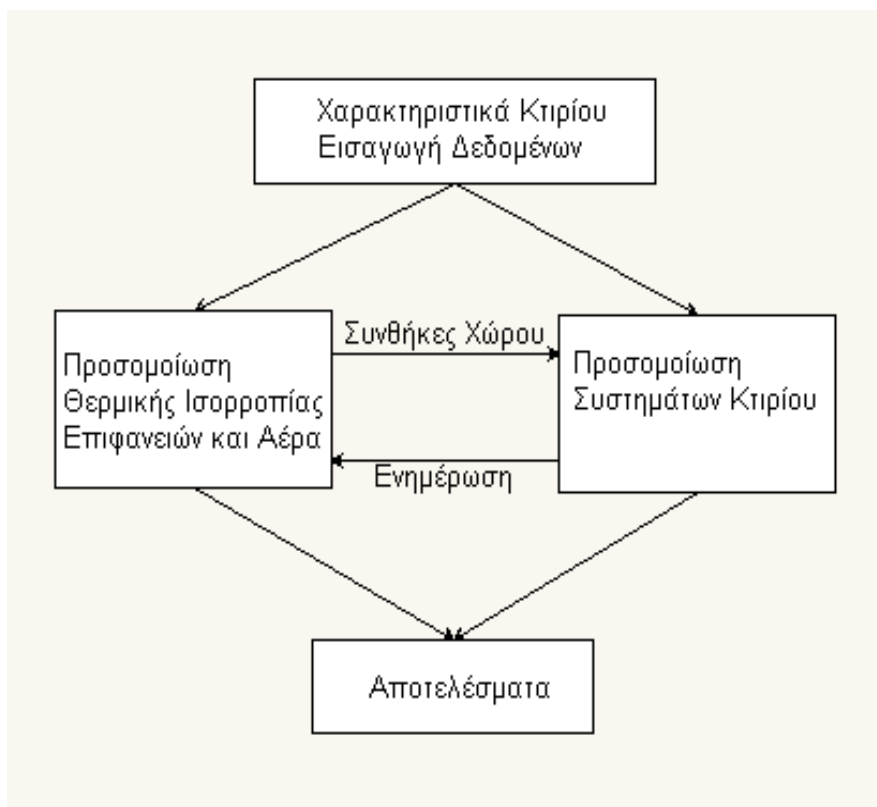
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΤΟΥ ENERGYPLUS

Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα που προσομοιώνει την λειτουργία ενός κτιρίου μέσω της δυνατότητας εισαγωγής πληθώρας δεδομένων (συστήματα ψύξης-θέρμανσης, αριθμό ατόμων, ηλεκτρικές συσκευές, φωτισμός κτλ.) και δίνει αποτελέσματα όπως θερμικά κέρδη, ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές αερίων και κόστος ενέργειας. Συνεπώς, είναι ένα εργαλείο με το οποίο ο χρήστης μπορεί να πάρει αποφάσεις για την λειτουργία ενός υφιστάμενου κτιρίου ή για το σχεδιασμό ενός νέου και να χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα σε διάφορες εφαρμογές όπως για παράδειγμα την μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης μιας περιοχής.

Μερικές από τις δυνατότητες του EnergyPlus είναι [23]:

- Δυνατότητα εισόδου αρχείων με πραγματικές καιρικές συνθήκες.
- Δυνατότητα εισόδου δεδομένων για την περιγραφή του κτιρίου όπως παράθυρα, πόρτες, τοιχοποιίες, άτομα, ηλεκτρικές συσκευές, φωτισμός και συστήματα θέρμανσης αερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation and Air-Conditioning HVAC).
- Δυνατότητα υπολογισμού της θερμικής ακτινοβολίας και της αγωγής και συναγωγής θερμότητας των σωμάτων και των επιφανειών του χώρου καθώς και της εκούσιας ή ακούσιας εισροής και εκροής αέρα από τις επιφάνειες, με τεχνικές που βασίζονται στη θερμική ισορροπία.
- Δυνατότητα ταυτόχρονου υπολογισμού της απόκρισης των συστημάτων HVAC ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες του χώρου.
- Δυνατότητα υπολογισμού εκπομπών αερίων και κόστους ενέργειας.
- Δυνατότητα υπολογισμών σκίασης και φωτισμού λόγω ημέρας.
- Δυνατότητα υπολογισμών με χρονικά υπό-ωριαία βήματα και αποτελέσματα σε ετήσια, μηνιαία, ημερήσια, ωριαία και σε υπό-ωριαία βάση, προσαρμόζοντας ανάλογα τα δεδομένα εισόδου.

Στο διάγραμμα 4.1.1 φαίνεται σχηματικά η βασική λειτουργία του προγράμματος προσομοίωσης EnergyPlus.

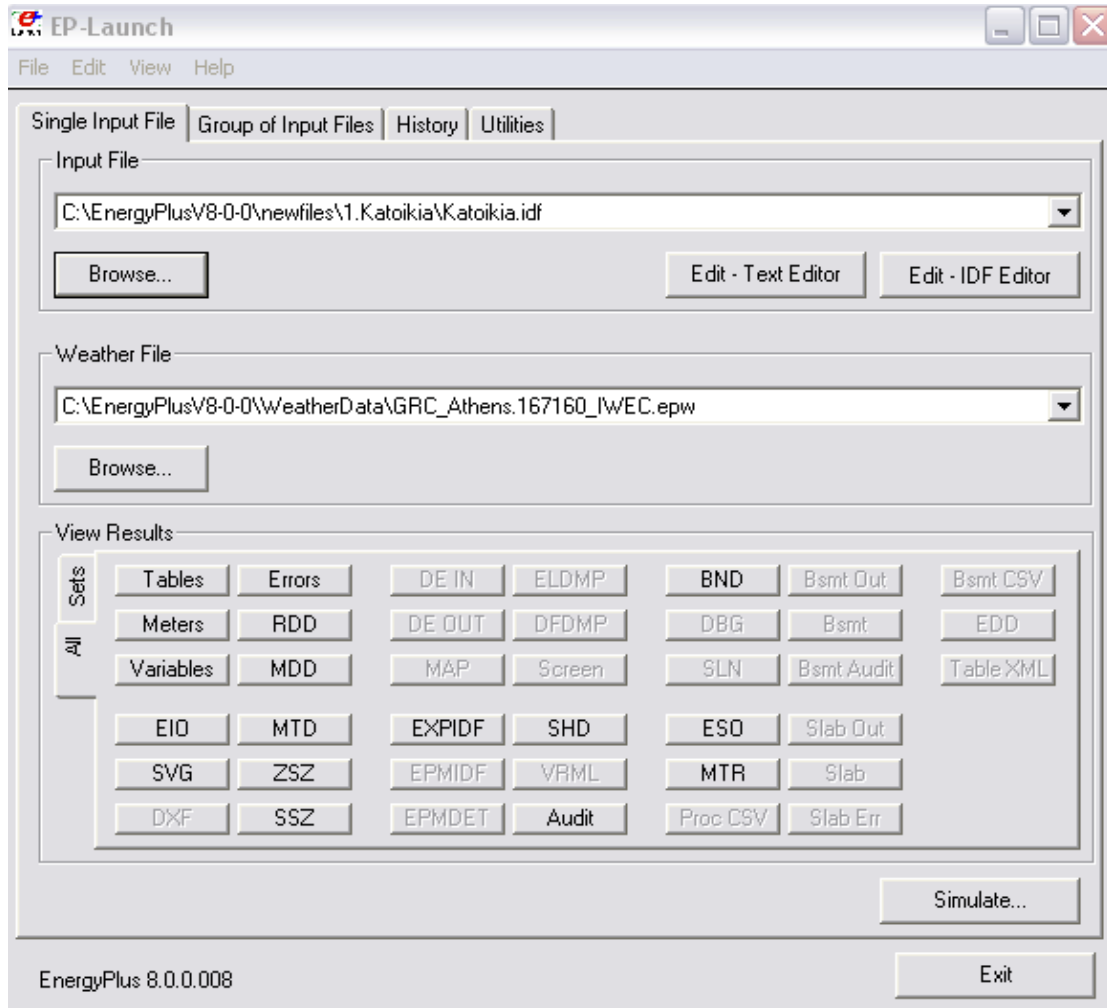


Διάγραμμα 4.1.1. Βασική λειτουργία του προγράμματος προσομοίωσης EnergyPlus.

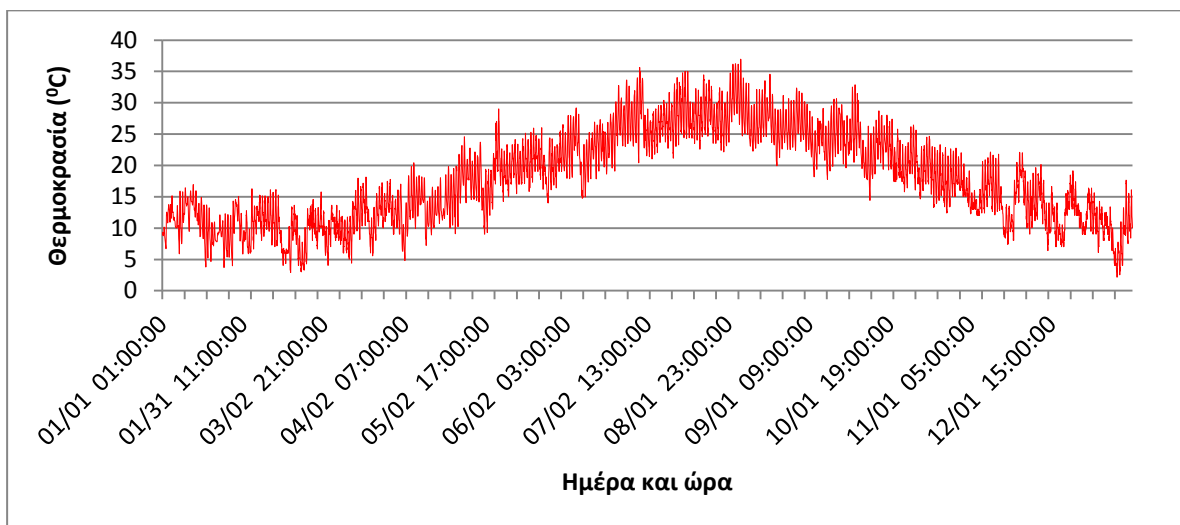
Ξεκινώντας το πρόγραμμα EnergyPlus ανοίγει το κεντρικό παράθυρο EP-Launch (εικόνα 4.1.1). Στην καρτέλα Single Input File, με την επιλογή Input File→«Browse», παρέχεται η δυνατότητα επιλογής του αρχείου κτιρίου (.idf), δηλαδή του αρχείου που περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που θέλουμε να προσομοιώσουμε, όπως επίσης και η δυνατότητα επεξεργασίας του με την επιλογή Input File→«Edit-IDF Editor».

Με την επιλογή Weather File→«Browse» δίνεται η δυνατότητα επιλογής του αρχείου καιρού (.epw), δηλαδή του αρχείου που περιέχει τις καιρικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Στη παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το αρχείο καιρού “GRC_Athens.167160_IWEC.epw” το οποίο περιέχει τις καιρικές συνθήκες της Αθήνας και είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του EnergyPlus. Αν και η προσομοίωση γίνεται για κτίρια που βρίσκονται στην Κύθηνο, χρησιμοποιείται το αρχείο καιρού της Αθήνας όντας το μόνο διαθέσιμο. Παρ όλα αυτά, η Κύθηνος βρίσκεται κοντά στην Αθήνα και έχουν παρόμοιες συνθήκες, οπότε δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις που να επηρεάζουν τους υπολογισμούς.

Στο διάγραμμα 4.1.1 φαίνεται η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος που παρέχεται σε αυτό το αρχείο.



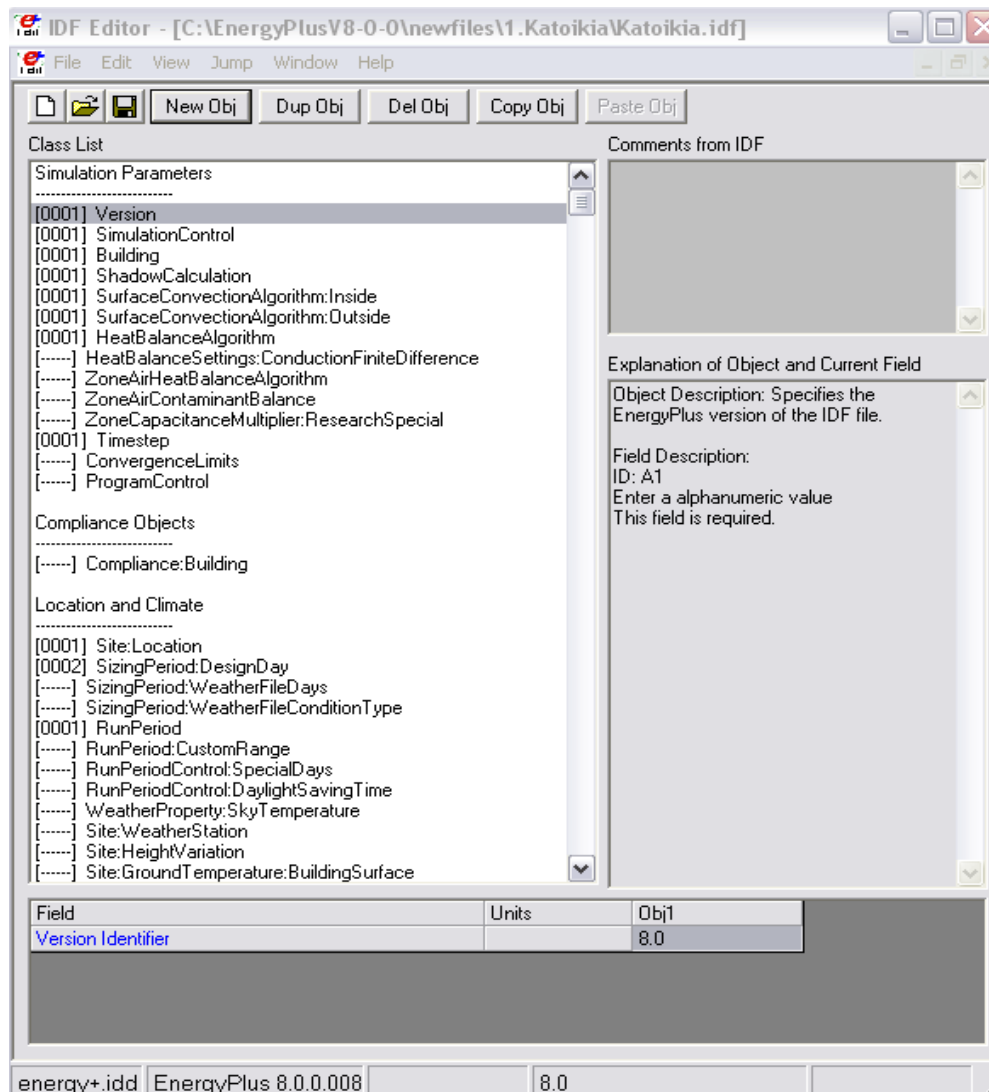
Εικόνα 4.1.1. Παράθυρο EP-Launch.



Διάγραμμα 4.1.1. Εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος, αρχείο “GRC_Athens.167160_IWEC.epw”.

Έχοντας επιλέξει το αρχείο κτιρίου και το αρχείο καιρού, με την επιλογή «Simulate», γίνεται η προσομοίωση της λειτουργίας του κτιρίου. Τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα στο πλαίσιο View Results όπου υπάρχει πληθώρα επιλογών μέσα από τις οποίες μπορούμε να εξάγουμε διάφορα αποτελέσματα και επομένως διαφορετικά συμπεράσματα για την συμπεριφορά του κτιρίου. Για παράδειγμα οι επιλογές «Meters» και «Variables» δίνουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε μορφή αρχείου Excel και έτσι είναι εύκολη η επεξεργασία τους. Η επιλογή «Tables» δίνει αποτελέσματα σε μορφή HTML ενώ μέσω της επιλογής «Errors» δίνεται η δυνατότητα εποπτείας τυχών λαθών. Τέλος, από την καρτέλα View Results→Sets, το EnergyPlus παρέχει τη δυνατότητα προβολής του κελύφους του κτιρίου μέσω της επιλογής «Drawing File».

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η επεξεργασία των δεδομένων και των χαρακτηριστικών του κτιρίου γίνεται μέσω της επιλογής «Edit-IDF Editor», όπου ανοίγει ένα νέο παράθυρο (εικόνα 4.1.2).



Εικόνα 4.1.2. Παράθυρο IDF Editor.

Η εισαγωγή των χαρακτηριστικών του κτιρίου γίνεται μέσω της επεξεργασίας αντικειμένων («New Obj», «Dup Obj», «Del Obj», «Copy Obj», «Paste Obj») που βρίσκονται στις αντίστοιχες κατηγορίες δεδομένων ενδιαφέροντος (Class List). Για κάθε κατηγορία υπάρχει και η αντίστοιχη σύντομη περιγραφή (Explanation of Object and Current Field), βέβαια, ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει περαιτέρω βοήθεια μέσω της επιλογής «Help». Η επιλογή File→Open Data Set παρέχει στον χρήστη παραδείγματα αρχείων κτιρίων, έτοιμα χρονοδιαγράμματα, δομικά υλικά και άλλα, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει κατά την διαδικασία εισαγωγής δεδομένων. Έχοντας εισάγει όλα τα δεδομένα, το αρχείο κτιρίου αποθηκεύεται σε μορφή .idf και είναι διαθέσιμο για προσομοίωση από το παράθυρο EP-Launch.

4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ENERGYPLUS

Σε αυτή την ενότητα γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στις κατηγορίες που βρίσκονται στο παράθυρο IDF Editor του EnergyPlus για τα κτίρια που επιλέχθηκαν, έτσι ώστε στη συνέχεια να γίνει η προσομοίωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Οι βασικές κατηγορίες δεδομένων είναι:

- **Simulation Parameters** (Παράμετροι Προσομοίωσης)
- **Location and Climate** (Τοποθεσία και Κλίμα)
- **Schedules** (Χρονοδιαγράμματα)
- **Surface Construction Elements** (Δομικά Υλικά Επιφανειών)
- **Thermal Zones and Surfaces** (Θερμικές Ζώνες και Επιφάνειες)
- **Internal Gains** (Εσωτερικά Κέρδη)
- **Zone Airflow** (Ροή Αέρα)
- **HVAC Templates** (Συστήματα Ψύξης-Θέρμανσης)
- **Output Reporting** (Καθορισμός Αποτελεσμάτων)

Οι αντίστοιχες υποκατηγορίες δεδομένων που συμπληρώθηκαν φαίνονται στην εικόνα 4.2.1. Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται η περιγραφή των βασικών κατηγοριών και υποκατηγοριών καθώς επίσης παρουσιάζονται και τα δεδομένα που εισήχθησαν για κάθε κτίριο.

Class List	
[0001]	Version
[0001]	SimulationControl
[0001]	Building
[0001]	ShadowCalculation
[0001]	SurfaceConvectionAlgorithm:Inside
[0001]	SurfaceConvectionAlgorithm:Outside
[0001]	HeatBalanceAlgorithm
[0001]	Timestep
[0001]	Site:Location
[0002]	SizingPeriod:DesignDay
[0001]	RunPeriod
[0004]	ScheduleTypeLimits
[0008]	Schedule:Compact
[0204]	Material
[0064]	Material:NoMass
[0002]	Material:AirGap
[0001]	WindowMaterial:Glazing
[0001]	WindowMaterial:Gas
[0011]	Construction
[0001]	GlobalGeometryRules
[0002]	Zone
[0011]	BuildingSurface:Detailed
[0008]	Window
[0002]	Door
[0004]	InternalMass
[0002]	People
[0002]	Lights
[0002]	ElectricEquipment
[0002]	ZoneInfiltration:DesignFlowRate
[0002]	ZoneVentilation:DesignFlowRate
[0001]	HVACTemplate:Thermostat
[0002]	HVACTemplate:Zone:VAV
[0002]	HVACTemplate:System:VAV
[0001]	HVACTemplate:Plant:ChilledWaterLoop
[0001]	HVACTemplate:Plant:Chiller
[0001]	HVACTemplate:Plant:Tower
[0001]	HVACTemplate:Plant:HotWaterLoop
[0001]	HVACTemplate:Plant:Boiler
[0001]	Sizing:Parameters
[0001]	Output:VariableDictionary
[0001]	Output:Table:SummaryReports
[0001]	OutputControl:Table:Style
[0002]	Output:Variable
[0004]	Output:Meter
[0001]	Output:Diagnostics

Εικόνα 4.2.1. Υποκατηγορίες EnergyPlus.

4.2.1 SIMULATION PARAMETERS (ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ)

Αυτή η κατηγορία επηρεάζει την προσομοίωση με διάφορους τρόπους. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τα βήματα της προσομοίωσης (Timestep), το ποιους υπολογισμούς θέλει να πραγματοποιήσει όσον αφορά τους χώρους και τα συστήματα του κτιρίου (Simulation Control), την τοποθεσία όπου βρίσκεται το κτίριο (Building) και το ποιους υπολογισμούς θέλει να πραγματοποιήσει όσον αφορά την θερμική ισορροπία μεταξύ των επιφανειών (Shadow Calculation, Surface Convection, Heat Balance, Zone Air Balance).

Version

Η προσομοίωση των κτιρίων γίνεται με την έκδοση 8.0 του EnergyPlus (εικόνα 4.2.2).

Field	Units	Obj1
Version Identifier		8.0

Εικόνα 4.2.2. Υποκατηγορία Version.

Simulation Control

Κατά την προσομοίωση επιλέχθηκε να γίνουν όλοι οι υπολογισμοί που αφορούν τα συστήματα και τους χώρους των κτιρίων και να γίνει η προσομοίωση με βάση το αρχείο καιρού (εικόνα 4.2.3).

Field	Units	Obj1
Do Zone Sizing Calculation		Yes
Do System Sizing Calculation		Yes
Do Plant Sizing Calculation		Yes
Run Simulation for Sizing Periods		No
Run Simulation for Weather File Run Periods		Yes

Εικόνα 4.2.3. Υποκατηγορία Simulation Control.

Building

Εδώ γίνεται η εισαγωγή του ονόματος του κάθε κτιρίου (εικόνα 4.2.4). Οι υπόλοιπες επιλογές είναι οι προκαθορισμένες από το πρόγραμμα.

Field	Units	Obj1
Name		Katoikia
North Axis	deg	0
Terrain		City
Loads Convergence Tolerance Value		0.04
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0.4
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Εικόνα 4.2.4. Υποκατηγορία Building.

Shadow Calculation

Αυτή η υποκατηγορία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας, της σκίασης και του φωτισμού ημέρας. Οι επιλογές είναι οι προκαθορισμένες από το πρόγραμμα (εικόνα 4.2.5).

Field	Units	Obj1
Calculation Method		AverageOverDaysInFrequency
Calculation Frequency		20
Maximum Figures in Shadow Overlap Calculations		15000
Polygon Clipping Algorithm		
Sky Diffuse Modeling Algorithm		

Εικόνα 4.2.5. Υποκατηγορία Shadow Calculation.

Surface Convection Algorithm: Inside

Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζεται ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεταγωγής θερμότητας από τις εσωτερικές επιφάνειες των χώρων των κτιρίων (εικόνα 4.2.6). Χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος TARP (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) ο οποίος λαμβάνει υπόψη φυσική μεταβλητότητα της μεταγωγής με βάση την διαφορά θερμοκρασίας.

Field	Units	Obj1
Algorithm		TARP

Εικόνα 4.2.6. Υποκατηγορία Surface Convection Algorithm: Inside.

Surface Convection Algorithm: Outside

Αντίστοιχα καθορίζεται ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεταγωγής θερμότητας από τις εξωτερικές επιφάνειες των χώρων των κτιρίων (εικόνα 4.2.7). Χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος DOE-2 (Klems and Yazdanian) ο οποίος συσχετίζει ήδη καταγεγραμμένα δεδομένα.

Field	Units	Obj1
Algorithm		DOE-2

Εικόνα 4.2.7. Υποκατηγορία Surface Convection Algorithm: Outside.

Heat Balance Algorithm

Εδώ καθορίζεται ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της θερμικής ισορροπίας (εικόνα 4.2.8). Επιλέχθηκε ο Conduction Transfer Function (CTF) ο οποίος υπολογίζει μόνο την μεταγωγή της θερμότητας και όχι την υγρασία ή την διάχυση της θερμοκρασίας από της επιφάνειες. Τα υπόλοιπα πεδία είναι τα προκαθορισμένα από το πρόγραμμα.

Field	Units	Obj1
Algorithm		ConductionTransferFunction
Surface Temperature Upper Limit	C	200
Minimum Surface Convection Heat Transfer Coefficient Value	W/m2-K	0.1
Maximum Surface Convection Heat Transfer Coefficient Value	W/m2-K	1000

Εικόνα 4.2.8. Υποκατηγορία Heat Balance Algorithm.

Timestep

Εδώ έχουμε πολλές επιλογές όσον αφορά τα πόσα βήματα την ώρα θέλουμε το πρόγραμμα προσομοίωσης να κάνει τους υπολογισμούς (εικόνα 4.2.9). Τα βήματα καθορίστηκαν στα 4 την ώρα.

Field	Units	Obj1
Algorithm		ConductionTransferFunction
Surface Temperature Upper Limit	C	200
Minimum Surface Convection Heat Transfer Coefficient Value	W/m2-K	0.1
Maximum Surface Convection Heat Transfer Coefficient Value	W/m2-K	1000

Εικόνα 4.2.9. Υποκατηγορία Timestep.

4.2.2 LOCATION AND CLIMATE (ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ)

Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται η περιγραφή των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής όπου βρίσκεται το κτίριο (Site: Location) και καθορίζονται διάφοροι παράμετροι που συσχετίζουν το αρχείο καιρού και την προσομοίωση (Run Period). Το αρχείο καιρού επηρεάζει την συγκεκριμένη κατηγορία.

Site: Location

Αυτή η υποκατηγορία συμπληρώνεται κατά την εισαγωγή του αρχείου καιρού και αφορά την τοποθεσία που βρίσκονται τα κτίρια (εικόνα 4.2.10). Χρησιμοποιήθηκε το αρχείο καιρού της Αθήνας, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 4.1.

Field	Units	Obj1
Name		ATHENS_GRC Design_Conditions
Latitude	deg	37.9
Longitude	deg	23.73
Time Zone	hr	2
Elevation	m	15

Εικόνα 4.2.10. Υποκατηγορία Site: Location.

Sizing Period: Design Day

Σε αυτή την υποκατηγορία δίνεται η δυνατότητα να εισάγουμε δεδομένα που αφορούν τις καιρικές συνθήκες μίας ημέρας που θέλουμε να γίνει η προσομοίωση (Winter Design Day, Summer Design Day). Επιλέχθηκαν έτοιμα αντικείμενα (objects) από το αρχείο .ddy που βρίσκεται στο φάκελο Weather Data, ώστε να συμπληρωθούν τα πεδία αυτής της υποκατηγορίας. Τα δεδομένα φαίνονται στην εικόνα 4.2.11.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ATHENS Ann Htg 99.6% Condns DB	ATHENS Ann Clg .4% Condns DB=>MWB
Month		2	8
Day of Month		21	21
Day Type		WinterDesignDay	SummerDesignDay
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	1.6	35.1
Daily Dry-Bulb Temperature Range	deltaC	2	9.1
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type		DefaultMultipliers	DefaultMultipliers
Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule Name			
Humidity Condition Type		Wetbulb	Wetbulb
Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb	C	1.6	21.1
Humidity Condition Day Schedule Name			
Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb	kgWater/kgDryAir		
Enthalpy at Maximum Dry-Bulb	J/kg		
Daily Wet-Bulb Temperature Range	deltaC		
Barometric Pressure	Pa	101145	101145
Wind Speed	m/s	3.5	5.6
Wind Direction	deg	0	30
Rain Indicator		No	No
Snow Indicator		No	No
Daylight Saving Time Indicator		No	No
Solar Model Indicator		ASHRAEClearSky	ASHRAETau
Beam Solar Day Schedule Name			
Diffuse Solar Day Schedule Name			

Εικόνα 4.2.11. Υποκατηγορία Sizing Period: Design Day.

Run Period

Σε αυτή την υποκατηγορία γίνεται ο προσδιορισμός των παραμέτρων για την προσομοίωση ολόκληρου του έτους. Για παράδειγμα, μπορεί να καθοριστεί το πότε θα ξεκινάει η προσομοίωση (Begin Month, Begin Day of Month, Day of Week for Start Day) και το πότε θα τελειώνει (End Month End, Day of Month) καθώς επίσης η χρησιμοποίηση ή μη αρχείων καιρού που αφορούν τις διακοπές, την βροχόπτωση και την χιονόπτωση. Τα πεδία που συμπληρώθηκαν φαίνονται στην εικόνα 4.2.12.

Field	Units	Obj1
Name		annual
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
End Month		12
End Day of Month		31
Day of Week for Start Day		Monday
Use Weather File Holidays and Special Days		Yes
Use Weather File Daylight Saving Period		Yes
Apply Weekend Holiday Rule		No
Use Weather File Rain Indicators		Yes
Use Weather File Snow Indicators		Yes
Number of Times Runperiod to be Repeated		1
Increment Day of Week on repeat		Yes
Start Year		2017

Εικόνα 4.2.12. Υποκατηγορία Run Period.

4.2.3 SCHEDULES (ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ)

Αυτή η κατηγορία δεδομένων επιτρέπει στον χρήστη να καθορίσει τα χρονοδιαγράμματα (Schedule Type Limits, Schedule: Day: Hourly, Schedule: Compact, κτλ.) για πολλά από τα στοιχεία των κτιρίων όπως για παράδειγμα παρουσία ατόμων, λειτουργία φωτιστικών και άλλα. Είναι από τις πιο σημαντικές κατηγορίες αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία του κτιρίου. Οι περισσότερες αλλαγές στα δεδομένα κατά την διαδικασία της μοντελοποίησης της Κύθνου γίνανε σε αυτή την κατηγορία.

Schedule Type Limits

Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζονται τα όρια των τιμών (εικόνα 4.2.13) που χρησιμοποιούνται στα χρονοδιαγράμματα (Schedule: Compact).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		On/Off	fraction	Temperature	Any Number
Lower Limit Value	varies	0	0	-60	
Upper Limit Value	varies	1	1	200	
Numeric Type		Discrete	Continuous	Continuous	
Unit Type				Temperature	

Εικόνα 4.2.13. Υποκατηγορία *Schedule Type Limits*.

Schedule: Compact

Για όλα τα κτίρια ξεχωριστά δημιουργήθηκαν τα παρακάτω χρονοδιαγράμματα:

- **Activity Level Schedule** (Χρονοδιάγραμμα δραστηριότητας ατόμων): Χρονοδιάγραμμα που περιλαμβάνει τα θερμικά κέρδη από τα άτομα, δηλαδή της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπουν ανάλογα με την δραστηριότητά τους στο χώρο (σε w/person) κατά την διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος.
- **Air Schedule** (Χρονοδιάγραμμα ροής αέρα): Χρονοδιάγραμμα που καθορίζει το πότε υπάρχει εκούσια ή ακούσια εισροή ή εκροή αέρα στο χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος.
- **Lighting Schedule** (Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας φωτισμού): Εδώ καθορίζονται οι συντελεστές ετεροχρονισμού των φωτιστικών, δηλαδή του ποσοστού φωτιστικών που είναι σε λειτουργία κάθε ώρα της ημέρας για όλο το έτος.
- **ElecEquip Schedule** (Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών): Εδώ καθορίζονται οι συντελεστές ετεροχρονισμού των ηλεκτρικών συσκευών, δηλαδή του ποσοστού ηλεκτρικών συσκευών που είναι σε λειτουργία κάθε ώρα της ημέρας για όλο το έτος.
- **Occupancy Schedule** (Χρονοδιάγραμμα παρουσίας ατόμων): Χρονοδιάγραμμα που καθορίζει το πόσα άτομα βρίσκονται στο χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος.
- **Cooling Schedule** (Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας συστήματος ψύξης): Χρονοδιάγραμμα που καθορίζει το πότε θα λειτουργεί το σύστημα ψύξης κατά τη διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος.
- **Heating Schedule** (Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας συστήματος θέρμανσης): Χρονοδιάγραμμα που καθορίζει το πότε θα λειτουργεί το σύστημα ψύξης κατά τη διάρκεια της ημέρας για όλο το έτος.

Οι πληροφορίες για τη δημιουργία τους, όπως ώρες λειτουργίας κτιρίου, ώρες και ποσοστό λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών και φωτιστικών, παρουσία ατόμων κατά τη διάρκεια της ημέρας, κτλ., αντλήθηκαν από τη τεχνική οδηγία 20701-1/2010 του TEE [21] και από έτοιμα χρονοδιαγράμματα που ήταν διαθέσιμα στη τεχνική αναφορά του Εθνικού Εργαστηρίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας των Ηνωμένων Εθνών (NREL) [24] για τις ανάγκες δημιουργίας κτιρίων αναφοράς. Βέβαια, γίνανε αρκετές τροποποιήσεις κατά το βήμα της σύγκρισης των αποτελεσμάτων με τα πραγματικά δεδομένα της Κύθνου ώστε η μοντελοποίηση να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο τη πραγματική εικόνα της Κύθνου.

Ενδεικτικά, στην εικόνα 4.2.14 φαίνονται αναλυτικά όλα τα χρονοδιαγράμματα που δημιουργήθηκαν για το κτίριο της κατοικίας.

Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Activity Level schedule (w/person)	Air schedule	Lighting schedule	ElecEquip schedule	Occupancy schedule	Cooling schedule1	Heating schedule	Cooling schedule2
Any Number	On/Off	Fraction	fraction	fraction	On/Off	On/Off	On/Off
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 6/1	Through: 4/15	Through: 8/1
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: Weekdays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 06:00	Until: 06:00	Until: 07:00	Until: 24:00	Until: 08:00	Until: 24:00
80	1	0.1	0.4	1	0	0	0
		Until: 18:00	Until: 10:00	Until: 15:00	Through: 10/1	Until: 24:00	Through: 9/1
		0.05	0.6	0.25	For: AllDays	1	For: AllDays
		Until: 24:00	Until: 14:00	Until: 21:00	Until: 14:00	Through: 11/1	Until: 06:00
		0.3	0.7	0.5	0	For: AllDays	1
			Until: 17:00	Until: 24:00	Until: 17:00	Until: 24:00	Until: 24:00
			0.3	1	1	0	0
			Until: 21:00	For: Weekends AllOtherDays	Until: 24:00	Through: 12/31	Through: 12/31
			0.6	Until: 07:00	0	For: AllDays	For: AllDays
			Until: 24:00	1	Through: 12/31	Until: 08:00	Until: 24:00
			0.5	Until: 15:00	For: AllDays	0	0
				0.5	Until: 24:00	Until: 24:00	
				Until: 21:00	0	1	
				0.75			
				Until: 24:00			
				1			

Εικόνα 4.2.14. Υποκατηγορία Schedule Compact (Χρονοδιαγράμματα Κατοικίας).

Συνοπτικά για όλα τα κτίρια έχουμε:

- Δραστηριότητα ατόμων: όλη μέρα, όλο το έτος, εφόσον υπάρχει παρουσία ατόμων στο χώρο.
- Ροή αέρα: όλη μέρα, όλο το έτος, λόγω χαραμάδων στις πόρτες και στα παράθυρα και λόγω ανοίγματος και κλεισίματος αυτών κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Λειτουργία φωτιστικών: όλη μέρα, όλο το έτος, εφόσον το κτίριο είναι σε λειτουργία.
Ποσοστό λειτουργίας φωτιστικών: ανάλογα την ώρα της ημέρας.

- Λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών: όλη μέρα, όλο το έτος, εφόσον το κτίριο είναι σε λειτουργία.
Ποσοστό λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών: ανάλογα την ώρα της ημέρας και την χρήση των συσκευών.
- Παρουσία ατόμων: όλη μέρα, όλο το έτος, εφόσον το κτίριο είναι σε λειτουργία.
Ποσοστό παρουσίας ατόμων: ανάλογα την ώρα της ημέρας.
- Λειτουργία συστήματος θέρμανσης: από 1 Νοεμβρίου έως 15 Απριλίου, εφόσον το κτίριο είναι σε λειτουργία και ανάλογα την ώρα της ημέρας.
- Λειτουργία συστήματος ψύξης: από 1 Ιουνίου έως 1 Οκτωβρίου, εφόσον το κτίριο είναι σε λειτουργία και ανάλογα την ώρα της ημέρας.
- Θερινή Περίοδος: από 1 Απριλίου έως 1 Νοεμβρίου.
Υψηλή περίοδος καλοκαιριού: από 1 Αυγούστου έως 1 Σεπτεμβρίου.
Μεγάλη Εβδομάδα: από 6 Απριλίου έως 12 Απριλίου.

4.2.4 SURFACE CONSTRUCTION ELEMENTS (ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ)

Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται η περιγραφή των δομικών υλικών (Material, Window Material: Glazing, κτλ.) που είναι κατασκευασμένες οι επιφάνειες (τοιχοποιίες) και τα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα) του κελύφους των κτιρίων. Επίσης γίνεται η κατασκευή αυτών των επιφανειών (Construction).

Material

Για την κατασκευή των εξωτερικών και εσωτερικών τοιχοποιιών, της οροφής, της επίπλωσης και των ανοιγμάτων χρησιμοποιήθηκαν δομικά υλικά όπως σοβάς (plaster), τούβλο (brick), σκυρόδεμα (concrete), ξύλο (wood), αφρώδες σκυρόδεμα (foam) και διογκωμένη πολυστερίνη (expanded polystyrene) (εικόνα 4.2.15), τα οποία τα παρέιχε το EnergyPlus στο αρχείο “ASHRAE_2005_HOF_Materials.idf” που βρίσκεται στη διαδρομή File→Open Data Set. Οι ιδιότητες των δομικών υλικών είναι η σκληρότητα (Roughness), το πάχος (Thickness), η αγωγιμότητα (Conductivity), η πυκνότητα (Density) και η θερμική αντοχή (Specific Heat).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Gypsum or plaster board - 9.5mm	M01 100mm brick	G06 50mm wood	G05 25mm wood
Roughness		MediumSmooth	MediumRough	MediumSmooth	MediumSmooth
Thickness	m	0.0095	0.1016	0.0508	0.0254
Conductivity	W/m-K	0.58	0.89	0.15	0.15
Density	kg/m3	800	1920	608	608
Specific Heat	J/kg-K	1090	790	1630	1630

Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Insulation: Expanded polystyrene - extruded (smooth skin surface) (CFC-12 exp.)	Concrete: Sand and gravel or stone aggregate concretes - 2080 kg/m3 - 51mm	Concrete: Foam concretes - 1120 kg/m3 - 51mm	Wood subfloor - 19mm
MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth
0.025	0.051	0.051	0.019
0.029	1.45	0.36	0.115
29	2080	1120	800
1210	900	900	1380

Εικόνα 4.2.15. Υποκατηγορία Material.

Material: No Mass

Εδώ γίνεται η εισαγωγή δομικών υλικών (εικόνα 4.2.16) που μας ενδιαφέρει μόνο η θερμική τους αντίσταση (Thermal Resistance).

Field	Units	Obj1
Name		Carpet and fibrous pad
Roughness		Rough
Thermal Resistance	m2-K/W	0.37

Εικόνα 4.2.16. Υποκατηγορία Material: No Mass.

Material: Air Gap

Εδώ γίνεται η εισαγωγή του αέρα ως δομικού υλικού για τις ανάγκες μόνωσης μεταξύ επιφανειών (εικόνα 4.2.17).

Field	Units	Obj1
Name		F04 Wall air space resistance
Thermal Resistance	m2-K/W	0.15

Εικόνα 4.2.17. Υποκατηγορία Material: Air Gap.

Window Material: Glazing

Σε αυτή την υποκατηγορία γίνεται η εισαγωγή των υαλοπινάκων που είναι κατασκευασμένα τα παράθυρα. Επιλέχθηκαν υαλοπίνακες πάχους 2.5 mm και οι ιδιότητές τους φαίνονται στην εικόνα 4.2.18.

Field	Units	Obj1
Name		CLEAR 2.5MM
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	0.0025
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.85
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.901
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081
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

Εικόνα 4.2.18. Υποκατηγορία Material: Glazing.

Window Material: Gas

Σε αυτή την υποκατηγορία δηλώνεται ο αέρας (εικόνα 4.2.19) που υπάρχει μεταξύ των υαλοπινάκων, δηλαδή ο αέρας μεταξύ των παραθύρων με διπλά τζάμια.

Field	Units	Obj1
Name		AIR 3MM
Gas Type		Air
Thickness	m	0.0032

Εικόνα 4.2.19. Υποκατηγορία Material: Gas.

Construction

Έχοντας εισάγει όλα τα δεδομένα για τα δομικά υλικά, σε αυτή την υποκατηγορία γίνεται η κατασκευή των επιφανειών (εικόνα 4.2.20).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Interior Wall Construction	Exterior Door Construction	Exterior Window Double Glass Construction	Furnishings Construction	Exterior Wall Construction (Insulation)	Interior Floor Construction
Outside Layer		Gypsum or plaster board - 9.5mm	G06 50mm wood	CLEAR 2.5MM	G05 25mm wood	Gypsum or plaster board - 9.5mm	Gypsum or plaster board - 9.5mm
Layer 2		M01 100mm brick		AIR 3MM		M01 100mm brick	Concrete: Sand and gravel or stone aggregate concretes - 2080 kg/m ³ - 51mm
Layer 3		Gypsum or plaster board - 9.5mm		CLEAR 2.5MM		Insulation: Expanded polystyrene - extruded (smooth skin surface) (CFC-12 exp.)	Wood subfloor - 19mm
Layer 4						M01 100mm brick	Carpet and fibrous pad
Layer 5						Gypsum or plaster board - 9.5mm	

Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Ground Floor Construction	Ceiling Construction	Exterior Wall Construction	Exterior Window Construction	Exterior Wall Construction 2
Concrete: Sand and gravel or stone aggregate concretes - 2080 kg/m ³ - 102mm	Gypsum or plaster board - 9.5mm	Gypsum or plaster board - 9.5mm	CLEAR 2.5MM	Gypsum or plaster board - 9.5mm
Wood subfloor - 19mm	Concrete: Foam concretes - 1120 kg/m ³ - 51mm	M01 100mm brick		M01 100mm brick
Carpet and fibrous pad	Concrete: Sand and gravel or stone aggregate concretes - 2080 kg/m ³ - 102mm	F04 Wall air space resistance		Gypsum or plaster board - 9.5mm
	Gypsum or plaster board - 9.5mm	M01 100mm brick		
		Gypsum or plaster board - 9.5mm		

Εικόνα 4.2.20. Υποκατηγορία Construction.

Οι επιφάνειες που κατασκευάστηκαν είναι:

- Εσωτερική τοιχοποιία (Interior Wall Construction)
- Εξωτερικές τοιχοποιίες (Exterior Wall Construction, Exterior Wall Construction 2, Exterior Wall Construction Insulation)
- Εσωτερική επίπλωση (Furnishings Construction)
- Παράθυρα (Exterior Window Construction, Exterior Window Double Glass Construction)
- Εξωτερική πόρτα (Exterior Door Construction)
- Οροφή (Ceiling Construction)
- Εσωτερικό πάτωμα (Interior Floor Construction, Ground Floor Construction)

4.2.5 THERMAL ZONES AND SURFACES (ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ)

Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται η ομαδοποίηση των χώρων του κάθε κτιρίου σε θερμικές ζώνες (Zone), δηλαδή των χώρων που έχουν παρόμοια λειτουργία και θερμική συμπεριφορά, ούτως ώστε να μειωθεί ο χρόνος προσομοίωσης. Επιπλέον, γίνεται η εισαγωγή των διαστάσεων των κτιρίων (Building Surface: Detailed, Window, Door) και τέλος, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να δηλώσει τις εσωτερικές τοιχοποιίες του κτιρίου και την επίπλωση ως εσωτερική μάζα (Internal Mass) έτσι ώστε να απλοποιηθεί αρκετά ο σχεδιασμός του υπό μελέτη κτιρίου και να μειωθεί ο χρόνος εισαγωγής δεδομένων.

Global Geometry Rules

Σε αυτή την υποκατηγορία δηλώνεται ο τρόπος με τον οποίο τοποθετούνται οι επιφάνειες ώστε να κατασκευαστεί το κέλυφος του κτιρίου. Δηλώθηκε σημείο εκκίνησης η κάτω αριστερά γωνία και εισαγωγή διαστάσεων αριστερόστροφα (εικόνα 4.2.21).

Field	Units	Obj1
Starting Vertex Position		LowerLeftCorner
Vertex Entry Direction		Counterclockwise
Coordinate System		Relative
Daylighting Reference Point Coordinate System		Relative
Rectangular Surface Coordinate System		Relative

Εικόνα 4.2.21. Υποκατηγορία Global Geometry Rules.

Zone

Για όλα τα κτίρια θεωρήθηκε ολόκληρος ο όροφος ως μια ενιαία θερμική ζώνη (εικόνα 4.2.22). Για κάποιες κατηγορίες κτιρίων, όπως για παράδειγμα το κέντρο υγείας ή το εστιατόριο, η λειτουργία και συνεπώς η θερμική συμπεριφορά των χώρων του ορόφου μπορεί να διαφέρει. Παρ' όλα αυτά, στο πλαίσιο της μοντελοποίησης ολόκληρης της περιοχής της νήσου Κύθνου, το τελικό αποτέλεσμα δεν αλλοιώνεται σημαντικά και επομένως η ομαδοποίηση των χώρων του ορόφου δεν έγινε σε υποζώνες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την απλοποίηση των υπολογισμών και τη μείωση του χρόνου προσομοίωσης, παράμετροι απαραίτητοι για τη μοντελοποίηση μιας περιοχής πολλών κτιρίων.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Zone1	Zone2
Direction of Relative North	deg	0	0
X Origin	m	0	0
Y Origin	m	0	0
Z Origin	m	0	0

Εικόνα 4.2.22. Υποκατηγορία Zone.

Building Surface: Detailed, Window, Door

Σε αυτές τις υποκατηγορίες γίνεται η εισαγωγή όλων των διαστάσεων των επιφανειών και των ανοιγμάτων και η τοποθέτησή τους, ώστε να κατασκευαστεί το κέλυφος των κτιρίων. Στις εικόνες 4.2.23 έως 4.2.25 φαίνονται τα δεδομένα που εισήχθησαν για το κτίριο της κατοικίας. Το αντίστοιχο έγινε για όλα τα κτίρια.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		floor2	Ceil	floor1	Wall1	Wall2
Surface Type		Floor	Ceiling	Floor	Wall	Wall
Construction Name		Interior Floor Construction	Ceiling Construction	Ground Floor Construction	Exterior Wall Construction 2	Exterior Wall Construction 2
Zone Name		Zone2	Zone2	Zone1	Zone1	Zone1
Outside Boundary Condition		Zone	Outdoors	Ground	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		Zone1				
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	NoSun	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	NoWind	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground		0	0	0		
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	0	0	0	10
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	0	0	0	0
Vertex 1 Z-coordinate	m	2.5	5	0	0	0
Vertex 2 X-coordinate	m	0	10	0	10	10
Vertex 2 Y-coordinate	m	6	0	6	0	6
Vertex 2 Z-coordinate	m	2.5	5	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	10	10	10	10	10
Vertex 3 Y-coordinate	m	6	6	6	0	6
Vertex 3 Z-coordinate	m	2.5	5	0	2.5	2.5
Vertex 4 X-coordinate	m	10	0	10	0	10
Vertex 4 Y-coordinate	m	0	6	0	0	0
Vertex 4 Z-coordinate	m	2.5	5	0	2.5	2.5

Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Wall3	Wall4	Wall5	Wall6	Wall7	Wall8
Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Exterior Wall Construction 2	Exterior Wall Construction 2	Exterior Wall Construction 2	Exterior Wall Construction 2	Exterior Wall Construction 2	Exterior Wall Construction 2
Zone1	Zone1	Zone2	Zone2	Zone2	Zone2
Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors
SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed
WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed
4	4	4	4	4	4
10	0	0	10	10	0
6	6	0	0	6	6
0	0	2.5	2.5	2.5	2.5
0	0	10	10	0	0
6	0	0	6	6	0
0	0	2.5	2.5	2.5	2.5
0	0	10	10	0	0
6	0	0	6	6	0
2.5	2.5	5	5	5	5
10	0	0	10	10	0
6	6	0	0	6	6
2.5	2.5	5	5	5	5

Εικόνα 4.2.23. Υποκατηγορία Building Surface: Detailed (Κατοικία).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Window1	Window3	Window2	Window4
Construction Name		Exterior Window Double Glass Construction	Exterior Window Double Glass Construction	Exterior Window Double Glass Construction	Exterior Window Double Glass Construction
Building Surface Name		Wall1	Wall3	Wall2	Wall4
Shading Control Name					
Frame and Divider Name					
Multiplier		1	1	1	1
Starting X Coordinate	m	2	2	1	1
Starting Z Coordinate	m	0.8	0.8	0.8	0.8
Length	m	1	1	1	1
Height	m	1.5	1.5	1.5	1.5

Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Window5	Window7	Window6	Window8
Exterior Window Double Glass Construction	Exterior Window Double Glass Construction	Exterior Window Double Glass Construction	Exterior Window Double Glass Construction
Wall5	Wall7	Wall6	Wall8
1	1	1	1
2	2	1	1
0.8	0.8	0.8	0.8
1	1	1	1
1.5	1.5	1.5	1.5

Εικόνα 4.2.24. Υποκατηγορία Window (Κατοικία).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Door1	Door3
Construction Name		Exterior Door Construction	Exterior Door Construction
Building Surface Name		Wall1	Wall3
Multiplier		1	1
Starting X Coordinate	m	0.5	0.5
Starting Z Coordinate	m	0	0
Length	m	1	1
Height	m	2	2

Εικόνα 4.2.25. Υποκατηγορία Door (Κατοικία).

Internal Mass

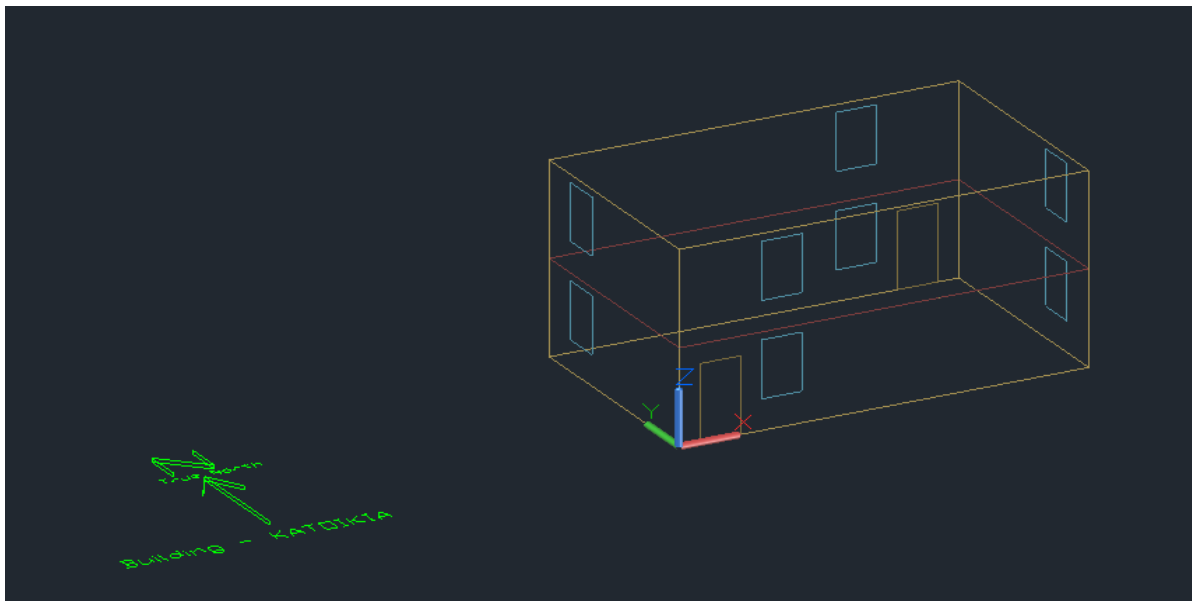
Εδώ ορίζονται οι εσωτερικές επιφάνειες και η επίπλωση του κάθε κτιρίου ως εσωτερική μάζα. Εφόσον ολόκληρος ο όροφος δηλώθηκε ως μία θερμική ζώνη, δηλώνοντας τις εσωτερικές τοιχοποιίες και την επίπλωση ως μία ενιαία εσωτερική μάζα, μειώνεται ο χρόνος κατά την εισαγωγή των δεδομένων καθώς επίσης οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα κατά την προσομοίωση δεν επηρεάζονται. Στην εικόνα 4.2.26 φαίνεται η εκτιμώμενη συνολική επιφάνεια που καλύπτουν η επίπλωση και οι εσωτερικές τοιχοποιίες στο κτίριο της κατοικίας. Το αντίστοιχο έγινε για όλα τα κτίρια, λαμβάνοντας υπόψη την επιφάνειά τους.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Internalmass1	Internalmass2	Internalmass3	Internalmass4
Construction Name		Furnishings Construction	Furnishings Construction	Interior Wall Construction	Interior Wall Construction
Zone Name		Zone1	Zone2	Zone1	Zone2
Surface Area	m2	10	10	20	20

Εικόνα 4.2.26. Υποκατηγορία *Internal Mass* (Κατοικία).

Προβολή Κτιρίου

Αφού έχει γίνει η εισαγωγή των δεδομένων για όλες τις επιφάνειες και έχει κατασκευαστεί το κέλυφος του κάθε κτιρίου, από την καρτέλα View Results→Sets, που όπως αναφέρθηκε βρίσκεται στο παράθυρο EP Launch του EnergyPlus, παρέχεται η δυνατότητα προβολής του κτιρίου μέσω της επιλογής «Drawing File» όπου δημιουργείται ένα αρχείο AutoCAD (.dxf). Ενδεικτικά, στην εικόνα 4.2.27 φαίνεται το κέλυφος του κτιρίου της κατοικίας.



Εικόνα 4.2.27. Κέλυφος κατοικίας (Autodesk AutoCAD 2014 Student Version).

4.2.6 INTERNAL GAINS (ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΕΡΔΗ)

Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν τη παρουσία ατόμων (People), το φωτισμό (Lights) και τις ηλεκτρικές συσκευές (Electric Equipment), έτσι ώστε να γίνουν οι υπολογισμοί των εσωτερικών κερδών, δηλαδή της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπουν κατά τη λειτουργία τους. Μέσω των υπολογισμών αυτών εξάγονται τα αποτελέσματα της απόκρισης των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων λόγω των παραπάνω φορτίων.

Οι πληροφορίες για την εγκατεστημένη ισχύ του φωτισμού και των ηλεκτρικών συσκευών, καθώς και για τον αριθμό των ατόμων στα κτίρια της νήσου Κύθνου, αντλήθηκαν από το TOTEE 20701-1/2010 [21] και από την ΕΛΣΤΑΤ [8].

People

Σε αυτή την υποκατηγορία ορίζεται ο αριθμός των ατόμων στα κτίρια (Number of People ή People per Zone Floor Area) (εικόνα 4.2.28). Επίσης, δηλώνονται δύο χρονοδιαγράμματα, το “Occupancy Schedule” και το “Activity Level Schedule”, τα οποία περιγράφουν τη παρουσία και τη δραστηριότητα των ατόμων αντίστοιχα κατά τη διάρκεια της ημέρας όπως παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.2.3. Τα υπόλοιπα δεδομένα είναι τα προκαθορισμένα από το πρόγραμμα.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		People1	People2
Zone or ZoneList Name		Zone1	Zone2
Number of People Schedule Name		Occupancy schedule	Occupancy schedule
Number of People Calculation Method		People	People
Number of People		1.12	1.12
People per Zone Floor Area	person/m2		
Zone Floor Area per Person	m2/person		
Fraction Radiant		0	0
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Activity Level schedule (w/person)	Activity Level schedule (w/person)
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0.0000000382	0.0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged

Εικόνα 4.2.28. Υποκατηγορία People (Κατοικία).

Στο πίνακα 4.2.1 φαίνεται ο αριθμός των ατόμων που ορίστηκε στο EnergyPlus για όλους τους τύπους κτιρίων που επιλέχθηκαν για τη νήσο Κύθνο.

Κτίριο	Αριθμός ατόμων	Άτομα ανά τετραγωνικό (person/m ²)
Κατοικία	2.24	0.02
Ξενώνας	30	0.07
Σχολείο	40	0.10
Κέντρο Υγείας	60	0.15
Εκκλησία	10	0.13
Εστιατόριο	56	0.70
Καφενείο	64	0.80
Γραφείο	8	0.10
Κατάστημα	11.2	0.14

Πίνακας 4.2.1. Αριθμός ατόμων.

Lights

Σε αυτή την υποκατηγορία ορίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού των κτιρίων (Watts per Zone Floor Area) (εικόνα 4.2.29). Επίσης, δηλώνεται το χρονοδιάγραμμα “Lighting Schedule” το οποίο περιγράφει τη λειτουργία των φωτιστικών κατά την διάρκεια της ημέρας όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.2.3. Τα υπόλοιπα δεδομένα είναι τα προκαθορισμένα από το πρόγραμμα.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Lighting1	Lighting2
Zone or ZoneList Name		Zone1	Zone2
Schedule Name		Lighting schedule	Lighting schedule
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m ²	6.4	6.4
Watts per Person	W/person		
Return Air Fraction		0	0
Fraction Radiant		0.6	0.6
Fraction Visible		0.2	0.2
Fraction Replaceable		1	1

Εικόνα 4.2.29. Υποκατηγορία Lights (Κατοικία).

Στο πίνακα 4.2.2 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού που ορίστηκε στο EnergyPlus για όλους τους τύπους των κτιρίων.

Κτίριο	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ανά τετραγωνικό (Watts/m ²)
Κατοικία	6.4
Ξενώνας	9.6
Σχολείο	9.6
Κέντρο Υγείας	16
Εκκλησία	16
Εστιατόριο	6.4
Καφενείο	8
Γραφείο	16
Κατάστημα	16

Πίνακας 4.2.2. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού.

Electric Equipment

Εδώ ορίζεται η εγκατεστημένη ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών των κτιρίων (Watts per Zone Floor Area) (εικόνα 4.2.30). Επίσης, δηλώνεται το χρονοδιάγραμμα “ElecEquip Schedule” τα οποίο περιγράφει τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών κατά την διάρκεια της ημέρας όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.2.3.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ElecEquip1	ElecEquip2
Zone or ZoneList Name		Zone1	Zone2
Schedule Name		ElecEquip schedule	ElecEquip schedule
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m2	6	6
Watts per Person	W/person		

Εικόνα 4.2.30. Υποκατηγορία Electric Equipment (Κατοικία).

Στο πίνακα 4.2.3 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς των ηλεκτρικών συσκευών που ορίστηκε στο EnergyPlus για όλους τους τύπους των κτιρίων.

Κτίριο	Εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικών συσκευών ανά τετραγωνικό (Watts/m ²)
Κατοικία	6
Ξενώνας	3
Σχολείο	5
Κέντρο Υγείας	15
Εκκλησία	2
Εστιατόριο	20
Καφενείο	20
Γραφείο	15
Κατάστημα	10

Πίνακας 4.2.3. Εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικών συσκευών.

4.2.7 ZONE AIRFLOW (ΡΟΗ ΑΕΡΑ)

Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται η περιγραφή της εκούσιας ή ακούσιας εισροής ή εκροής αέρα από τις επιφάνειες μεταξύ των χώρων του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος (Zone Infiltration: Design Flow Rate, Zone Ventilation: Design Flow Rate).

Zone Infiltration: Design Flow Rate

Εδώ ορίζεται ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων στα κουφώματα (Design Flow Rate) (εικόνα 4.2.31). Για όλα τα κτίρια ορίστηκε 0.001527 m³/s σύμφωνα με το TOTEE 20701-1/2010 [21]. Επίσης, δηλώνεται το χρονοδιάγραμμα “Air Schedule” που περιγράφει ότι υπάρχει εισροή ή εκροή αέρα καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.2.3.

Field	Units	Obj1
Name		inf1
Zone or ZoneList Name		Zone1
Schedule Name		Air schedule
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Zone
Design Flow Rate	m3/s	0.001527

Εικόνα 4.2.31. Υποκατηγορία Zone Infiltration: Design Flow Rate.

Zone Ventilation: Design Flow Rate

Εδώ ορίζεται ο τεχνητός αερισμός (Flow Rate per Person) (εικόνα 4.2.32) σύμφωνα με το TOTEE 20701-1/2010 [21], ο οποίος είναι αναγκαίος για την επίτευξη άνετων και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης και είναι διαφορετικός για κάθε τύπο κτιρίου. Ως τεχνητός αερισμός θεωρήθηκε ο φυσικός αερισμός (Ventilation Type: Natural) κατά το άνοιγμα ή το κλείσιμο των παραθύρων ή της πόρτας. Επίσης δηλώθηκε το χρονοδιάγραμμα “Air Schedule” που περιγράφει ότι το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων και της πόρτας μπορεί να γίνει οποιαδήποτε ώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για να οριστούν οι ώρες που γίνεται αυτό, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα να θέσουμε τα όρια των θερμοκρασιών κατά τα οποία θα είναι ανοιχτά τα παράθυρα και οι πόρτες. Τα όρια για την ελάχιστη και τη μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία τέθηκαν στους 18 °C και στους 28 °C αντίστοιχα. Τα όρια για την ελάχιστη και τη μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία τέθηκαν στους 14 °C και στους 34 °C αντίστοιχα. Η διαφορά εξωτερικής με εσωτερικής θερμοκρασίας τέθηκε στους 2 °C και η μέγιστη ταχύτητα του αέρα είναι η προκαθορισμένη από το πρόγραμμα και είναι 40 m/s.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Vent1	Vent2
Zone or ZoneList Name		Zone1	Zone2
Schedule Name		Air schedule	Air schedule
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Person	Flow/Person
Design Flow Rate	m3/s		
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Flow Rate per Person	m3/s-person	0.00417	0.00417
Air Changes per Hour	1/hr		
Ventilation Type		Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa		
Fan Total Efficiency			
Constant Term Coefficient		1	1
Temperature Term Coefficient			
Velocity Term Coefficient			
Velocity Squared Term Coefficient			
Minimum Indoor Temperature	C	18	18
Minimum Indoor Temperature Schedule Name			
Maximum Indoor Temperature	C	28	28
Maximum Indoor Temperature Schedule Name			
Delta Temperature	deltaC	2	2
Delta Temperature Schedule Name			
Minimum Outdoor Temperature	C	14	14
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name			
Maximum Outdoor Temperature	C	34	34
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name			
Maximum Wind Speed	m/s	40	40

Εικόνα 4.2.32. Υποκατηγορία Zone Ventilation: Design Flow Rate (Κατοικία).

Στο πίνακα 4.2.4 φαίνονται οι τιμές εισροής αέρα που ορίστηκαν στο EnergyPlus για όλους τους τύπους των κτιρίων.

Κτίριο	Εισροή αέρα (m ³ /s/person)
Κατοικία	0.00417
Ξενώνας	0.00556
Σχολείο	0.00661
Κέντρο Υγείας	0.01389
Εκκλησία	0.00694
Εστιατόριο	0.00694
Καφενείο	0.00694
Γραφείο	0.00833
Κατάστημα	0.00611

Πίνακας 4.2.4. Εισροή αέρα.

4.2.8 HVAC TEMPLATES (ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ)

Σε αυτή τη κατηγορία γίνεται η εισαγωγή των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης. Αν και το πρόγραμμα σχεδιάστηκε σύμφωνα με τα πρότυπα της Αμερικής, έγινε προσπάθεια ενσωμάτωσης των συστημάτων στα Ελληνικά δεδομένα, παρ' όλο που οι επιλογές ήταν περιορισμένες. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι έγινε μία αρκετά καλή προσέγγιση ορίζοντας τα δεδομένα που ακολουθούν.

Όλα τα κτίρια θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούν για την ψύξη των χώρων διαιρούμενα κλιματιστικά (split air-conditioner) και για την θέρμανση των χώρων θερμαντικά σώματα με καύση πετρελαίου για την θέρμανση του νερού (καλοριφέρ).

HVAC Template: Thermostat

Στην υποκατηγορία αυτή ρυθμίζεται η θερμοκρασία του θερμοστάτη του χώρου κατά την οποία μπαίνουν σε λειτουργία τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης. Για όλα τα κτίρια ορίστηκε ότι το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από τους 20 °C εκτός από το κέντρο υγείας που ορίστηκε στους 22 °C, σύμφωνα με το TOTEE 20701-1/2010 [21]. Για όλα τα κτίρια ορίστηκε ότι το σύστημα ψύξης μπαίνει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία είναι πάνω από τους 26 °C (εικόνα 4.2.33).

Field	Units	Obj1
Name		HC Thermostat
Heating Setpoint Schedule Name		
Constant Heating Setpoint	C	20
Cooling Setpoint Schedule Name		
Constant Cooling Setpoint	C	26

Εικόνα 4.2.33. Υποκατηγορία HVAC Template: Thermostat.

HVAC Template: Zone VAV

Στην υποκατηγορία αυτή γίνεται η δήλωση του συστήματος και του θερμοστάτη που ο χώρος διαθέτει (Template VAV System Name και Template Thermostat Name) (εικόνα 4.2.34). Τα υπόλοιπα δεδομένα είναι τα προκαθορισμένα από το πρόγραμμα.

Field	Units	Obj1	Obj2
Zone Name		Zone1	Zone2
Template VAV System Name		HC System1	HC System2
Template Thermostat Name		HC Thermostat	HC Thermostat
Supply Air Maximum Flow Rate	m ³ /s	autosize	autosize
Zone Heating Sizing Factor			
Zone Cooling Sizing Factor			
Zone Minimum Air Flow Input Method		Constant	Constant
Constant Minimum Air Flow Fraction		0.3	0.3
Fixed Minimum Air Flow Rate	m ³ /s		
Minimum Air Flow Fraction Schedule Name			
Outdoor Air Method		flow/person	flow/person
Outdoor Air Flow Rate per Person	m ³ /s	0.00944	0.00944
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m ³ /s-m ²	0	0
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m ³ /s	0	0
Reheat Coil Type		HotWater	HotWater
Reheat Coil Availability Schedule Name			
Damper Heating Action		Reverse	Reverse

Εικόνα 4.2.34. Υποκατηγορία HVAC Template: Zone VAV (Κατοικία).

HVAC Template: System VAV

Εδώ ορίζεται το ρευστό που υπάρχει μέσα στις σωληνώσεις των συστημάτων (Cooling Coil Type και Heating Coil Type) και είναι το κρύο και το ζεστό νερό για το σύστημα ψύξης και θέρμανσης αντίστοιχα (εικόνα 4.2.35). Επίσης, δηλώνονται δύο χρονοδιαγράμματα που περιγράφουν την λειτουργία αυτών των συστημάτων, το “Cooling Schedule” και το “Heating Schedule” όπως παρουσιάστηκα στην ενότητα 4.2.3. Τα υπόλοιπα δεδομένα είναι τα προκαθορισμένα από το πρόγραμμα.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		HC System1	HC System2
System Availability Schedule Name			
Supply Fan Maximum Flow Rate	m ³ /s	autosize	autosize
Supply Fan Minimum Flow Rate	m ³ /s	autosize	autosize
Supply Fan Total Efficiency		0.7	0.7
Supply Fan Delta Pressure	Pa	600	600
Supply Fan Motor Efficiency		0.9	0.9
Supply Fan Motor in Air Stream Fraction		1	1
Cooling Coil Type		ChilledWater	ChilledWater
Cooling Coil Availability Schedule Name		Cooling schedule1	Cooling schedule2
Cooling Coil Setpoint Schedule Name			
Cooling Coil Design Setpoint	C	12.8	12.8
Heating Coil Type		HotWater	HotWater
Heating Coil Availability Schedule Name		Heating schedule	Heating schedule
Heating Coil Setpoint Schedule Name			
Heating Coil Design Setpoint	C	10	10
Gas Heating Coil Efficiency		0.8	0.8
Gas Heating Coil Parasitic Electric Load	W	0	0
Preheat Coil Type		None	None
Preheat Coil Availability Schedule Name			
Preheat Coil Setpoint Schedule Name			
Preheat Coil Design Setpoint	C		
Gas Preheat Coil Efficiency		0.8	0.8
Gas Preheat Coil Parasitic Electric Load	W	0	0
Maximum Outdoor Air Flow Rate	m ³ /s	autosize	autosize
Minimum Outdoor Air Flow Rate	m ³ /s	autosize	autosize
Minimum Outdoor Air Control Type		FixedMinimum	FixedMinimum

Εικόνα 4.2.35. Υποκατηγορία HVAC Template: Zone VAV (Κατοικία).

HVAC Template: Plant: Chilled Water Loop, HVAC Template: Plant: Chiller, HVAC Template: Plant: Tower, HVAC Template: Plant: Hot Water Loop, HVAC Template: Plant: Boiler

Στις υπόλοιπες υποκατηγορίες γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν μέρη των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης (εικόνες 4.2.36 έως 4.2.40). Οι επιλογές είναι οι προκαθορισμένες από το πρόγραμμα. Οι μόνες αλλαγές που γίνανε είναι ότι για το σύστημα θέρμανσης ορίστηκε ως καύσιμο το πετρέλαιο (Fuel Type: Diesel, στην υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Boiler) και η συνολική ικανότητα ψύξης των κλιματιστικών (Capacity, στην υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Chiller) ορίστηκε ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου.

Field	Units	Obj1
Name		Chilled Water Loop
Pump Schedule Name		
Pump Control Type		INTERMITTENT
Chiller Plant Operation Scheme Type		Default
Chiller Plant Equipment Operation Schemes Name		
Chilled Water Setpoint Schedule Name		
Chilled Water Design Setpoint	C	7.22
Chilled Water Pump Configuration		ConstantPrimaryNo Secondary
Primary Chilled Water Pump Rated Head	Pa	179352
Secondary Chilled Water Pump Rated Head	Pa	179352
Condenser Plant Operation Scheme Type		Default
Condenser Equipment Operation Schemes Name		
Condenser Water Temperature Control Type		
Condenser Water Setpoint Schedule Name		
Condenser Water Design Setpoint	C	29.4
Condenser Water Pump Rated Head	Pa	179352
Chilled Water Setpoint Reset Type		None
Chilled Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb Low	C	12.2
Chilled Water Reset Outdoor Dry-Bulb Low	C	15.6
Chilled Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb High	C	6.7
Chilled Water Reset Outdoor Dry-Bulb High	C	26.7

Εικόνα 4.2.36. Υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Chilled Water Loop.

Field	Units	Obj1
Name		Main Chiller
Chiller Type		ElectricReciprocatingChiller
Capacity	W	2560
Nominal COP	W/W	3.2
Condenser Type		WaterCooled
Priority		1

Εικόνα 4.2.37. Υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Chiller.

Field	Units	Obj1
Name		Main Tower
Tower Type		SingleSpeed
High Speed Nominal Capacity	W	autosize
High Speed Fan Power	W	autosize
Low Speed Nominal Capacity	W	autosize
Low Speed Fan Power	W	autosize
Free Convection Capacity	W	autosize
Priority		1

Εικόνα 4.2.38. Υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Tower.

Field	Units	Obj1
Name		Hot Water Loop
Pump Schedule Name		Heating schedule
Pump Control Type		INTERMITTENT
Hot Water Plant Operation Scheme Type		Default
Hot Water Plant Equipment Operation Schemes Name		
Hot Water Setpoint Schedule Name		
Hot Water Design Setpoint	C	82
Hot Water Pump Configuration		ConstantFlow
Hot Water Pump Rated Head	Pa	179352
Hot Water Setpoint Reset Type		OutdoorAirTemperatureReset
Hot Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb Low	C	82.2
Hot Water Reset Outdoor Dry-Bulb Low	C	-6.7
Hot Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb High	C	65.6
Hot Water Reset Outdoor Dry-Bulb High	C	10

Εικόνα 4.2.39. Υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Hot Water Loop.

Field	Units	Obj1
Name		Main Boiler
Boiler Type		HotWaterBoiler
Capacity	W	autosize
Efficiency		0.8
Fuel Type		Diesel
Priority		1

Εικόνα 4.2.40. Υποκατηγορία HVAC Template: Plant: Boiler.

Ο αριθμός των κλιματιστικών, η συνολική ικανότητα ψύξης των κλιματιστικών (Capacity), η ισχύς τους (Watt) και ο συντελεστής απόδοσης (COP), δηλαδή ο λόγος της ικανότητας ψύξης ενός κλιματιστικού προς την ισχύ του, για κάθε τύπο κτιρίου φαίνονται στον πίνακα 4.2.5.

Κτίριο	Αριθμός κλιματιστικών	Συνολική ικανότητα ψύξης κλιματιστικών (Watt)	Συντελεστής απόδοσης κλιματιστικού COP	Ισχύς κλιματιστικού (Watt)
Κατοικία	2	2560	3.2	800
Ξενώνας	10	25600	3.2	800
Σχολείο	autosize	autosize	3.2	autosize
Κέντρο Υγείας	autosize	autosize	3.2	autosize
Εκκλησία	1	3840	3.2	1200
Εστιατόριο	1	3840	3.2	1200
Καφενείο	1	3840	3.2	1200
Γραφείο	1	3840	3.2	1200
Κατάστημα	1	3840	3.2	1200

Πίνακας 4.2.5. Αριθμός κλιματιστικών, συνολική ικανότητα ψύξης, συντελεστής απόδοσης (COP) και ισχύς των κλιματιστικών.

4.2.9 OUTPUT REPORTING (ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ)

Η κατηγορία αυτή είναι υπεύθυνη για τα αποτελέσματα που εξάγονται και είναι διαθέσιμα από το παράθυρο EP Launch και το πλαίσιο View Results μετά την προσομοίωση.

Output: Variable Dictionary

Η επιλογή “IDF” (εικόνα 4.2.41) παράγει μια λίστα με τις μεταβλητές και τους μετρητές εξόδου που είναι διαθέσιμοι. Ο χρήστης μπορεί να δει τη λίστα αυτή όταν επιλέξει «RDD» στο παράθυρο EP Launch μετά την προσομοίωση.

Field	Units	Obj1
Key Field		IDF
Sort Option		

Εικόνα 4.2.41. Υποκατηγορία Output: Variable Dictionary.

Output: Table: Summary Reports

Στην υποκατηγορία αυτή γίνεται η επιλογή των αποτελεσμάτων που θέλει ο χρήστης να εμφανιστούν σε μορφή HTML αφού επιλέξει «Tables» στο παράθυρο EP Launch μετά την προσομοίωση (εικόνα 4.2.42).

Field	Units	Obj1
Report 1 Name		AllSummary
Report 2 Name		

Εικόνα 4.2.42. Υποκατηγορία Output: Table: Summary Reports.

Output: Variable και Output: Meters

Στις υποκατηγορίες αυτές (εικόνα 4.2.43 και 4.2.44) γίνεται η επιλογή των αποτελεσμάτων που θέλει ο χρήστης να εμφανιστούν σε μορφή Excel όταν επιλέξει «Variables» και «Meters» στο παράθυρο EP Launch μετά την προσομοίωση.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		InteriorLights:Electricity	InteriorEquipment:Electricity	Cooling:Electricity	Heating:Diesel
Reporting Frequency		Hourly	Hourly	Hourly	Hourly

Εικόνα 4.2.43. Υποκατηγορία Output: Meters.

Field	Units	Obj1	Obj2
Key Value		*	*
Variable Name		Zone Air Temperature	Site Outdoor Air Drybulb Temperature
Reporting Frequency		Hourly	Hourly
Schedule Name			

Εικόνα 4.2.44. Υποκατηγορία Output: Variable.

Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν σε ετήσια, μηνιαία, ημερήσια, ωριαία ή ακόμα και σε υπό-ωριαία βάση. Στη παρούσα διπλωματική επιλέχθηκαν να εμφανιστούν τα παρακάτω αποτελέσματα σε ωριαία βάση (1^η προσομοίωση) και σε μηνιαία βάση (2^η προσομοίωση):

- Εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (Site Outdoor Air Dry bulb Temperature, σε °F).
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου (Zone Air Temperature, σε °F).
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό (Interior Lights: Electricity, σε kWh)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές (Interior Equipment: Electricity, σε kWh)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (Cooling: Electricity, σε kWh).
- Κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση (Heating: Diesel, σε kBtu).

Οι μονάδες μέτρησης είναι προκαθορισμένες από το πρόγραμμα. Χρειάστηκε να γίνει μετατροπή των °F σε °C (όπου $0\text{ }^{\circ}\text{F} = -17.7778\text{ }^{\circ}\text{C}$) και των kBtu σε kWh (όπου $1\text{ kBtu} = 0.293\text{ kWh}$).

Output: Diagnostics

Η επιλογή “Display Extra Warnings” (εικόνα 4.2.45) παράγει μία λίστα με τυχόν λάθη κατά την προσομοίωση. Ο χρήστης μπορεί να δει τη λίστα αυτή όταν επιλέξει «Errors» στο παράθυρο EP Launch μετά την προσομοίωση.

Field	Units	Obj1
Key 1		DisplayExtraWarnings

Εικόνα 4.2.45. Υποκατηγορία Output: Diagnostics.

4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΝΑ ΚΤΙΡΙΟ

Αφού έγινε η επιλογή των τυπικών κτιρίων, η εισαγωγή των δεδομένων τους στο EnergyPlus και η προσομοίωσή τους, εξάγονται τα αποτελέσματα που έχουν καθοριστεί στη κατηγορία “Output Reporting” στο παράθυρο IDF Editor και είναι διαθέσιμα από το παράθυρο EP Launch μετά την προσομοίωση.

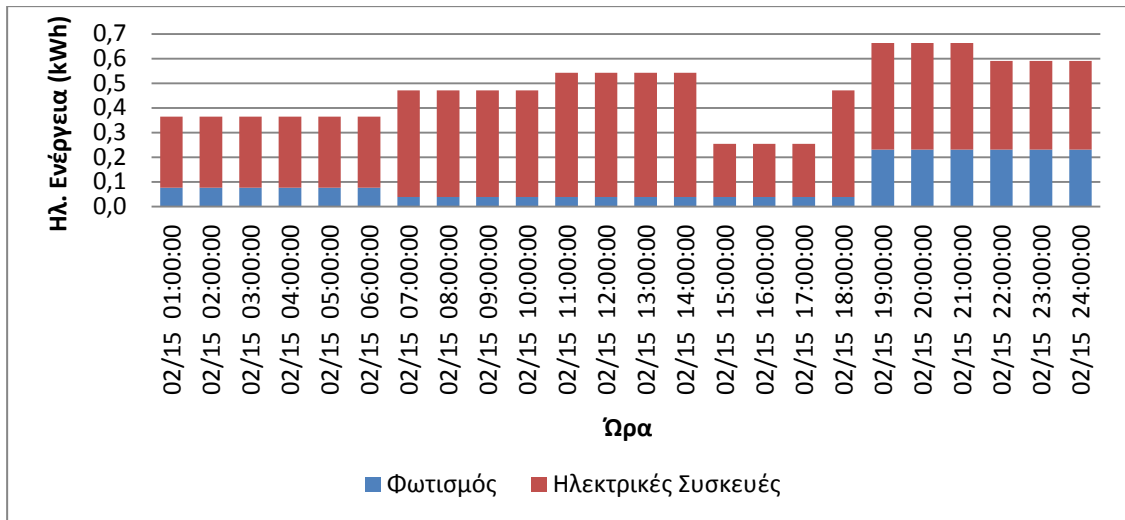
Όπως αναφέρθηκε η προσομοίωση έγινε σε ωριαία και σε μηνιαία βάση για ένα ολόκληρο έτος για κάθε τυπικό κτίριο. Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για όλα τα τυπικά κτίρια. Συγκεκριμένα, για το κάθε τυπικό κτίριο, παρουσιάζεται η ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για μία ημέρα το χειμώνα (15 Φεβρουαρίου) και για μία ημέρα το καλοκαίρι (15 Αυγούστου), καθώς και το ποσό της ενέργειας που καταναλώνουν κάθε μήνα του έτους. Επίσης, παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης ανά τελική χρήση (φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές, ψύξη, θέρμανση) και τέλος, παρουσιάζεται η συνολική ενεργειακή κατανάλωση για ολόκληρο το έτος όπου γίνεται και μία σύγκριση με τα πραγματικά δεδομένα της νήσου Κύθνου.

Από τα διαγράμματα που ακολουθούν στις επόμενες υποενότητες, ο ενδιαφερόμενος μπορεί να εξάγει διάφορα συμπεράσματα για την λειτουργία των κτιρίων, όπως για παράδειγμα αιχμές φορτίου κατά τη διάρκεια της ημέρας, ώρες λειτουργίας συστημάτων ψύξης και θέρμανσης και κατανομή ποσού ενέργειας ανά τελική χρήση.

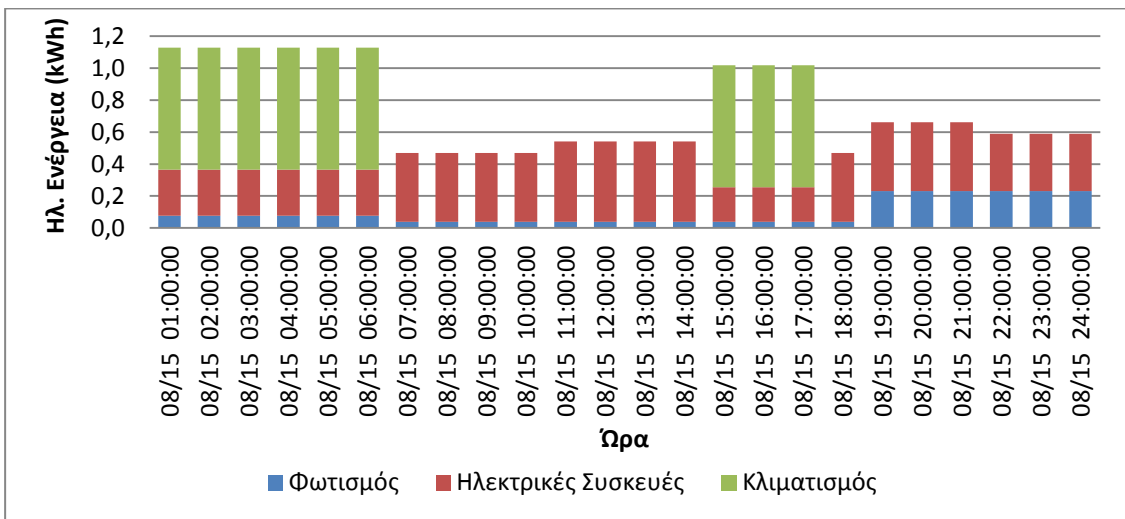
4.3.1 ΚΑΤΟΙΚΙΑ

Στα διαγράμματα 4.3.1 και 4.3.2 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση της κατοικίας για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.3 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

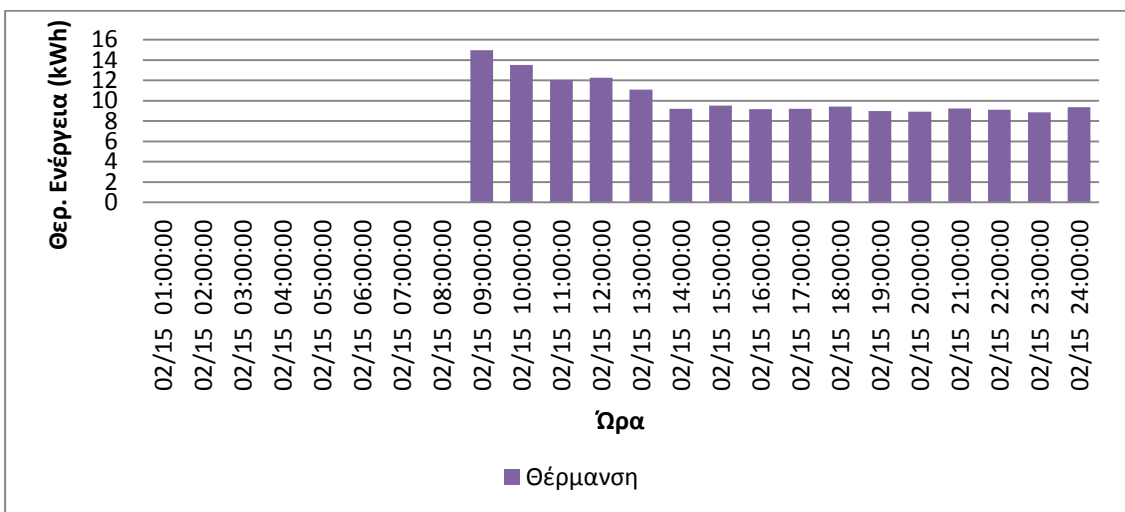
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση το χειμώνα τις ώρες 11:00-14:00 (0.55 kWh), κυρίως λόγω χρήσης της ηλεκτρικής κουζίνας για μαγείρεμα και τις ώρες 19:00-24:00 (0.65 kWh) όπου παράλληλα με τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών μπαίνει σε λειτουργία ο φωτισμός. Το καλοκαίρι παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τις ώρες 15:00-17:00 (1 kWh) και τις ώρες 01:00-06:00 (1.1 kWh) λόγω της χρήσης των κλιματιστικών. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία τις χειμωνιάτικες ημέρες από τις 08:00 μέχρι τις 24:00. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 9 έως 15 kWh.



Διάγραμμα 4.3.1. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση κατοικίας στις 15 Φεβρουαρίου.

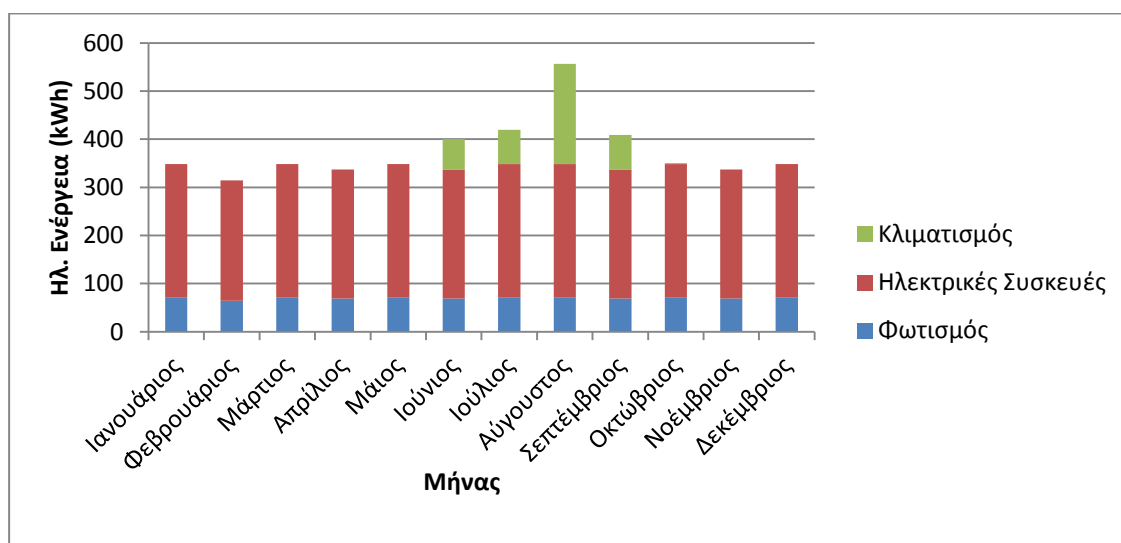


Διάγραμμα 4.3.2. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση κατοικίας στις 15 Αυγούστου.

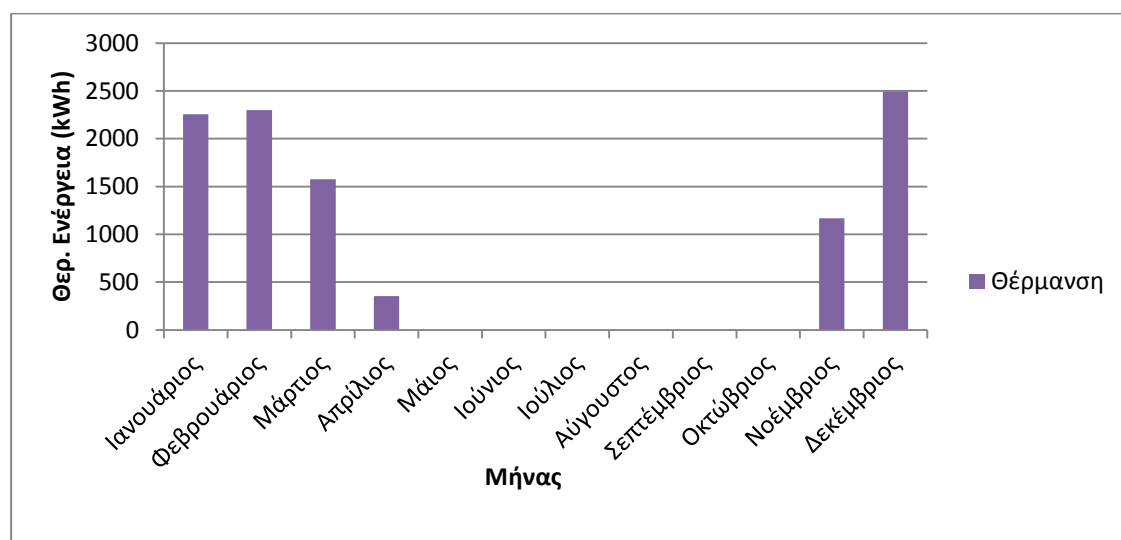


Διάγραμμα 4.3.3. Ωριαία θερμική κατανάλωση κατοικίας στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.4 και 4.3.5 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση της κατοικίας. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και αυτό γιατί μπαίνουν σε λειτουργία τα κλιματιστικά. Ιδιαίτερα τον Αύγουστο γίνεται εκτεταμένη χρήση των κλιματιστικών ακόμα και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 315 kWh τον Φεβρουάριο και φτάνει τις 557 kWh τον Αύγουστο. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 500 kWh τον Απρίλιο και φτάνει τις 2500 kWh το Δεκέμβριο.

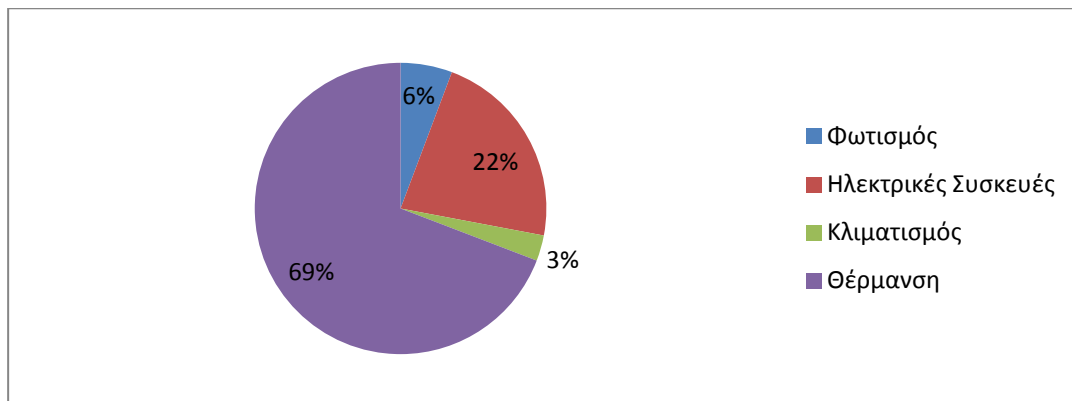


Διάγραμμα 4.3.4. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση κατοικίας.



Διάγραμμα 4.3.5. Μηνιαία θερμική κατανάλωση κατοικίας.

Στο διάγραμμα 4.3.6 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο της κατοικίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει το σύστημα θέρμανσης το οποίο καταναλώνει 10140.731 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθούν οι ηλεκτρικές συσκευές με 3258.723 kWh, ο φωτισμός με 840.961 kWh και ο κλιματισμός με 417.150 kWh.



Διάγραμμα 4.3.6. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης κατοικίας κατά τελική χρήση.

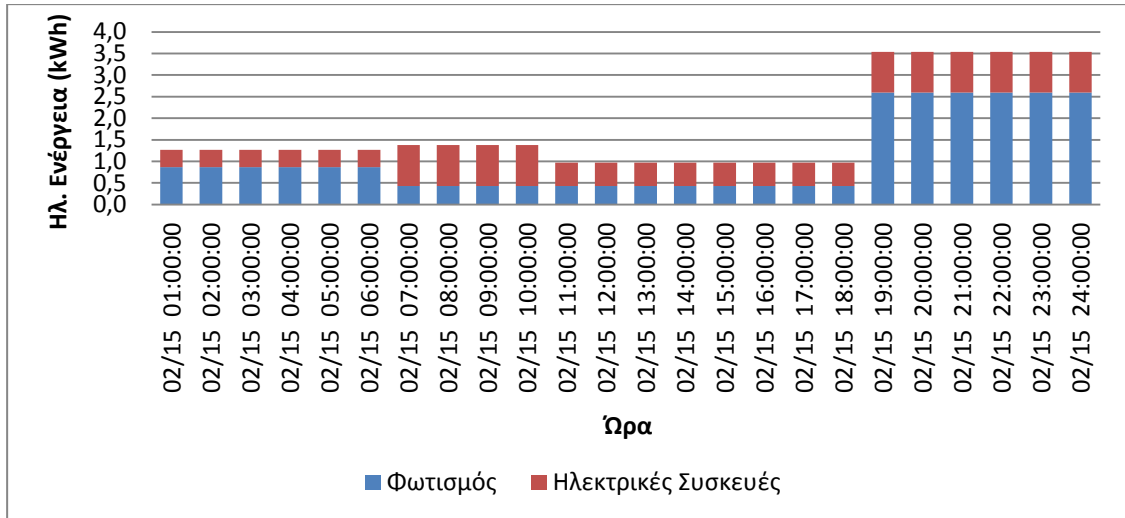
Συνολικά, για το κτίριο της κατοικίας η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 4516.833 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 10140.731 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 202.114 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική (πίνακας 3.2.2, ενότητα 3.2), όπου είναι 195.490 kWh/m² για πολυκατοικία, βλέπουμε ότι η ενεργειακή κατανάλωση που προέκυψε από τη μοντελοποίηση είναι πολύ κοντά με τη πραγματική.

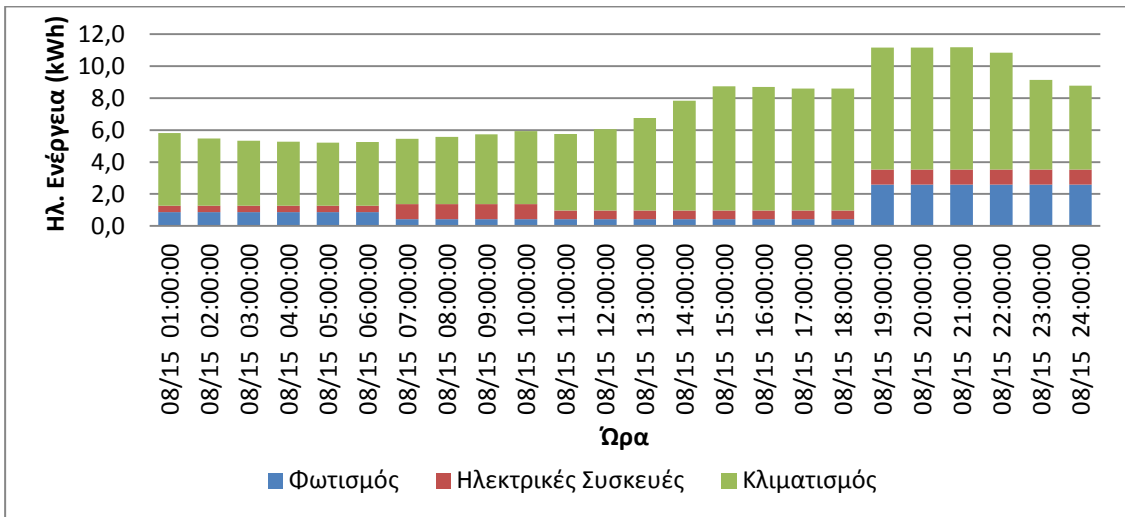
4.3.2 ΞΕΝΩΝΑΣ

Στα διαγράμματα 4.3.7 και 4.3.8 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του ξενώνα για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.9 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

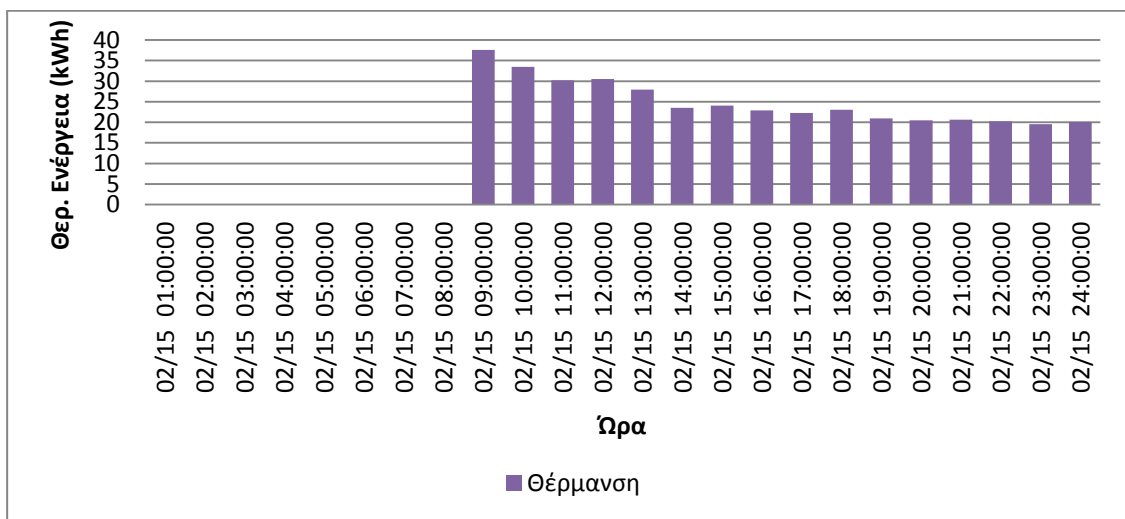
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση το χειμώνα τις ώρες 19:00-24:00 (3.5 kWh) κυρίως λόγω λειτουργίας του φωτισμού. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 1 έως 1.3 kWh. Το καλοκαίρι παρατηρείται αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης όλες τις ώρες λόγω της χρήσης των κλιματιστικών. Η ηλεκτρική κατανάλωση το καλοκαίρι κυμαίνεται από 5 kWh τις πρωινές ώρες έως 11 kWh τη νύχτα. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία τις χειμωνιάτικες ημέρες από τις 08:00 μέχρι τις 24:00 και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 20 έως 37 kWh.



Διάγραμμα 4.3.7. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση ξενώνα στις 15 Φεβρουαρίου.

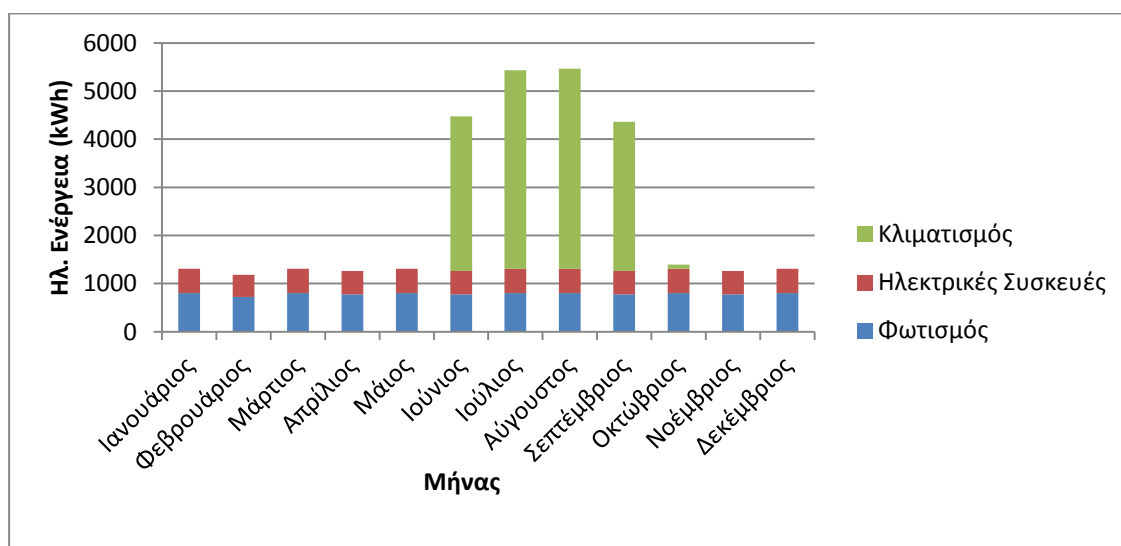


Διάγραμμα 4.3.8. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση ξενώνα στις 15 Αυγούστου.

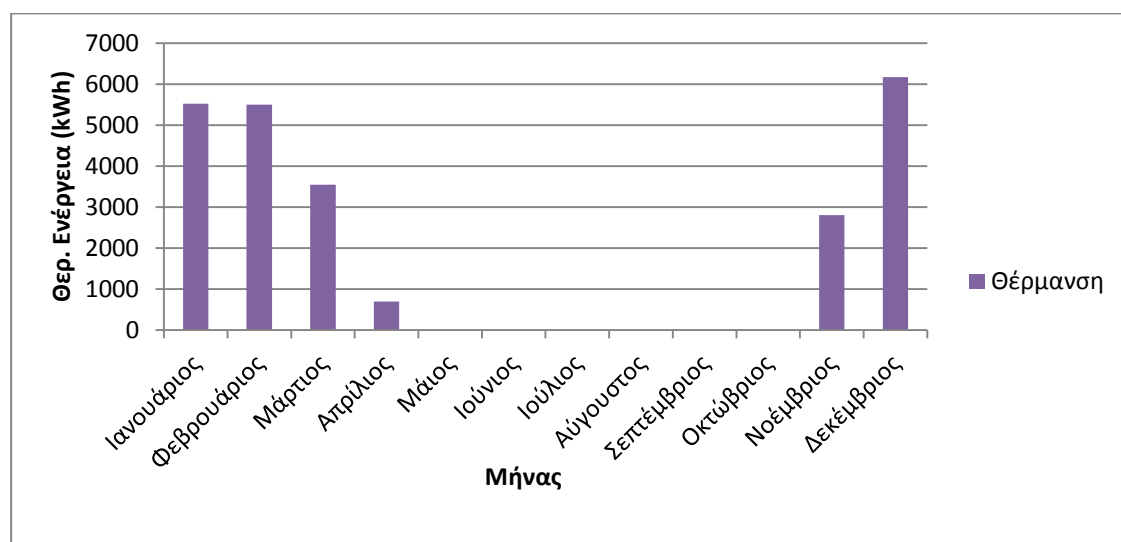


Διάγραμμα 4.3.9. Ωριαία θερμική κατανάλωση ξενώνα στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.10 και 4.3.11 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του ξενώνα. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και αυτό γιατί μπαίνουν σε λειτουργία τα κλιματιστικά. Η ηλεκτρική κατανάλωση αυτούς τους μήνες φτάνει τις 5500 kWh. Τους υπόλοιπους μήνες η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται περίπου στις 1200 kWh. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 500 kWh τον Απρίλιο και φτάνει έως και τις 6000 kWh τον Δεκέμβριο.

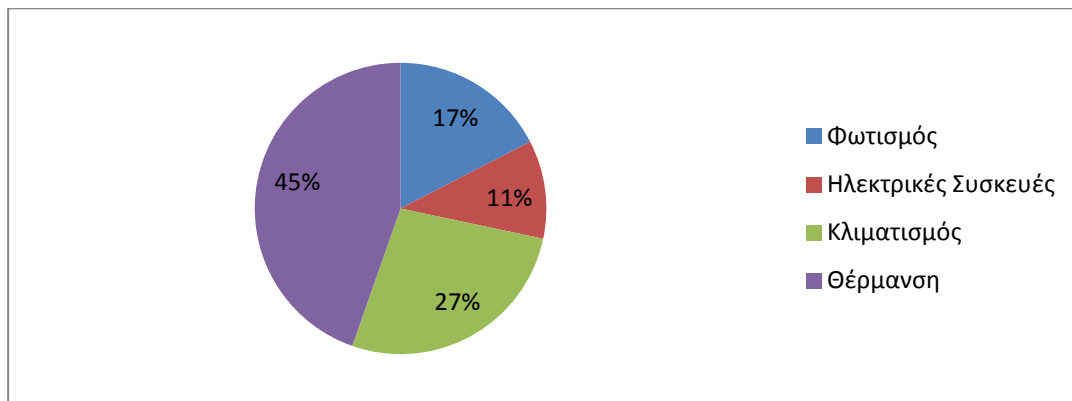


Διάγραμμα 4.3.10. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση ξενώνα.



Διάγραμμα 4.3.11. Μηνιαία θερμική κατανάλωση ξενώνα.

Στο διάγραμμα 4.3.12 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του ξενώνα. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει το σύστημα θέρμανσης το οποίο καταναλώνει 24218.124 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθεί ο κλιματισμός με 14682.961 kWh, ο φωτισμός με 9460.808 kWh και οι ηλεκτρικές συσκευές με 5913.005 kWh.



Διάγραμμα 4.3.12. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης ξενώνα κατά τελική χρήση.

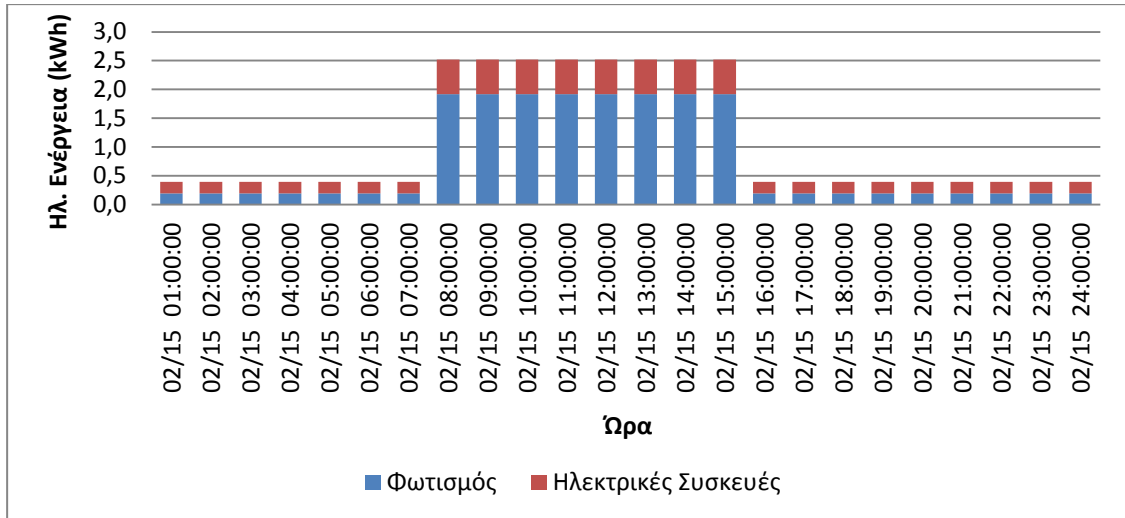
Συνολικά, για το κτίριο του ξενώνα η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 30056.774 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση είναι 24218.124 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 252.889 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική (πίνακας 3.2.2, ενότητα 3.2), όπου είναι 306.000 kWh/m², βλέπουμε ότι η ενεργειακή κατανάλωση που προέκυψε από τη μοντελοποίηση είναι κατά περίπου 50 kWh/m² λιγότερη σε σχέση με τη πραγματική. Αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως στον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο ξενώνα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

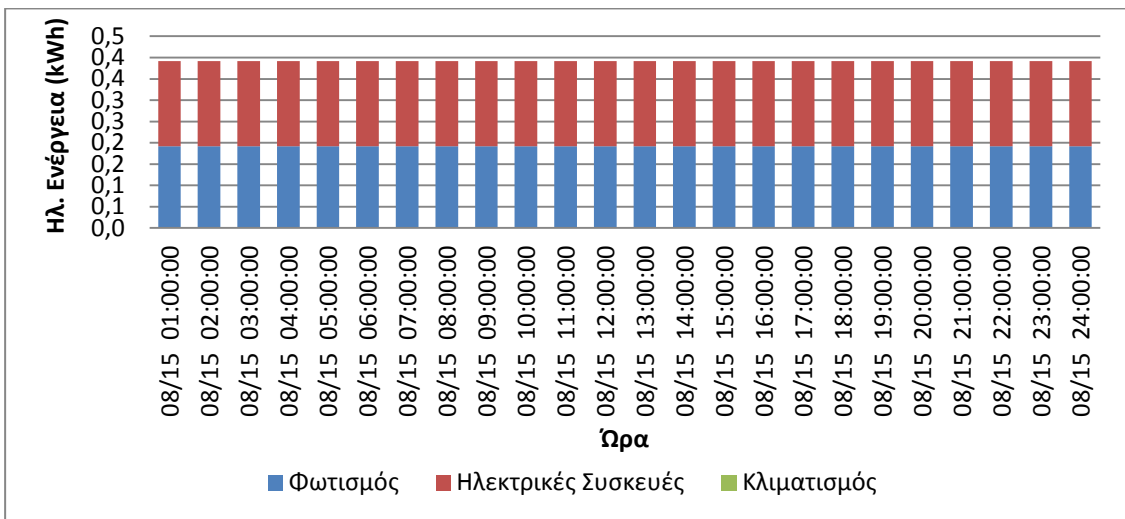
4.3.3 ΣΧΟΛΕΙΟ

Στα διαγράμματα 4.3.13 και 4.3.14 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του σχολείου για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.15 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

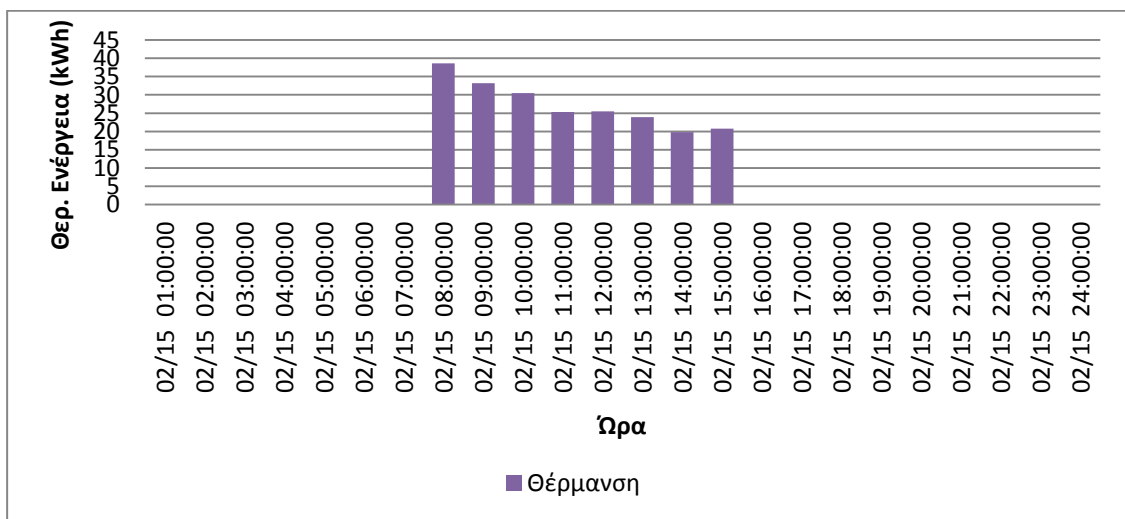
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τις ώρες 08:00-15:00 (2.5 kWh) όπου λειτουργεί το σχολείο και οφείλεται κυρίως στο φωτισμό. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας η ηλεκτρική κατανάλωση οφείλεται στο standby φορτίο (από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, συστήματα συναγερμού) και σε κάποια φωτιστικά που μένουν ανοιχτά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία από τις 08:00 μέχρι τις 15:00 και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 20 έως 40 kWh.



Διάγραμμα 4.3.13. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση σχολείου στις 15 Φεβρουαρίου.

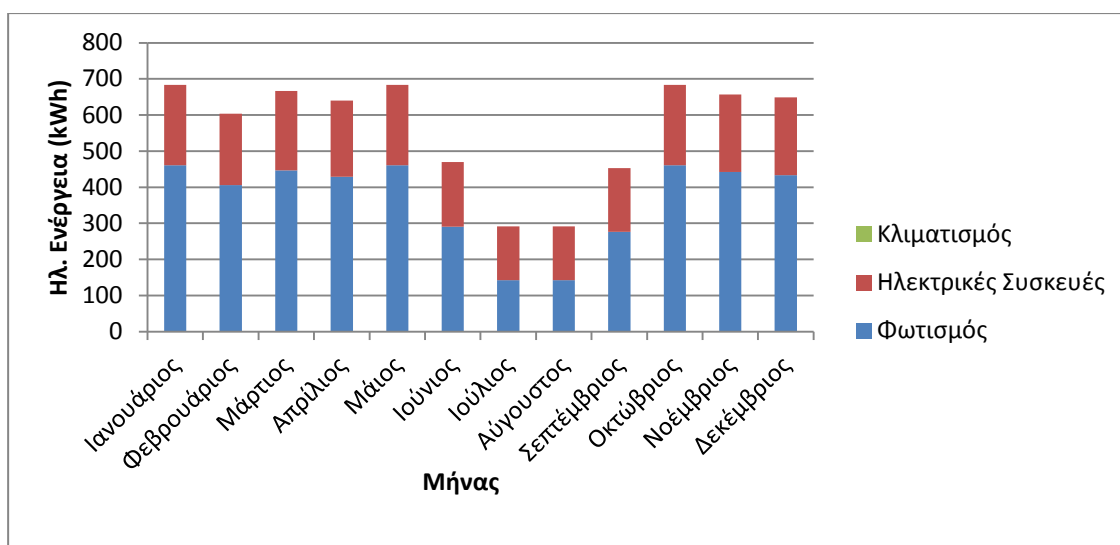


Διάγραμμα 4.3.14. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση σχολείου στις 15 Αυγούστου.

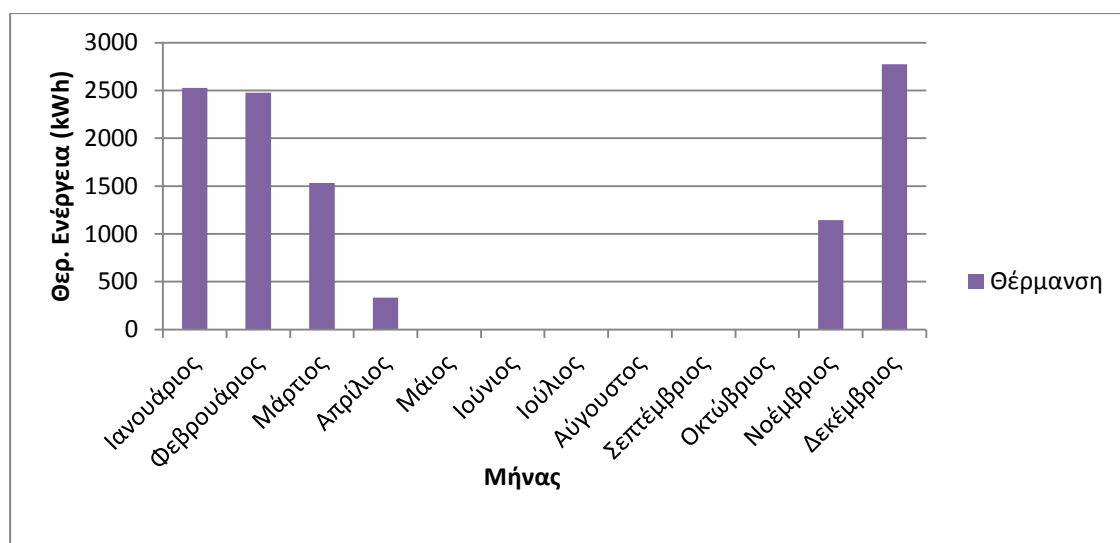


Διάγραμμα 4.3.15. Ωριαία θερμική κατανάλωση σχολείου στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.16 και 4.3.17 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του σχολείου. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Οκτώβριο με Μάιο όπου το σχολείο είναι ανοιχτό. Η ηλεκτρική κατανάλωση αυτών τους μήνες κυμαίνεται από 600 έως 700 kWh. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 250 kWh τον Απρίλιο και φτάνει έως και τις 2700 kWh τον Δεκέμβριο.

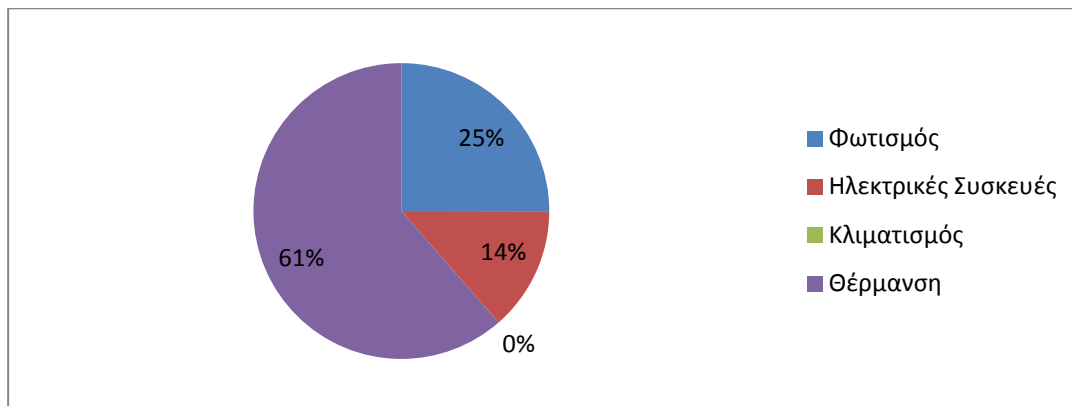


Διάγραμμα 4.3.16. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση σχολείου.



Διάγραμμα 4.3.17. Μηνιαία θερμική κατανάλωση σχολείου.

Στο διάγραμμα 4.3.18 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του σχολείου. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει το σύστημα θέρμανσης το οποίο καταναλώνει 10783.814 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθεί ο φωτισμός με 4391.428 kWh και οι ηλεκτρικές συσκευές με 2379.202 kWh.



Διάγραμμα 4.3.18. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης σχολείου κατά τελική χρήση.

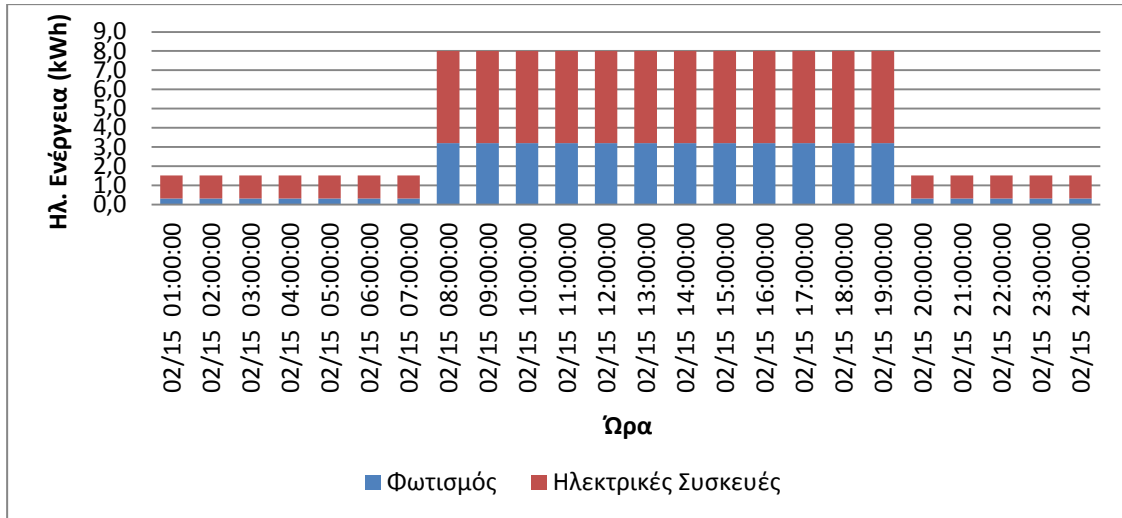
Συνολικά, για το κτίριο του σχολείου η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 6770.629 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 10783.814 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 78.743 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική (πίνακας 3.2.2, ενότητα 3.2), όπου είναι 88.100 kWh/m² για τα νηπιαγωγεία, βλέπουμε ότι η ενεργειακή κατανάλωση που προέκυψε από τη μοντελοποίηση είναι πολύ κοντά με την πραγματική.

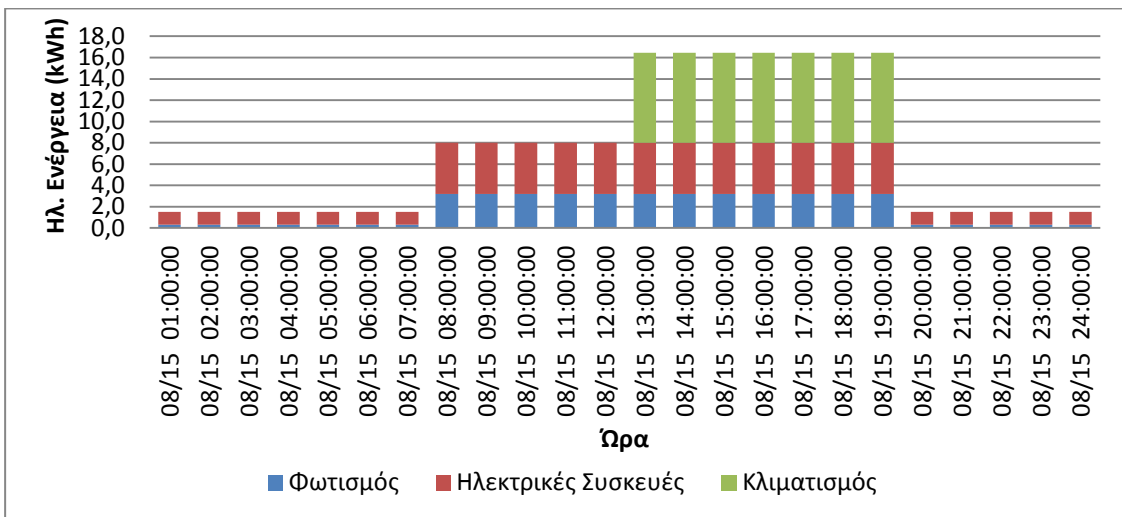
4.3.4 ΚΕΝΤΡΟ ΥΓΕΙΑΣ

Στα διαγράμματα 4.3.19 και 4.3.20 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του κέντρου υγείας για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.21 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

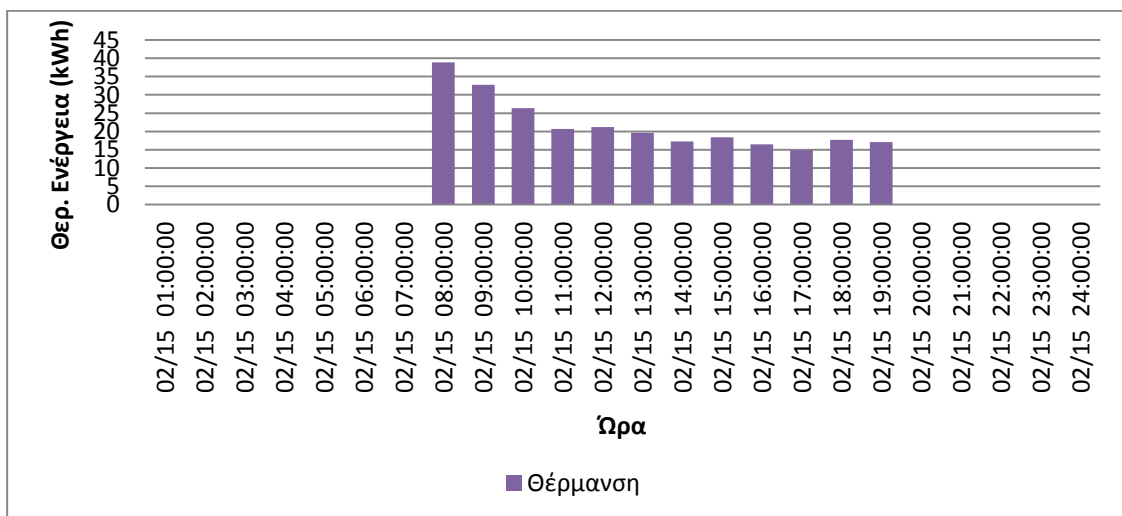
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση το χειμώνα τις ώρες 08:00-19:00 (8 kWh) όπου λειτουργεί το κέντρο υγείας. Το καλοκαίρι μπαίνει σε λειτουργία ο κλιματισμός τις ώρες 12:00-19:00 και έτσι η ηλεκτρική κατανάλωση φτάνει τις 16 kWh. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία από τις 08:00 μέχρι τις 19:00 και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 15 έως 40 kWh.



Διάγραμμα 4.3.19. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση κέντρου υγείας στις 15 Φεβρουαρίου.

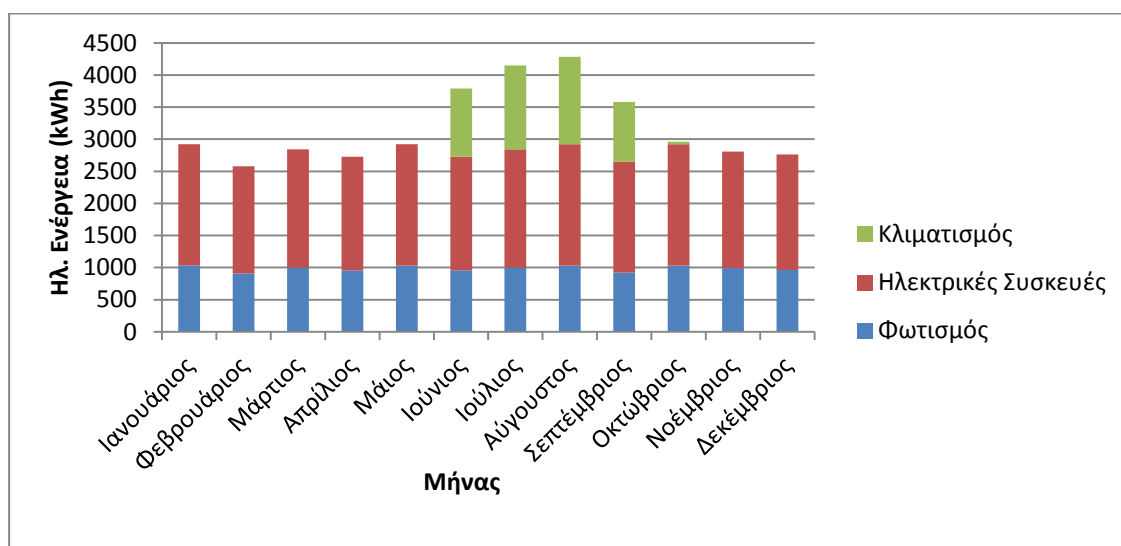


Διάγραμμα 4.3.20. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση κέντρου υγείας στις 15 Αυγούστου.

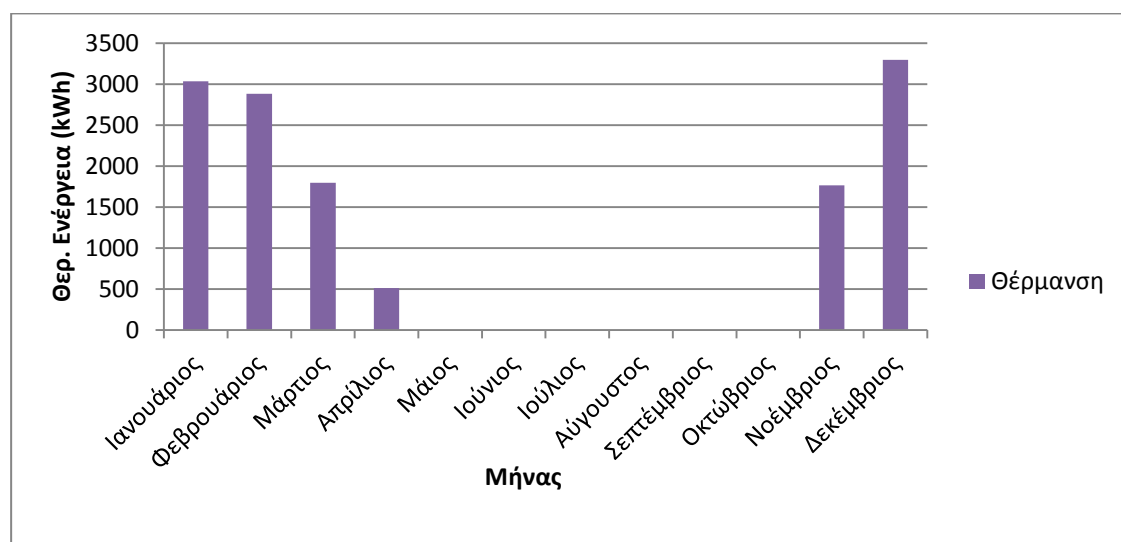


Διάγραμμα 4.3.21. Ωριαία θερμική κατανάλωση κέντρου υγείας στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.22 και 4.3.23 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του κέντρου υγείας. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο όπου μπαίνει σε λειτουργία ο κλιματισμός. Η ηλεκτρική κατανάλωση αυτούς τους μήνες κυμαίνεται από 3500 έως 4300 kWh. Τους υπόλοιπους μήνες η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 2500 kWh έως 2900 kWh. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 500 kWh τον Απρίλιο και φτάνει έως και τις 3300 kWh τον Δεκέμβριο.

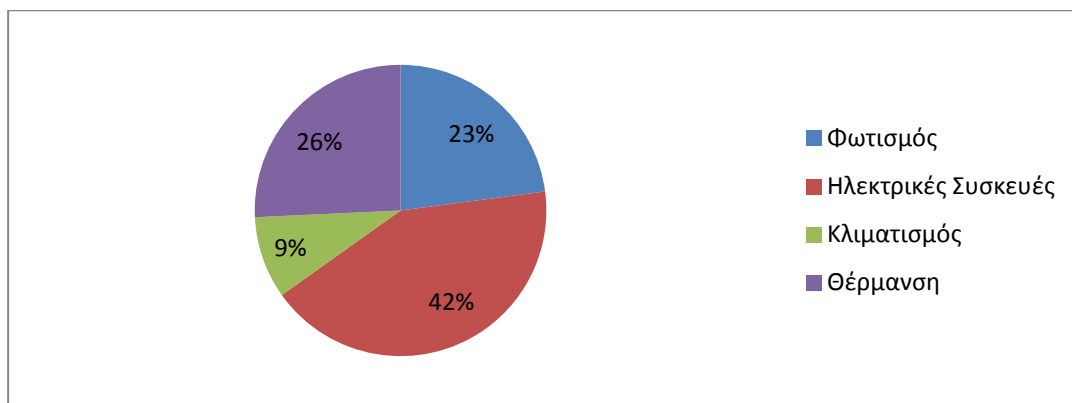


Διάγραμμα 4.3.22. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση κέντρου υγείας.



Διάγραμμα 4.3.23. Μηνιαία θερμική κατανάλωση κέντρου υγείας.

Στο διάγραμμα 4.3.24 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του κέντρου υγείας. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν οι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες καταναλώνουν 21787.217 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθεί το σύστημα θέρμανσης με 13278.073 kWh, ο φωτισμός με 11823.369 kWh και κλιματισμός με 4700.038 kWh.



Διάγραμμα 4.3.24. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης κέντρου υγείας κατά τελική χρήση.

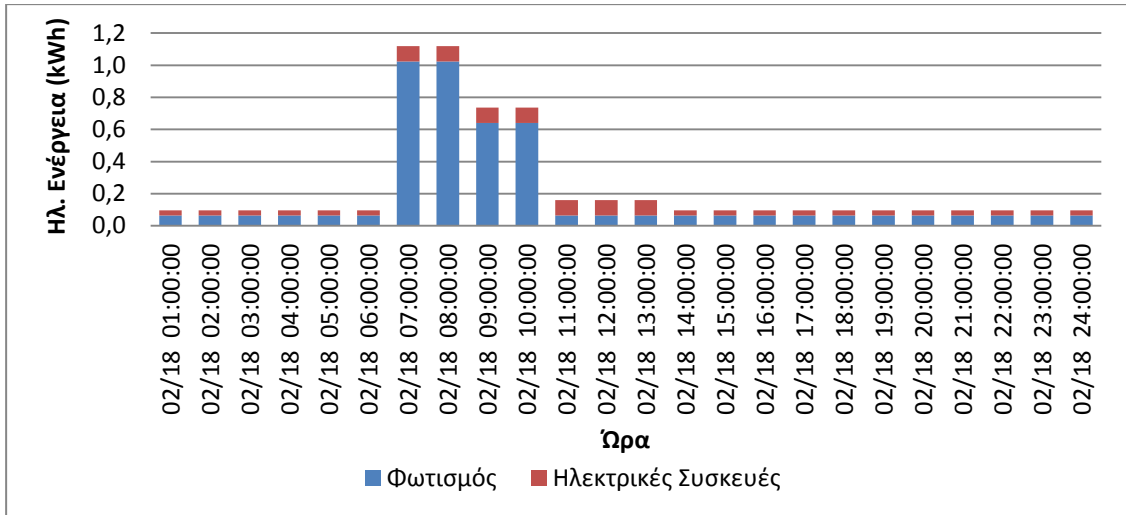
Συνολικά, για το κτίριο του κέντρου υγείας η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 38310.625 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 13278.073 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 314.267 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική από γειτονικά νησιά, όπου είναι περίπου στις 350 kWh/m² για ιατρεία, διότι δεν ήταν διαθέσιμη για τη νήσο Κύθνο, η κατανάλωση που προέκυψε είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικής εικόνας.

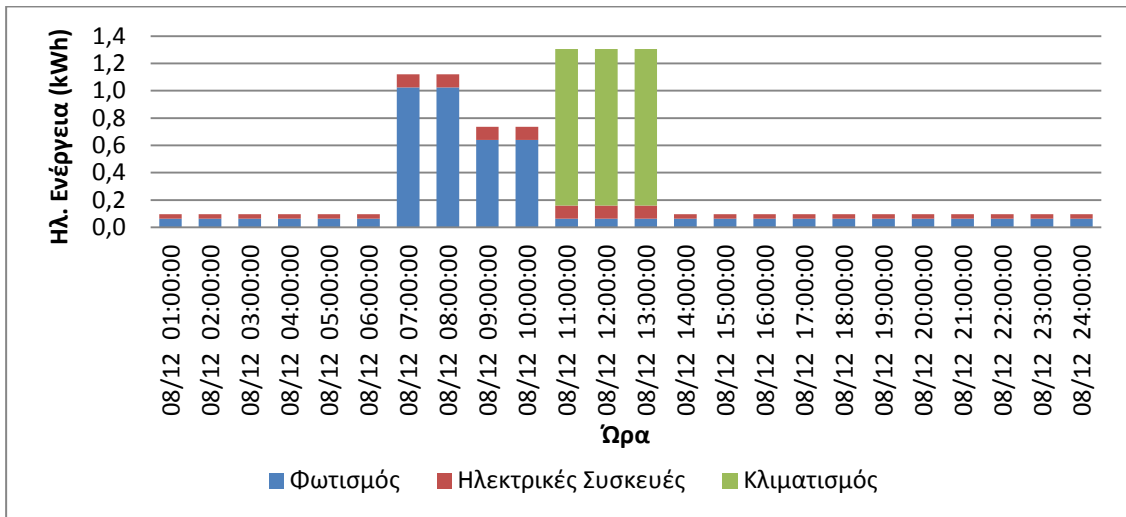
4.3.5 ΕΚΚΛΗΣΙΑ

Στα διαγράμματα 4.3.25 και 4.3.26 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση της εκκλησίας για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 18 Φεβρουαρίου και στις 12 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.27 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 18 Φεβρουαρίου.

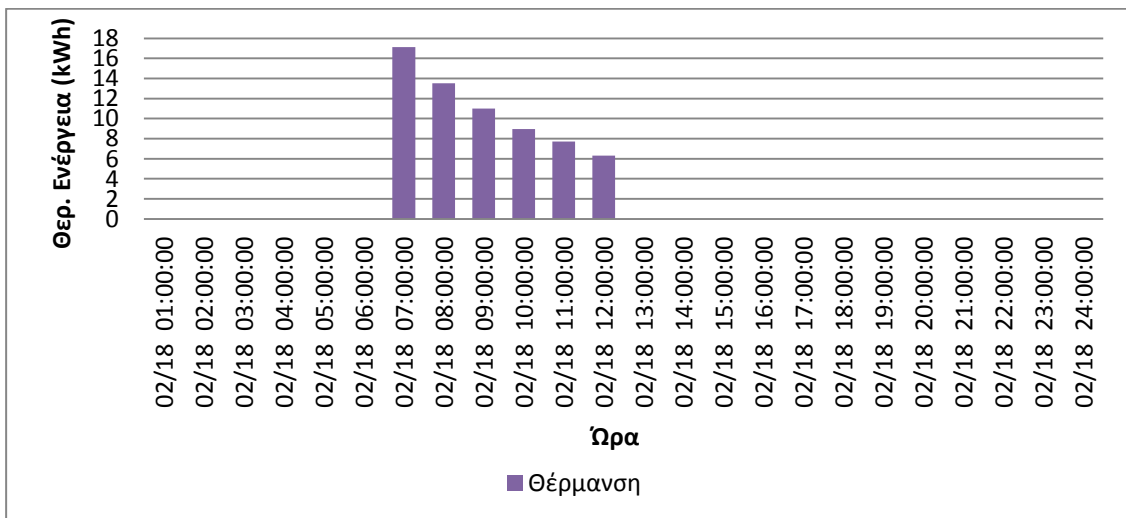
Η εκκλησία λειτουργεί κυρίως τις Κυριακές από τις 06:00 έως τις 13:00. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τις ώρες 07:00-10:00 (0.7 με 1.1 kWh) όπου είναι σε λειτουργία το μεγαλύτερο μέρος των φωτιστικών. Τις ημέρες του καλοκαιριού μπαίνει σε λειτουργία ο κλιματισμός τις ώρες 11:00-13:00 και η ηλεκτρική κατανάλωση φτάνει τις 1.3 kWh. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τις ώρες 07:00-12:00 και καταναλώνει από 6 έως 17 kWh.



Διάγραμμα 4.3.25. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση εκκλησίας στις 18 Φεβρουαρίου.

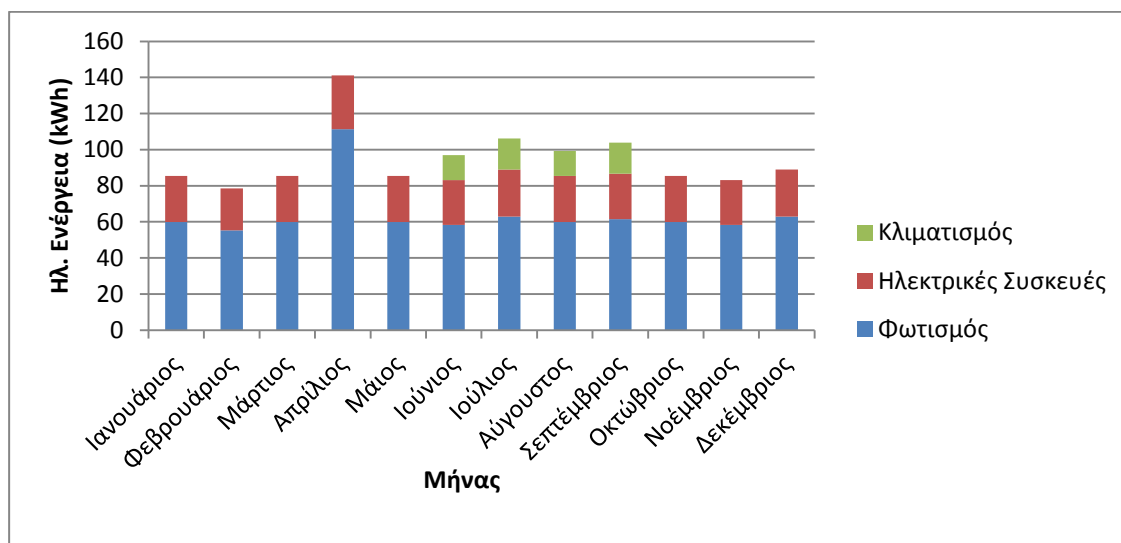


Διάγραμμα 4.3.26. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση εκκλησίας στις 12 Αυγούστου.

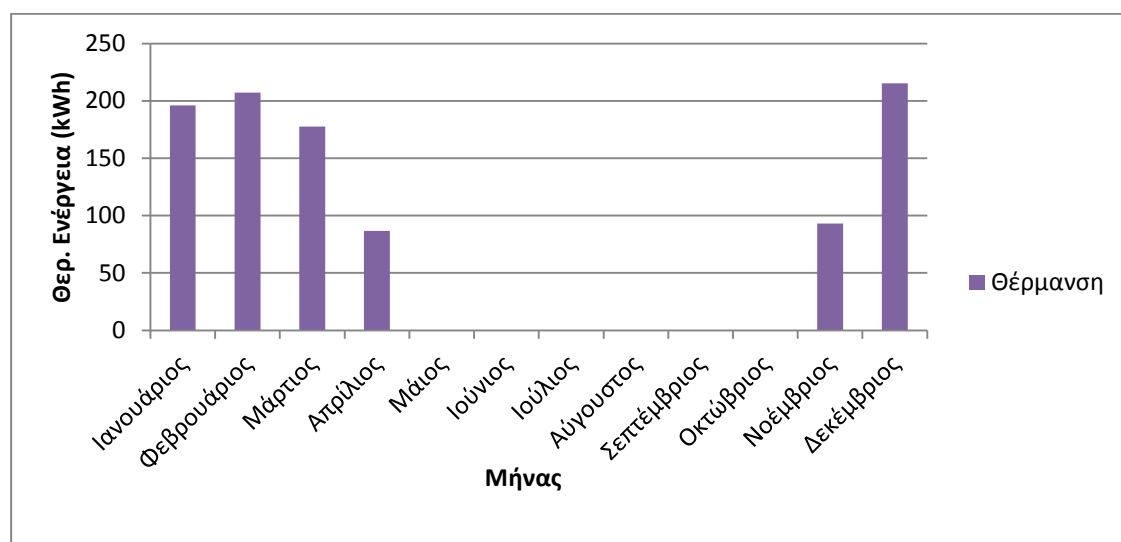


Διάγραμμα 4.3.27. Ωριαία θερμική κατανάλωση εκκλησίας στις 18 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.28 και 4.3.29 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση της εκκλησίας. Η εκκλησία καταναλώνει την περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια το μήνα Απρίλιο (140 kWh) και αυτό γιατί λειτουργεί τις ημέρες της Μεγάλης Εβδομάδας. Τους υπόλοιπους μήνες η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται από 80 έως 110 kWh. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 80 kWh τον Απρίλιο και φτάνει τις 220 kWh το Δεκέμβριο.

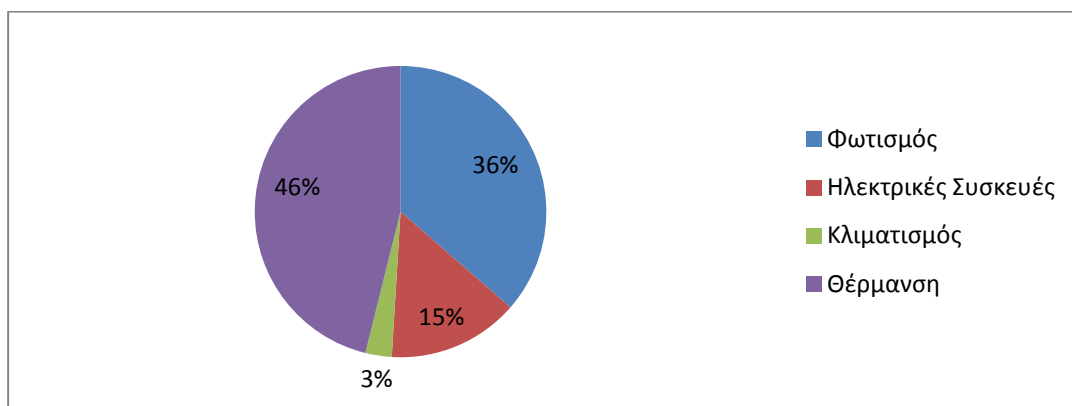


Διάγραμμα 4.3.28. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση εκκλησίας.



Διάγραμμα 4.3.29. Μηνιαία θερμική κατανάλωση εκκλησίας.

Στο διάγραμμα 4.3.30 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο της εκκλησίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει το σύστημα θέρμανσης το οποίο καταναλώνει 975.821 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθεί ο φωτισμός με 770.305 kWh, οι ηλεκτρικές συσκευές με 308.160 kWh και ο κλιματισμός με 61.813 kWh.



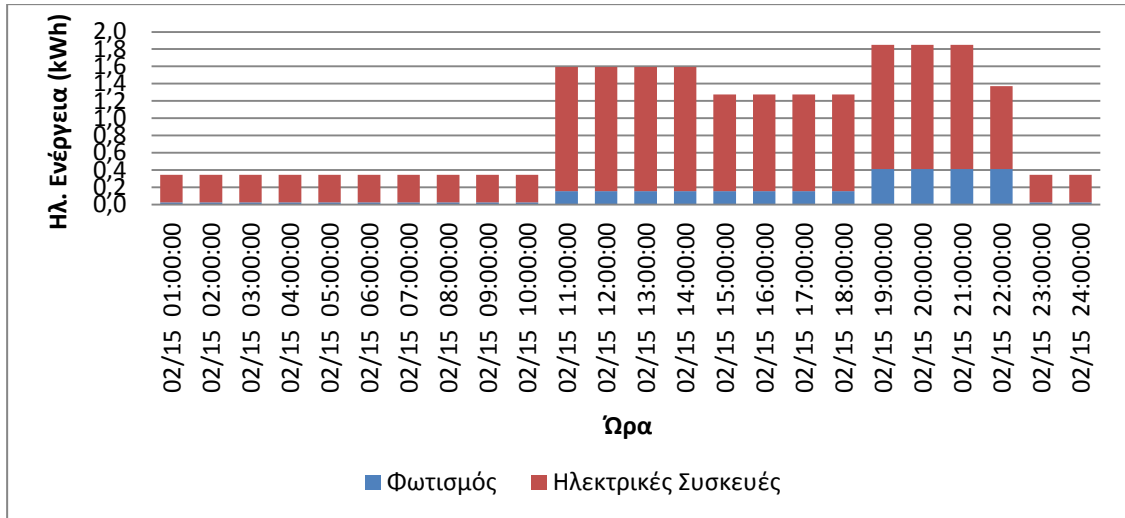
Διάγραμμα 4.3.30. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης εκκλησίας κατά τελική χρήση.

Συνολικά, για το κτίριο της εκκλησίας η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 1140.278 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 975.821 kWh.

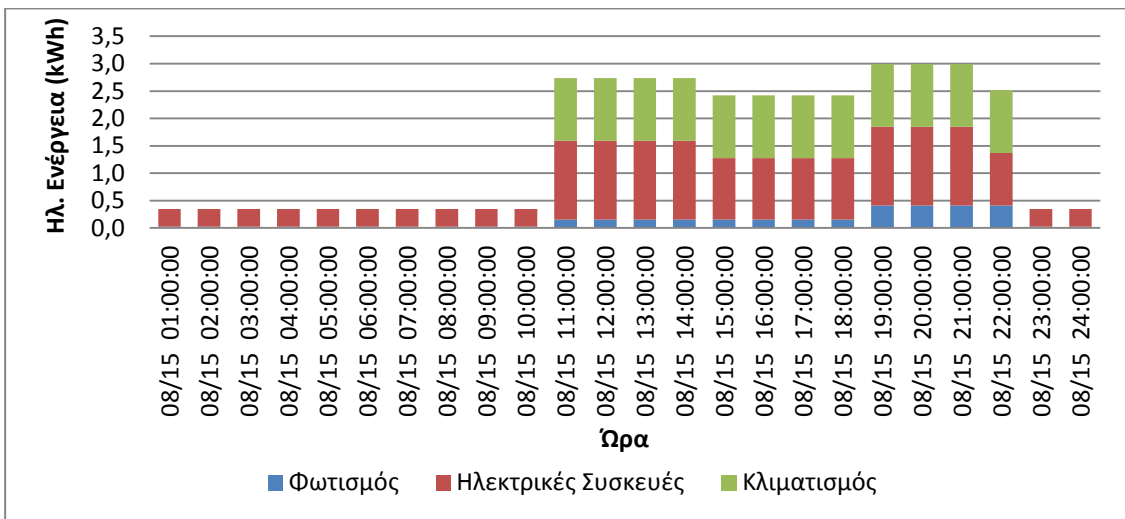
4.3.6 ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΟ

Στα διαγράμματα 4.3.31 και 4.3.32 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του εστιατορίου για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.33 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

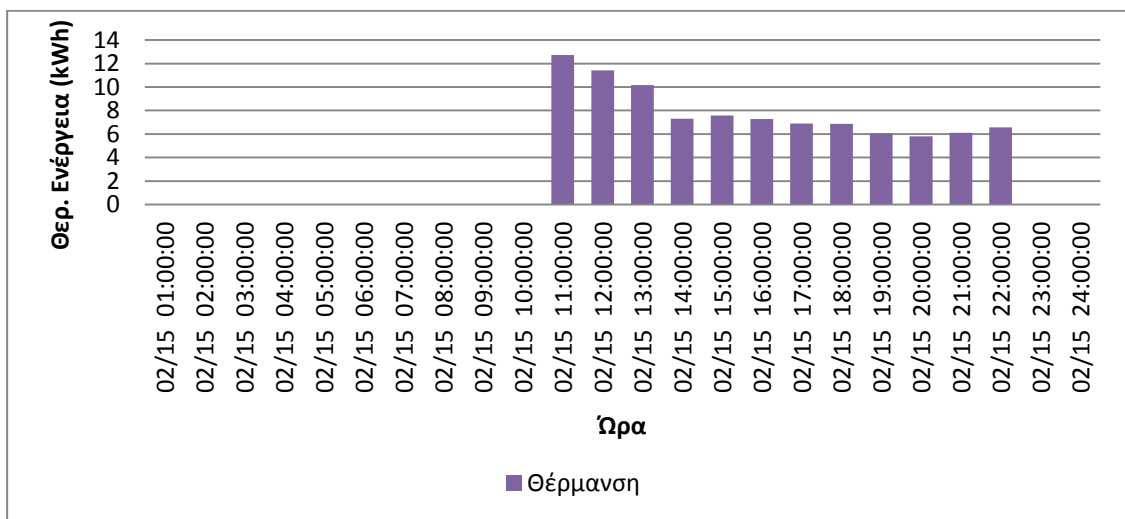
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση το χειμώνα τις ώρες 11:00-14:00 (1.55 kWh) λόγω χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών της κουζίνας και τις ώρες 19:00-22:00 (1.9 kWh) όπου παράλληλα με τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών μπαίνει σε λειτουργία το μεγαλύτερο μέρος του φωτισμού. Το καλοκαίρι παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση (2.4 με 3 kWh) όλες τις ώρες λειτουργίας του εστιατορίου λόγω της χρήσης των κλιματιστικών. Το σύστημα θέρμανσης είναι σε λειτουργία το χειμώνα και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 6 έως 13 kWh.



Διάγραμμα 4.3.31. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση εστιατορίου στις 15 Φεβρουαρίου.

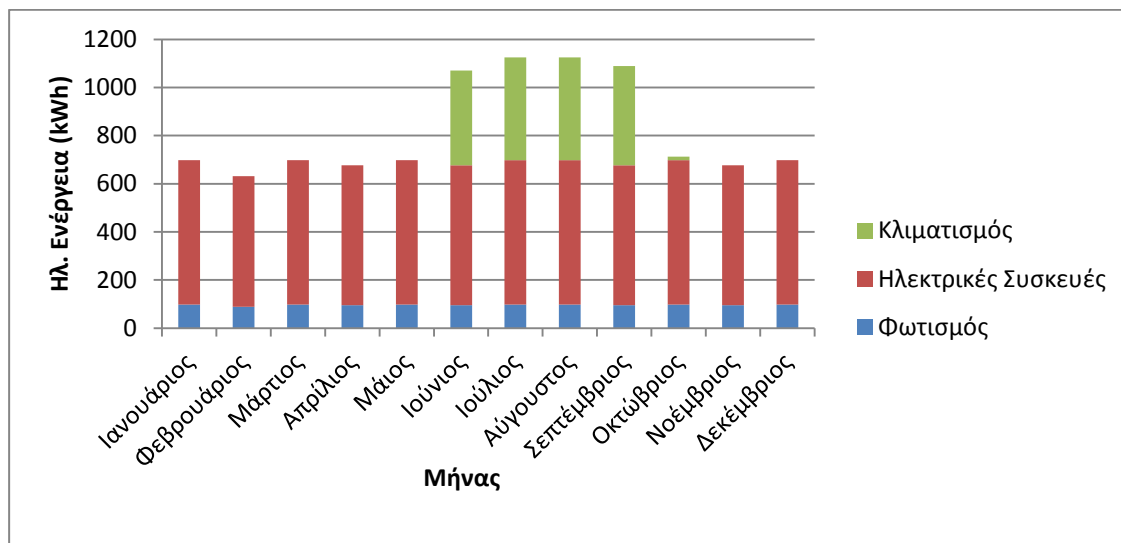


Διάγραμμα 4.3.32. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση εστιατορίου στις 15 Αυγούστου.

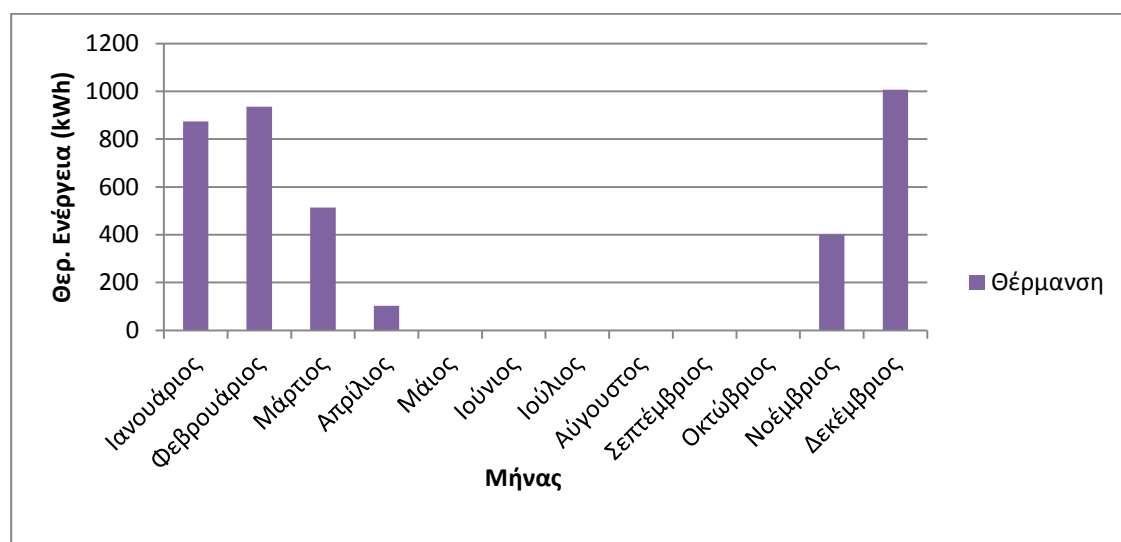


Διάγραμμα 4.3.33. Ωριαία θερμική κατανάλωση εστιατορίου στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.34 και 4.3.35 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του εστιατορίου. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και αυτό γιατί μπαίνουν σε λειτουργία τα κλιματιστικά. Η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 620 kWh τον Φεβρουάριο και φτάνει τις 1100 kWh τον Αύγουστο. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 100 kWh τον Απρίλιο και φτάνει τις 1000 kWh το Δεκέμβριο.

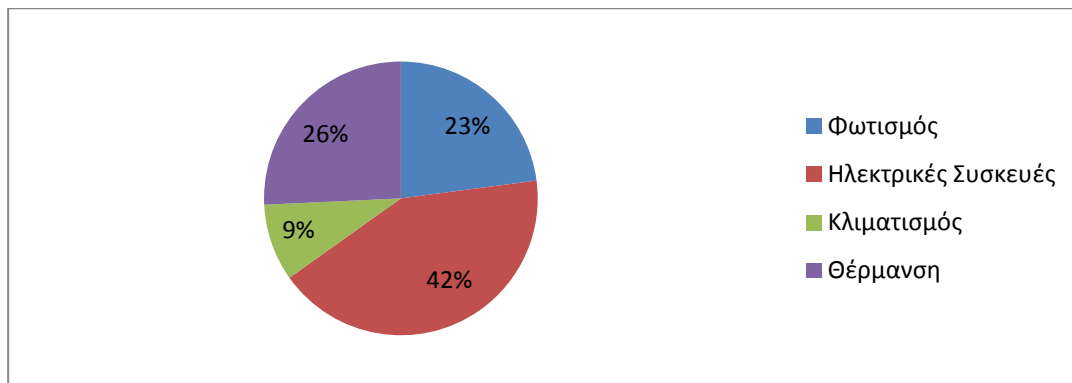


Διάγραμμα 4.3.34. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση εστιατορίου.



Διάγραμμα 4.3.35. Μηνιαία θερμική κατανάλωση εστιατορίου.

Στο διάγραμμα 4.3.36 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του εστιατορίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν οι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες καταναλώνουν 7066.406 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθούν, το σύστημα θέρμανσης με 3835.002 kWh, ο κλιματισμός με 1673.022 kWh και ο φωτισμός με 1158.657 kWh.



Διάγραμμα 4.3.36. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης εστιατορίου κατά τελική χρήση.

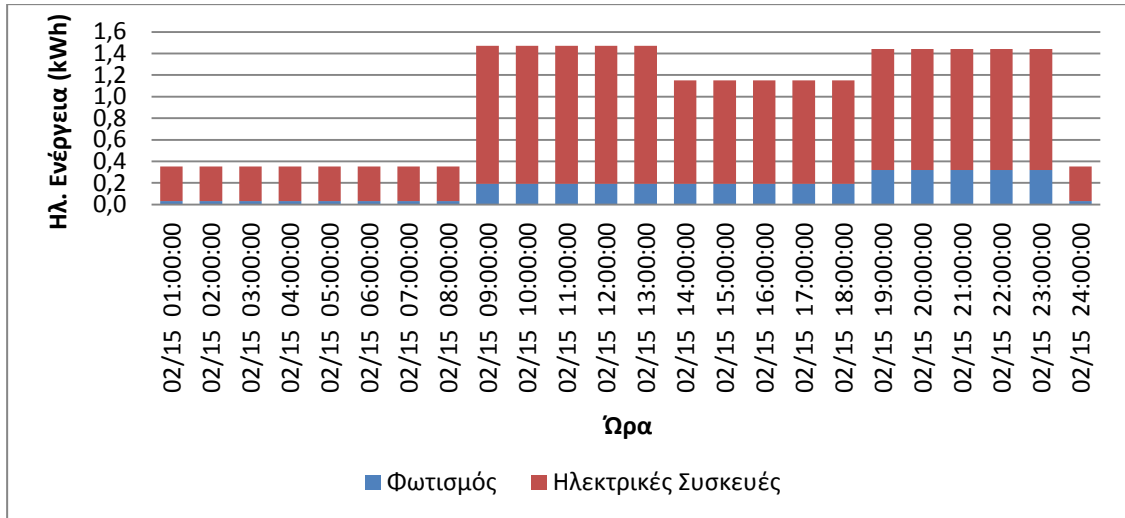
Συνολικά, για το κτίριο του εστιατορίου η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 9898.085 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 3835.002 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 411.537 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική (πίνακας 3.2.2, ενότητα 3.2), όπου είναι 991.770 kWh/m², βλέπουμε ότι η πραγματική είναι σχεδόν διπλάσια σε σχέση με αυτή που προέκυψε από τη μοντελοποίηση. Βέβαια, διαθέσιμα ήταν μόνο τρία ΠΕΑ για τα εστιατόρια της νήσου Κύθνου, άρα η τιμή της πραγματικής κατανάλωσης που προκύπτει αφορά μεγάλα εστιατόρια. Στο σύνολο των κτιρίων, το φορτίο αυτό δεν επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα.

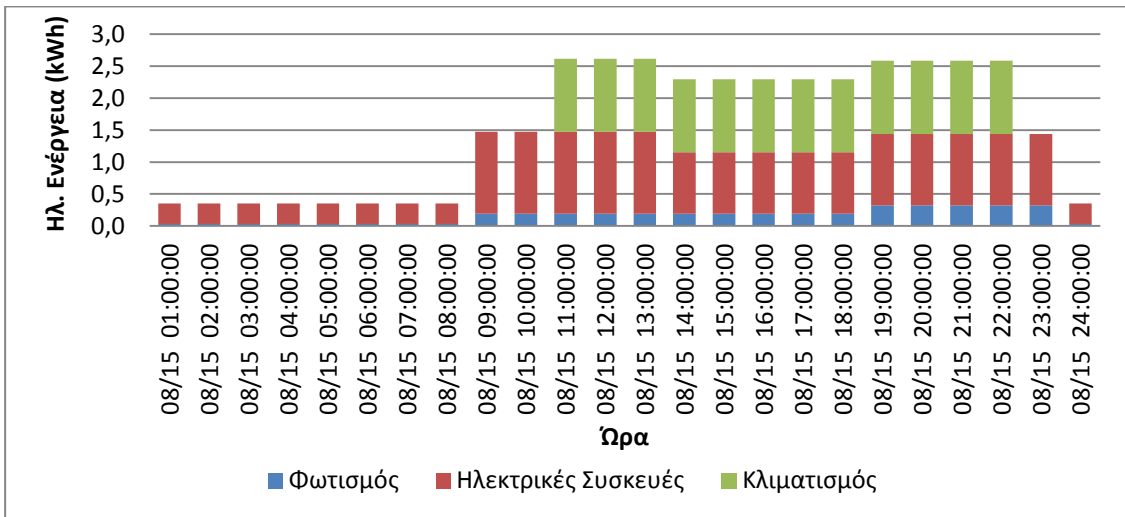
4.3.7 ΚΑΦΕΝΕΙΟ

Στα διαγράμματα 4.3.37 και 4.3.38 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του καφενείου για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.39 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

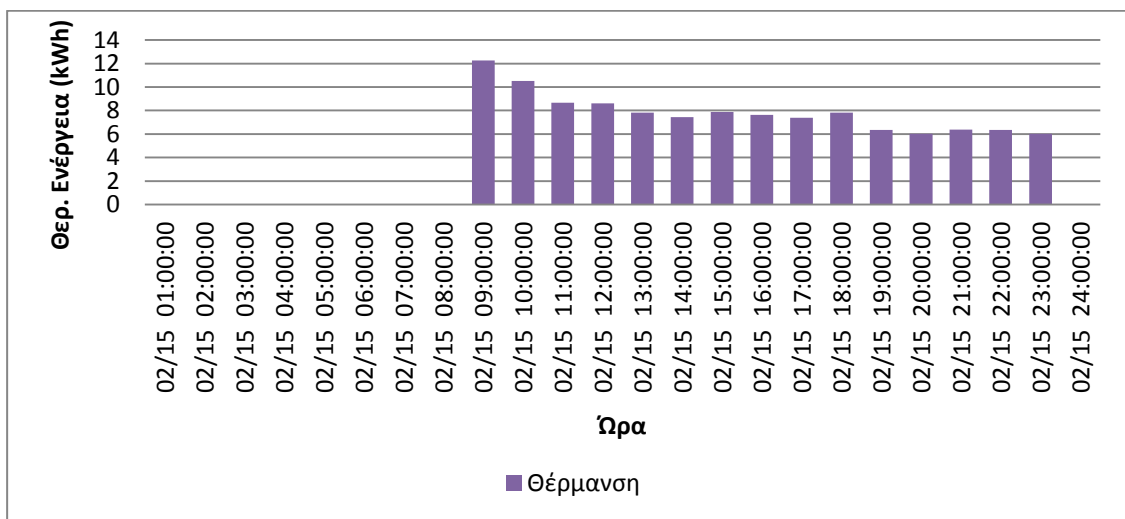
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση το χειμώνα τις ώρες 09:00-13:00 (1.5 kWh) λόγω χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών και τις ώρες 19:00-23:00 (1.5 kWh) όπου παράλληλα με τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών μπαίνει σε λειτουργία το μεγαλύτερο μέρος του φωτισμού. Το καλοκαίρι παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση (2.2 με 2.6 kWh) τις ώρες λειτουργίας των κλιματιστικών, δηλαδή 11:00-23:00. Το σύστημα θέρμανσης είναι σε λειτουργία το χειμώνα και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 6 έως 12 kWh.



Διάγραμμα 4.3.37. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση καφενείου στις 15 Φεβρουαρίου.

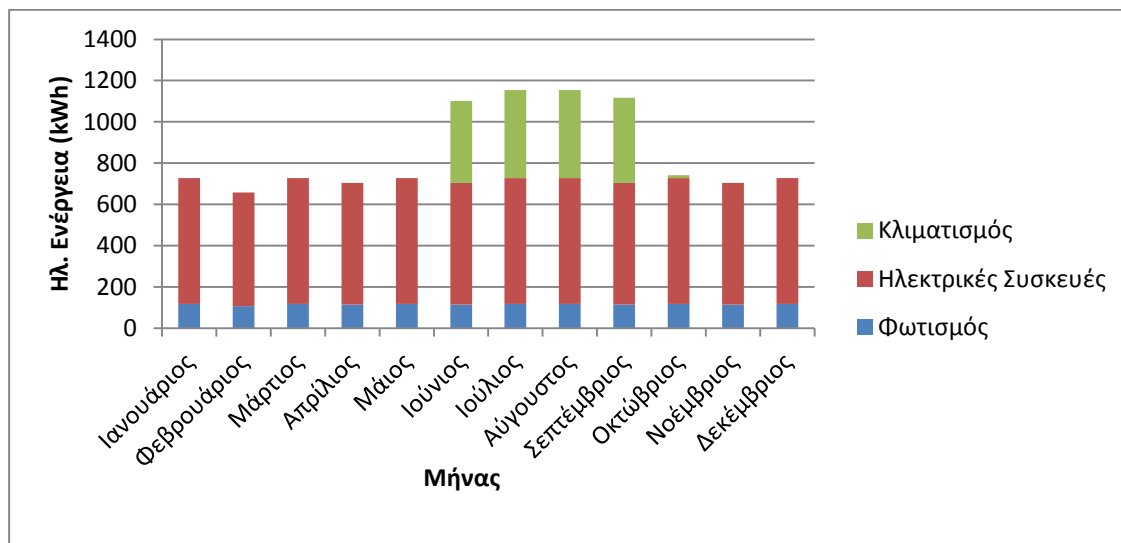


Διάγραμμα 4.3.38. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση καφενείου στις 15 Αυγούστου.

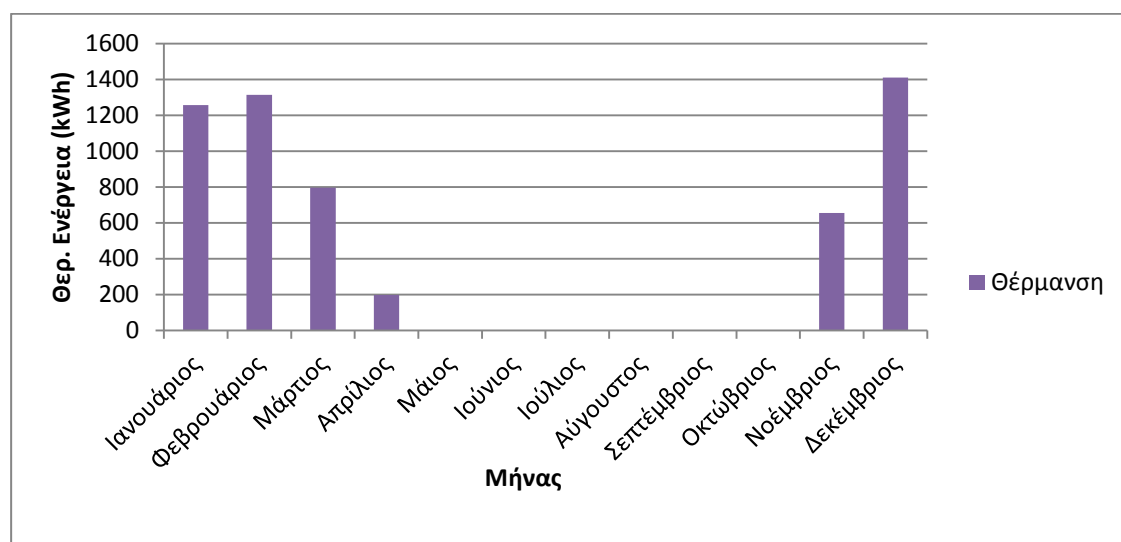


Διάγραμμα 4.3.39. Ωριαία θερμική κατανάλωση καφενείου στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.40 και 4.3.41 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του καφενείου. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και αυτό γιατί μπαίνουν σε λειτουργία τα κλιματιστικά. Η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 620 kWh τον Φεβρουάριο και φτάνει τις 1150 kWh τον Αύγουστο. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 200 kWh τον Απρίλιο και φτάνει τις 1400 kWh το Δεκέμβριο.

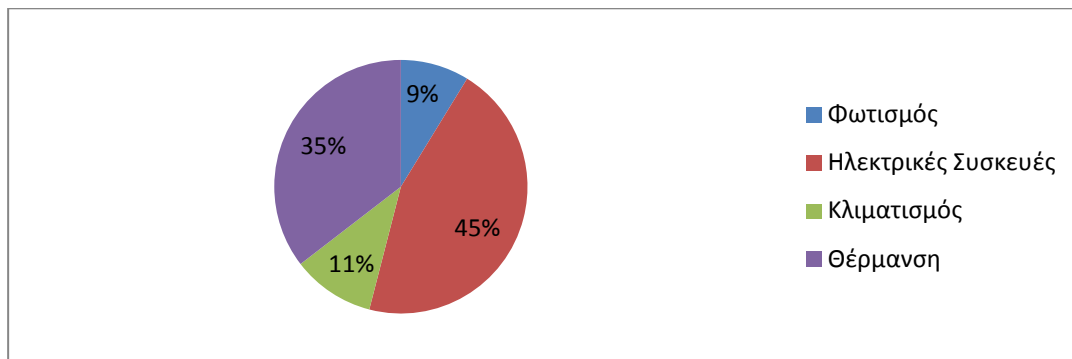


Διάγραμμα 4.3.40. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση καφενείου.



Διάγραμμα 4.3.41. Μηνιαία θερμική κατανάλωση καφενείου.

Στο διάγραμμα 4.3.42 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του καφενείου. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν οι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες καταναλώνουν 7183.206 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθούν, το σύστημα θέρμανσης με 5625.968 kWh, ο κλιματισμός με 1674.639 kWh και ο φωτισμός με 1389.921 kWh.



Διάγραμμα 4.3.42. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης καφενείου κατά τελική χρήση.

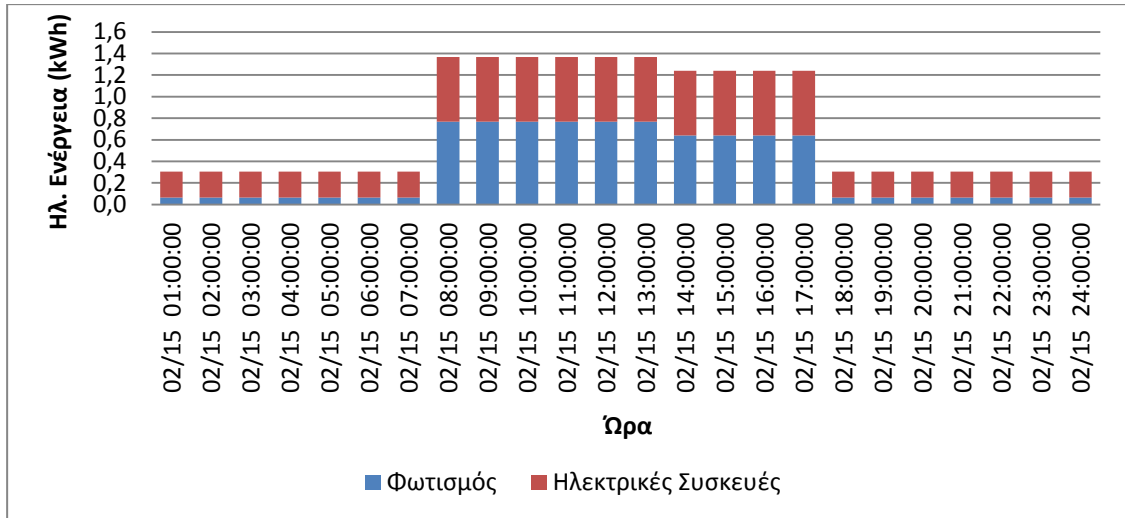
Συνολικά, για το κτίριο του καφενείου η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 10247.766 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 5625.968 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 448.839 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική (πίνακας 3.2.2, ενότητα 3.2), όπου είναι 630.520 kWh/m², βλέπουμε ότι η πραγματική είναι κατά σχεδόν 200 kWh/m² μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή που προέκυψε από τη μοντελοποίηση. Αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τους καλοκαιρινούς μήνες, τα καφενεία της νήσου Κύθνου παραμένουν ανοιχτά περισσότερες ώρες.

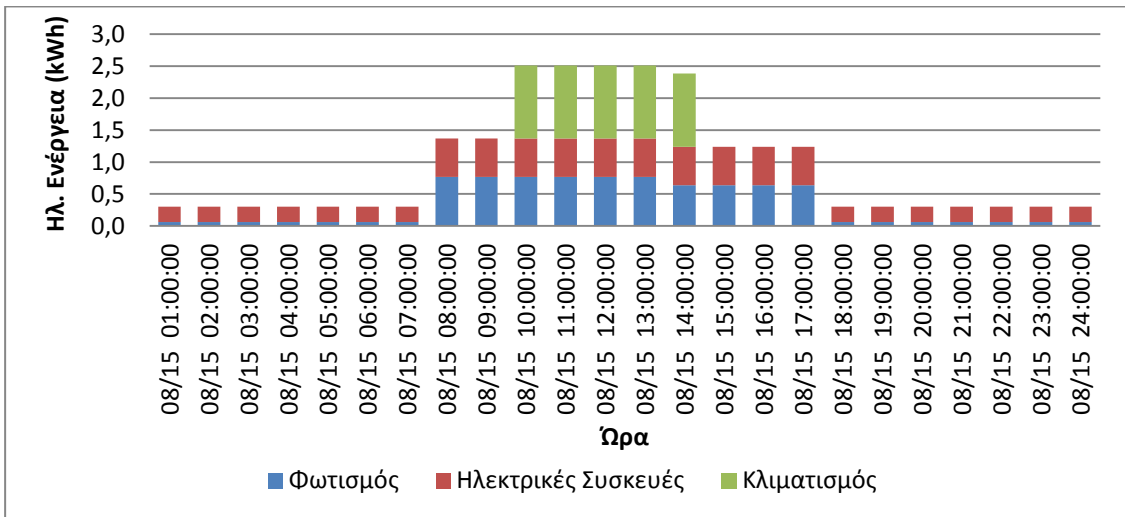
4.3.8 ΓΡΑΦΕΙΟ

Στα διαγράμματα 4.3.43 και 4.3.44 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του γραφείου για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.45 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

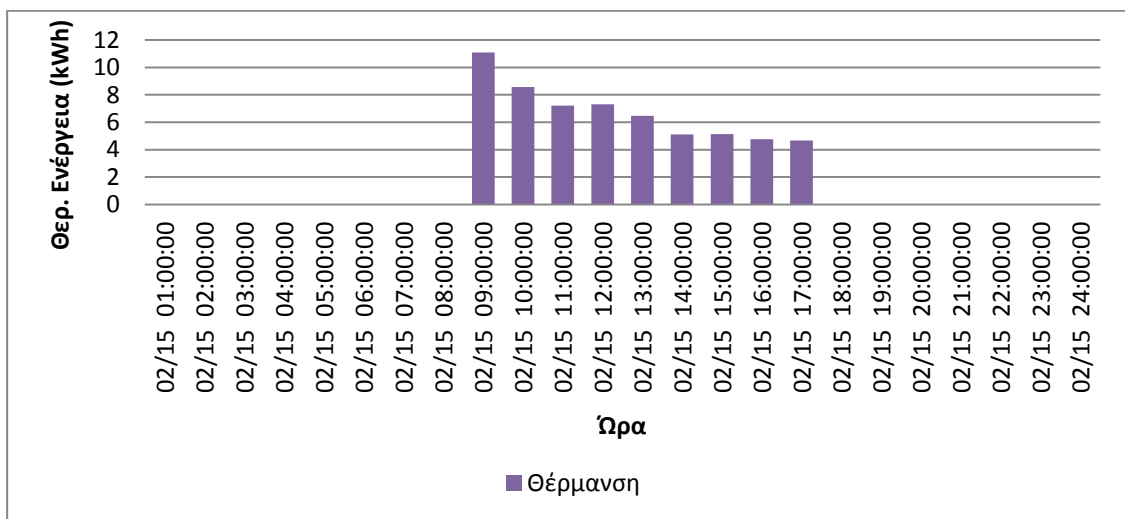
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται το χειμώνα αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τις ώρες 08:00-17:00 (1.2 με 1.3 kWh), όπου λειτουργεί το γραφείο, λόγω φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας η ηλεκτρική κατανάλωση οφείλεται στο standby φορτίο (ηλεκτρονικούς υπολογιστές, συστήματα συναγερμού). Το καλοκαίρι τις ώρες 10:00-14:00 η ηλεκτρική κατανάλωση φτάνει τις 2.5 kWh λόγω λειτουργίας του κλιματιστικού. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία το χειμώνα από τις 09:00 μέχρι τις 17:00 και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 4.5 έως 11 kWh.



Διάγραμμα 4.3.43. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση γραφείου στις 15 Φεβρουαρίου.

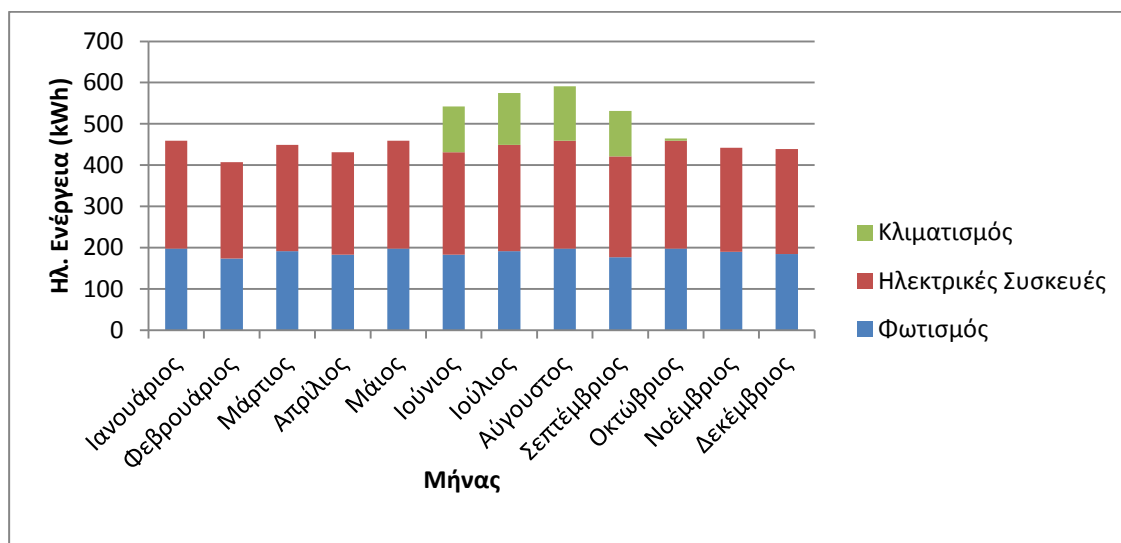


Διάγραμμα 4.3.44. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση γραφείου στις 15 Αυγούστου.

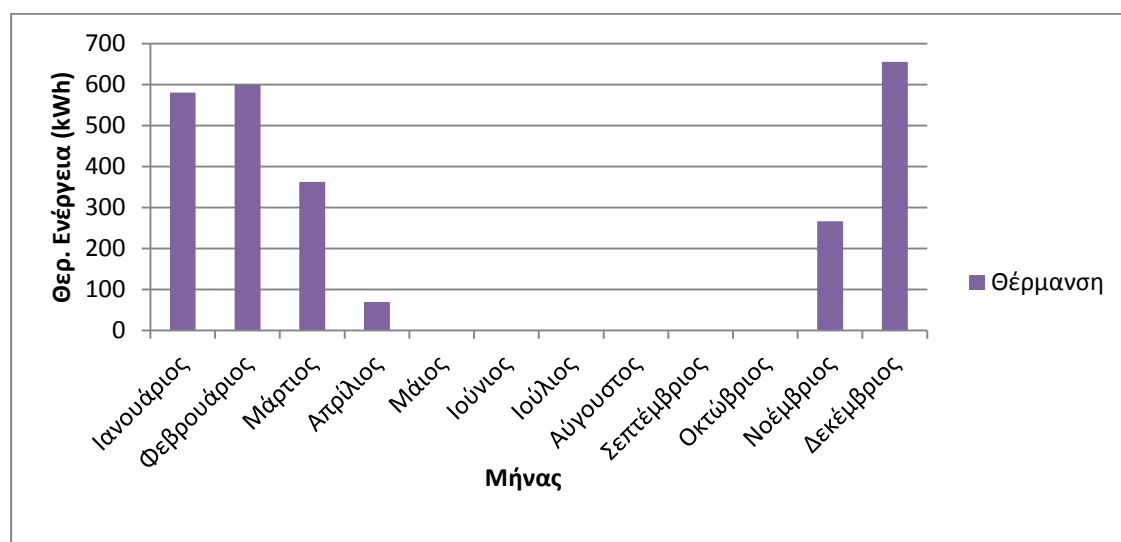


Διάγραμμα 4.3.45. Ωριαία θερμική κατανάλωση γραφείου στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.46 και 4.3.47 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του γραφείου. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο όπου μπαίνει σε λειτουργία ο κλιματισμός. Η ηλεκτρική κατανάλωση αυτούς τους μήνες κυμαίνεται από 520 έως 590 kWh. Τους υπόλοιπους μήνες η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 400 kWh έως 430 kWh. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 50 kWh τον Απρίλιο και φτάνει έως και τις 650 kWh τον Δεκέμβριο.

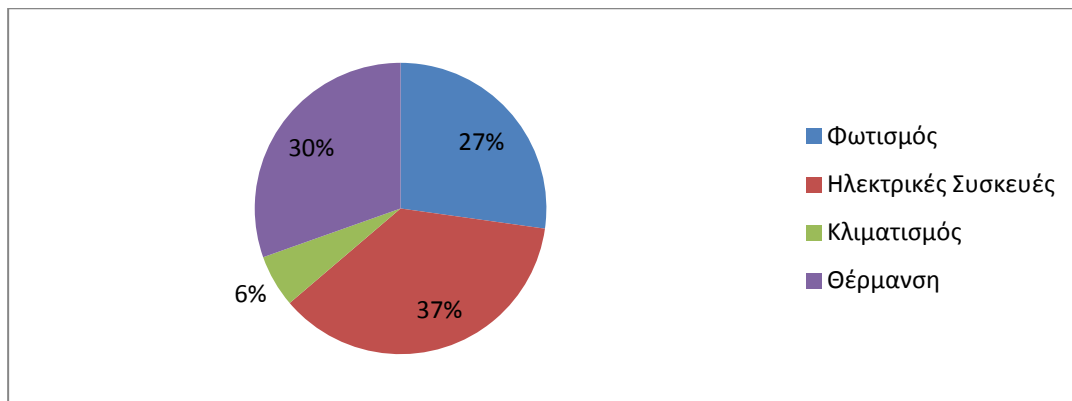


Διάγραμμα 4.3.46. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση γραφείου.



Διάγραμμα 4.3.47. Μηνιαία θερμική κατανάλωση γραφείου.

Στο διάγραμμα 4.3.48 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του γραφείου. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν οι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες καταναλώνουν 3042.002 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθούν, το σύστημα θέρμανσης με 2531.901 kWh, ο φωτισμός με 2264.450 kWh και ο κλιματισμός με 483.719 kWh.



Διάγραμμα 4.3.48. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης γραφείου κατά τελική χρήση.

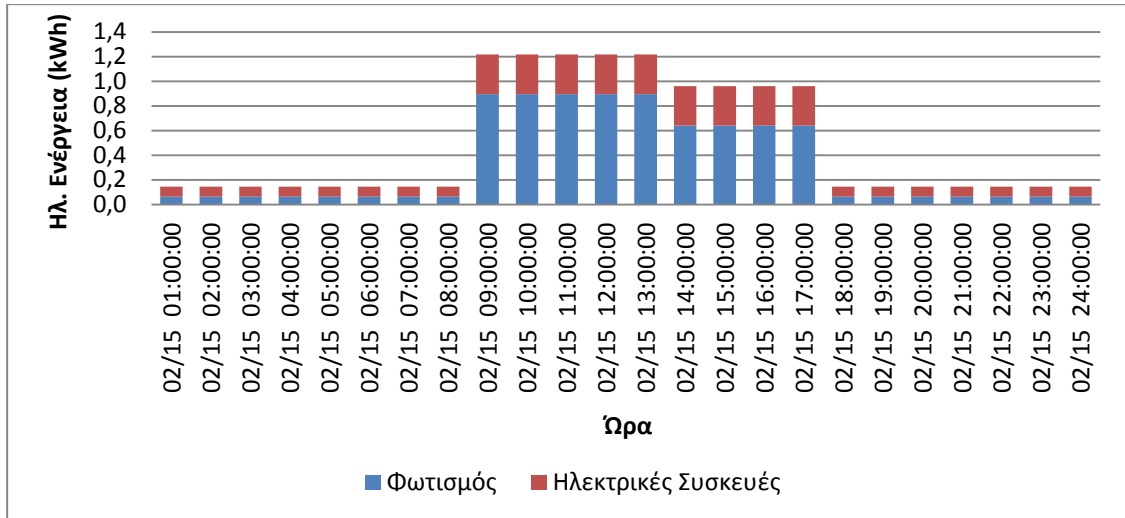
Συνολικά, για το κτίριο του γραφείου η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 5790.171 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 2531.901 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 244.707 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική από γειτονικά νησιά, όπου είναι περίπου στις 280.000 kWh/m², διότι δεν ήταν διαθέσιμη για τη νήσο Κύθνο, η κατανάλωση που προέκυψε είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικής εικόνας.

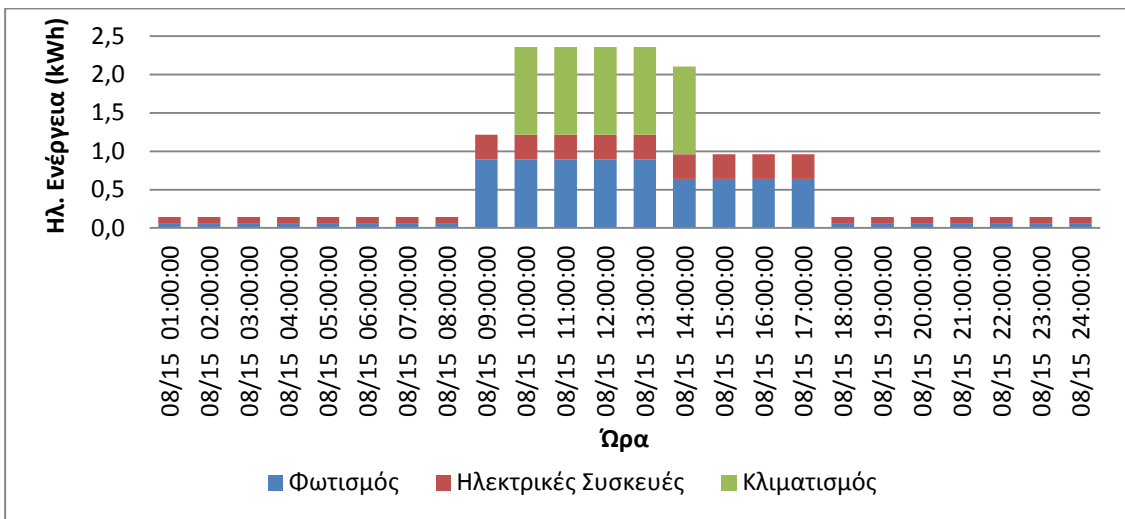
4.3.9 ΚΑΤΑΣΤΗΜΑ

Στα διαγράμματα 4.3.49 και 4.3.50 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση του καταστήματος για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμό στις 15 Φεβρουαρίου και στις 15 Αυγούστου αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 4.3.51 φαίνεται η ωριαία θερμική κατανάλωση στις 15 Φεβρουαρίου.

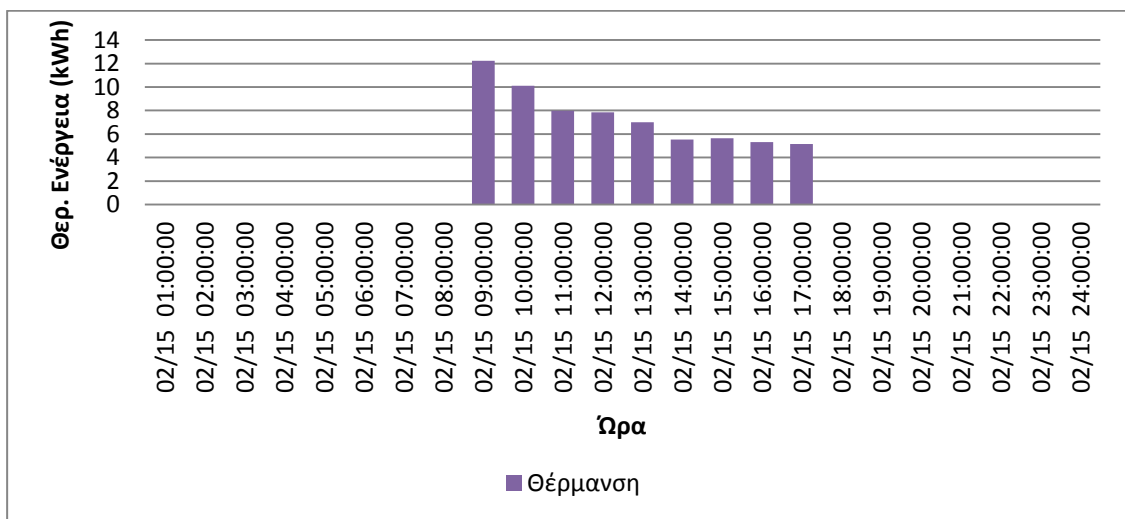
Από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται το χειμώνα αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τις ώρες 09:00-17:00 (0.9 με 1.2 kWh), όπου λειτουργεί το κατάστημα, λόγω κυρίως της λειτουργίας των φωτιστικών. Το καλοκαίρι, τις ώρες 10:00-14:00 η ηλεκτρική κατανάλωση φτάνει τις 2.3 kWh λόγω λειτουργίας του κλιματιστικού. Το σύστημα θέρμανσης μπαίνει σε λειτουργία το χειμώνα από τις 09:00 μέχρι τις 17:00 και η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 5 έως 12 kWh.



Διάγραμμα 4.3.49. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση καταστήματος στις 15 Φεβρουαρίου.

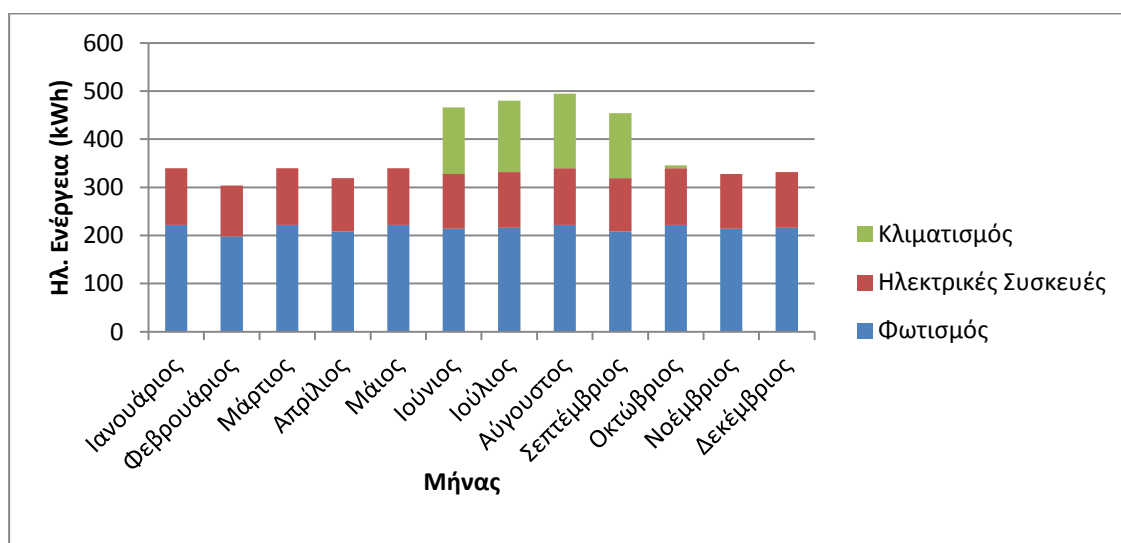


Διάγραμμα 4.3.50. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση καταστήματος στις 15 Αυγούστου.

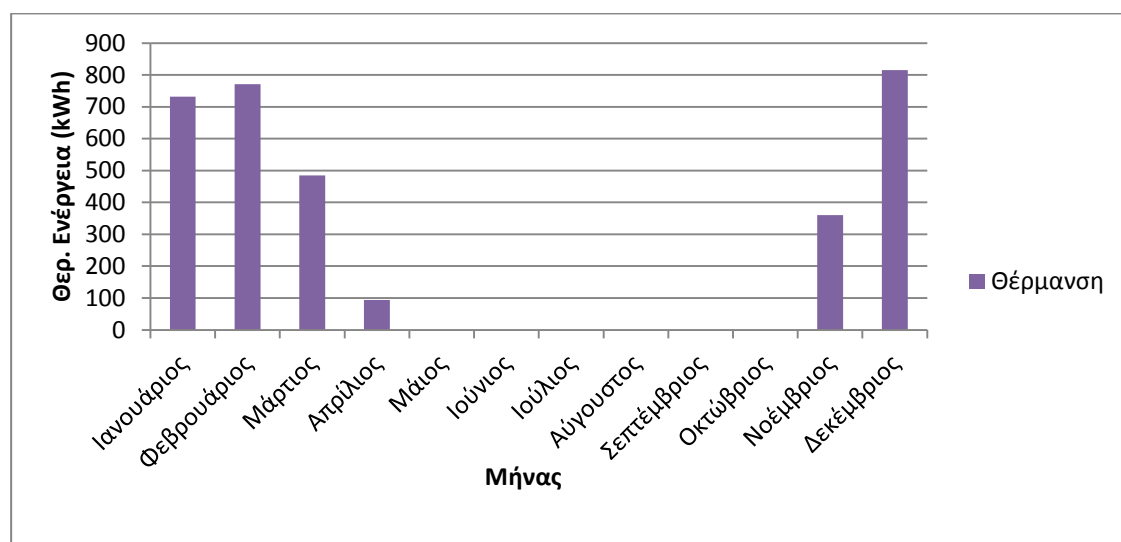


Διάγραμμα 4.3.51. Ωριαία θερμική κατανάλωση καταστήματος στις 15 Φεβρουαρίου.

Στα διαγράμματα 4.3.52 και 4.3.53 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση του καταστήματος. Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο όπου μπαίνει σε λειτουργία ο κλιματισμός. Η ηλεκτρική κατανάλωση αυτούς τους μήνες κυμαίνεται από 450 έως 500 kWh. Τους υπόλοιπους μήνες η ηλεκτρική κατανάλωση κυμαίνεται από 300 kWh έως 330 kWh. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται από 100 kWh τον Απρίλιο και φτάνει έως και τις 810 kWh τον Δεκέμβριο.

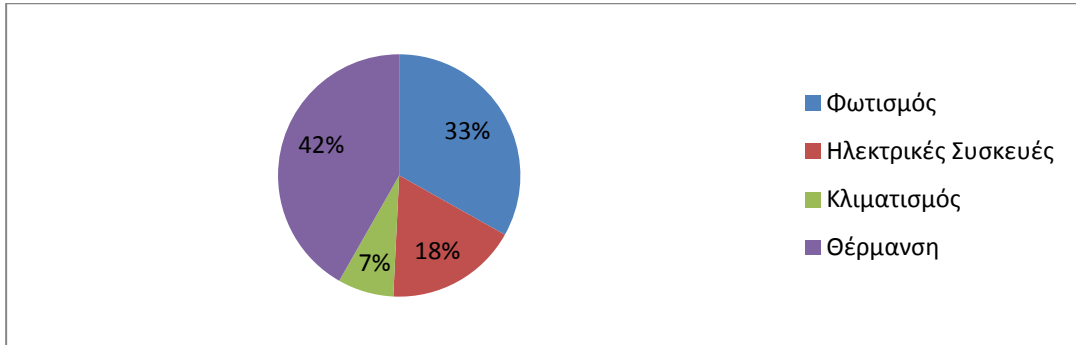


Διάγραμμα 4.3.52. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση καταστήματος.



Διάγραμμα 4.3.53. Μηνιαία θερμική κατανάλωση καταστήματος.

Στο διάγραμμα 4.3.54 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση για το κτίριο του καταστήματος. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει το σύστημα θέρμανσης το οποίο καταναλώνει 3257.233 kWh ενέργειας ετησίως. Ακολουθούν, ο φωτισμός με 2583.874 kWh, οι ηλεκτρικές συσκευές με 1376.881 kWh, και ο κλιματισμός με 582.059 kWh.



Διάγραμμα 4.3.54. Κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης καταστήματος κατά τελική χρήση.

Συνολικά, για το κτίριο του καταστήματος η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ανήλθε στις 4542.814 kWh και η ετήσια θερμική κατανάλωση στις 3257.233 kWh.

Εκφράζοντας τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε πρωτογενή (σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.3, ενότητα 3.2) έχουμε 209.464 kWh/m² κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ετησίως. Συγκρίνοντας με την πραγματική (πίνακας 3.2.2, ενότητα 3.2), όπου είναι 421.420 kWh/m², παρατηρείται ότι η πραγματική είναι σχεδόν διπλάσια σε σχέση με αυτή που προέκυψε από τη μοντελοποίηση. Αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως στον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο κατάστημα τις ώρες λειτουργίας και τη χρήση του καταστήματος.

4.3.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

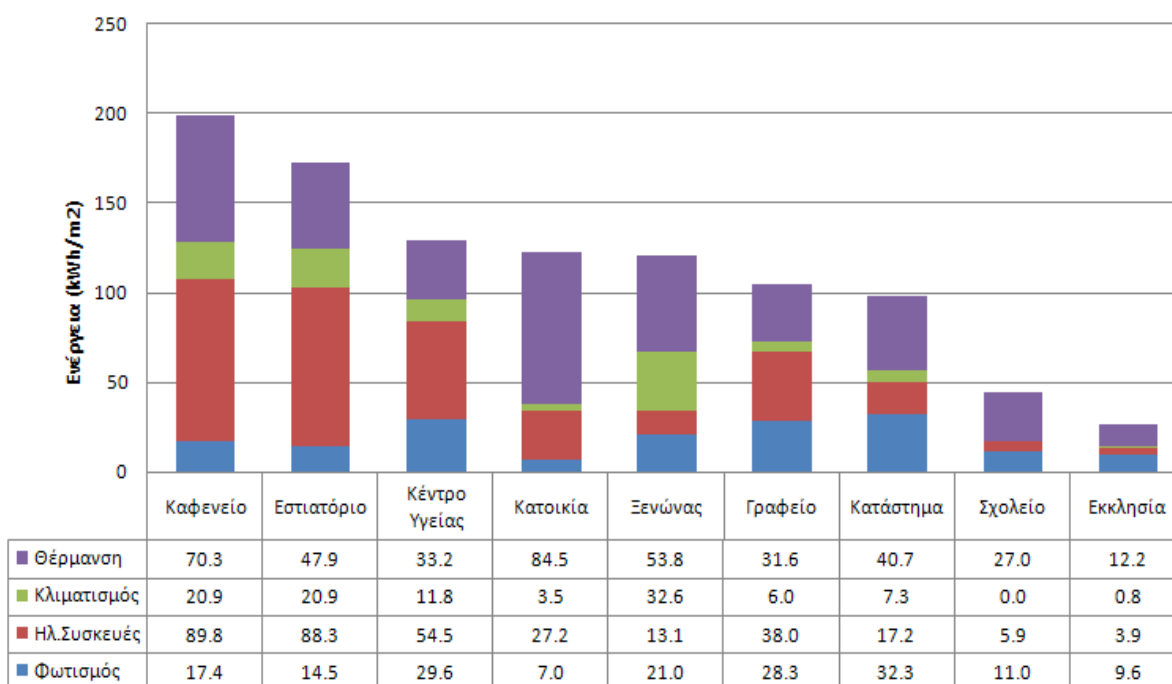
Όπως είδαμε στις προηγούμενες ενότητες, για τους περισσότερους τύπους κτιρίων η συνολική ενεργειακή κατανάλωση που προέκυψε από τη μοντελοποίηση είναι πολύ κοντά στη πραγματική εκτός από μερικές περιπτώσεις όπου είναι λιγότερη. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι πολλά από τα κτίρια της νήσου Κύθνου και ιδιαίτερα τα εστιατόρια, τα καφενεία και τα καταστήματα, λειτουργούν περισσότερες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας και ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Η εισαγωγή των δεδομένων έγινε με βάση τις τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ για τυπικά κτίρια και με πληροφορίες που αντλήθηκαν από διάφορες πηγές, συνεπώς υπάρχουν αποκλίσεις. Παρ’ όλα αυτά τα κτίρια που παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις αποτελούν μικρό φορτίο στο σύνολο των κτιρίων της νήσου Κύθνου και έτσι το τελικό αποτέλεσμα δεν επηρεάζεται σημαντικά. Η βελτιστοποίηση του τελικού αποτελέσματος γίνεται με τον συντελεστή λειτουργίας, ο οποίος παρουσιάζεται στην ενότητα 5.1 και έτσι τα τελικά αποτελέσματα της ενεργειακής κατανάλωσης που προκύπτουν από τη μοντελοποίηση, προσεγγίζουν την πραγματική εικόνα της νήσου Κύθνου σε ικανοποιητικό βαθμό.

Στον πίνακα 4.3.1 φαίνεται η συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που προέκυψε από τη μοντελοποίηση και η αντίστοιχη πραγματική σύμφωνα με τα διαθέσιμα ΠΕΑ, που παρουσιάστηκαν και σχολιάστηκαν στις ενότητες 4.3.1 έως 4.3.9.

Κτίριο	Συνολική Πρωτογενής Ενεργειακή Κατανάλωση όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση (KWh/m ²)	Συνολική Πρωτογενής Ενεργειακή Κατανάλωση σύμφωνα με τα διαθέσιμα ΠΕΑ (KWh/m ²)	Διαφορά (KWh/m ²)
Κατοικία	202.114	195.490	6.624
Ξενώνας	252.889	306.000	53.111
Σχολείο	78.743	88.100	9.357
Κέντρο Υγείας	314.267	350.000	35.733
Εκκλησία	54.753	-	-
Εστιατόριο	411.537	991.770	580.233
Καφενείο	448.839	630.520	181.681
Γραφείο	244.707	280.000	35.293
Κατάστημα	209.464	421.420	211.956

Πίνακας 4.3.1. Συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων.

Στο διάγραμμα 4.3.55 φαίνεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας εκφρασμένη σε kWh/m² για θέρμανση, κλιματισμό, ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό για όλους τους τύπους κτιρίων. Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι το καφενείο, το εστιατόριο και το κέντρο υγείας καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας για τις ηλεκτρικές συσκευές τους. Αντίθετα, το κατάστημα, το γραφείο, το σχολείο και η εκκλησία καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό και ο ξενώνας καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας για το κλιματισμό των χώρων του. Όσον αφορά τη θερμική ενέργεια, το κτίριο της κατοικίας είναι το πιο ενεργοβόρο.



Διάγραμμα 4.3.55. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων ανά τελική χρήση, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση (σε kWh/m²).

Τα πιο ενεργοβόρα κτίρια είναι το καφενείο και το εστιατόριο με 198.4 και 171.7 kWh/m² συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση αντίστοιχα. Αμέσως μετά βρίσκεται το κέντρο υγείας (129.1 kWh/m²), η κατοικία (122.2 kWh/m²), ο ξενώνας (120.6 kWh/m²), το γραφείο (104.0 kWh/m²) και το κατάστημα (97.5 kWh/m²). Ακολουθούν, το σχολείο (43.9 kWh/m²) και η εκκλησία (26.5 kWh/m²), όπως ήταν αναμενόμενο διότι δεν λειτουργούν όλες τις ημέρες του έτους.

5 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Έχοντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για όλα τα τυπικά κτίρια που επιλέχθηκαν, το δεύτερο στάδιο της μοντελοποίησης έχει ολοκληρωθεί. Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας της μοντελοποίησης είναι η επέκταση των αποτελεσμάτων αυτών με σκοπό τη κατασκευή της νήσου Κύθνου, η εξαγωγή των αποτελεσμάτων που αφορούν την ενεργειακή της κατανάλωση και η σύγκρισή τους με πραγματικά δεδομένα.

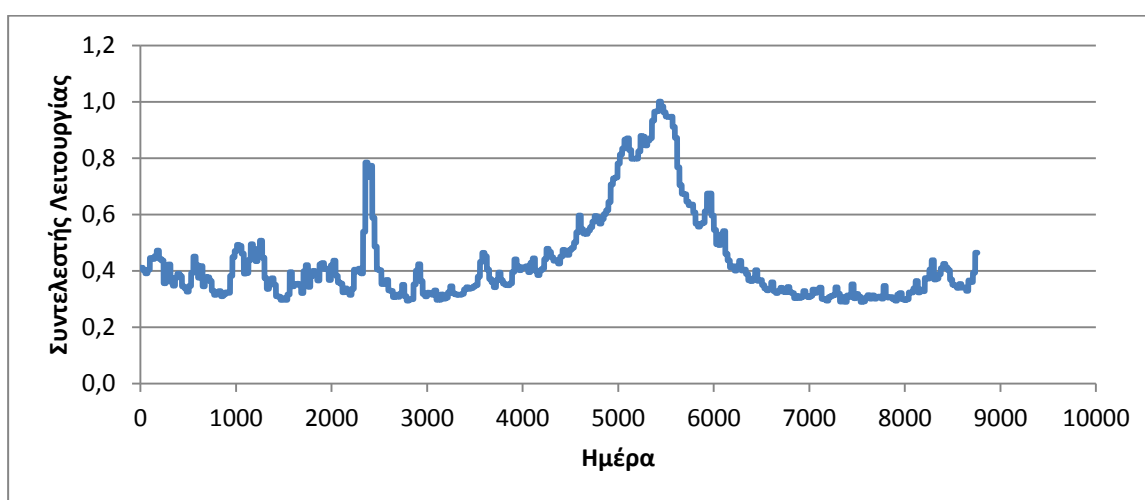
5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ

Αρχικά, για την επέκταση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του κάθε κτιρίου στο σύνολο των κτιρίων της νήσου Κύθνου, πολλαπλασιάζονται τα αποτελέσματα για όλες τις ώρες του έτους (8760 διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε κτίριο) με το συνολικό αριθμό των κτιρίων της νήσου Κύθνου (πίνακας 5.1.1). Για παράδειγμα, για το κτίριο της κατοικίας έχουμε τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής και θερμικής κατανάλωσης για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, κλιματισμό και θέρμανση για όλες τις ώρες του έτους (8760 ώρες). Το κάθε αποτέλεσμα από αυτά πολλαπλασιάζεται με τον συνολικό αριθμό κατοικιών της νήσου Κύθνου που είναι 2356 κατοικίες. Το ίδιο γίνεται και για τους υπόλοιπους τύπους κτιρίων.

Κτίριο	Αριθμός κτιρίων
Κατοικία	2356
Ξενώνας	57
Σχολείο	5
Κέντρο Υγείας	2
Εκκλησία	113
Εστιατόριο	60
Καφενείο	16
Γραφείο	30
Κατάστημα	80

**Πίνακας 5.1.1. Αριθμός κτιρίων της νήσου Κύθνου
[πηγή: ΕΛΣΤΑΤ].**

Επιπλέον για τις κατοικίες και τους ξενώνες, πολλαπλασιάζεται και ένας συντελεστής λειτουργίας κτιρίων όπου δηλώνει τι ποσοστό των κτιρίων είναι σε λειτουργία κάθε ημέρα του έτους και είναι ο λόγος της μέγιστης ημερήσιας ισχύος του έτους προς την εκάστοτε ημέρα. Ο συντελεστής αυτός αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά σημεία για την μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου, αφού με αυτόν το τελικό αποτέλεσμα προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό τη πραγματική εικόνα της νήσου Κύθνου. Στο διάγραμμα 5.1.1 φαίνονται οι τιμές του συντελεστή λειτουργίας για όλες τις ώρες του έτους όπου πολλαπλασιάστηκαν με το σύνολο των κατοικιών και των ξενώνων. Για όλους τους άλλους τύπους κτιρίων θεωρήθηκε ότι είναι σε λειτουργία όλος ο αριθμός τους ανάλογα με τη χρήση τους.



Διάγραμμα 5.1.1. Συντελεστής λειτουργίας κτιρίων κατοικίας και ξενώνα.

Μία επίσης σημαντική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη, είναι το ποσοστό κατοχής κλιματιστικών στις κατοικίες. Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ περίπου το 60% των κατοικιών διαθέτει κλιματιστικό. Για τη νήσο Κύθνο, τα αποτελέσματα για τη κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή 0.4 ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση.

Τέλος, για τη μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου, προσαρμόζονται στα αποτελέσματα της προσομοίωσης δύο σημαντικά φορτία όπως εξηγήθηκαν στην ενότητα 3.2. Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για τον φωτισμό των οδών και για τα εργοστάσια αφαλάτωσης κατανέμεται σε όλες τις ώρες του έτους ανάλογα.

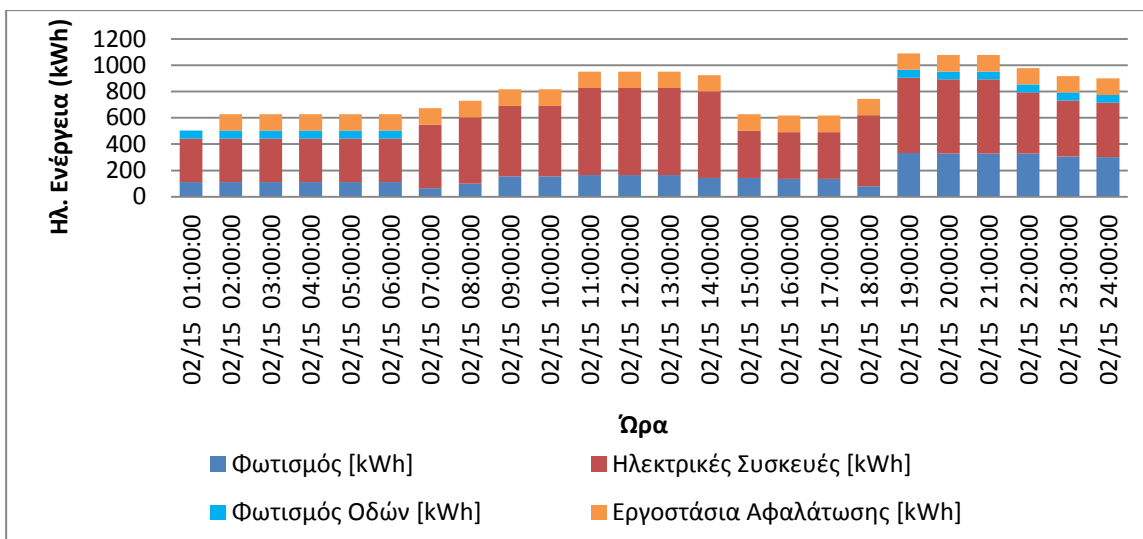
5.2 ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ωριαία κατανάλωση ενέργειας της νήσου Κύθνου για φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, κλιματισμό, φωτισμό οδών, εργοστάσια αφαλάτωσης και θέρμανση παρουσιάζονται στη συνέχεια για δύο ημέρες τους έτους, 15 Φεβρουαρίου και 15 Αυγούστου.

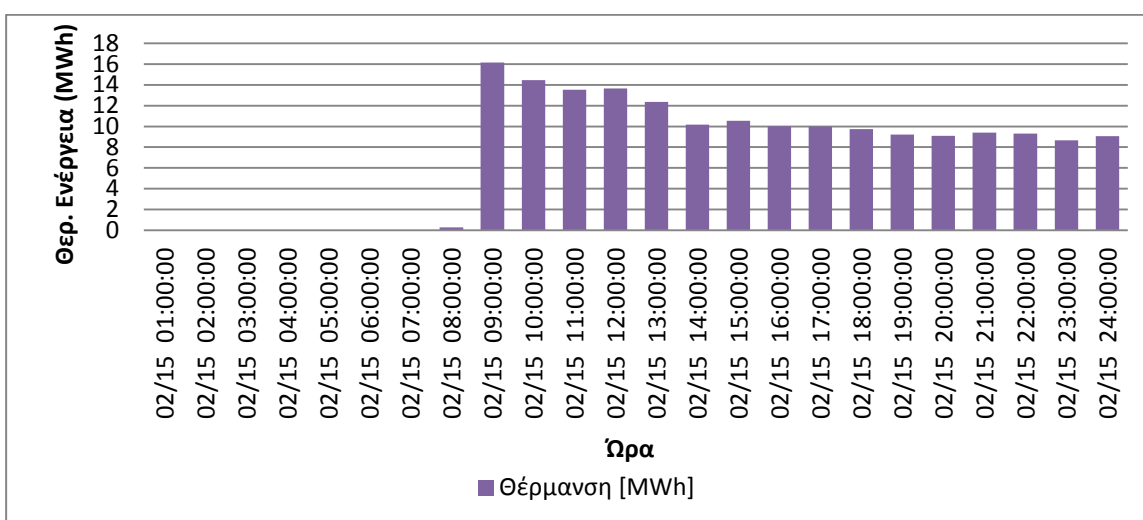
Η ωριαία κατανάλωση ενέργειας στις 15 Φεβρουαρίου φαίνεται στο πίνακα 5.2.1 καθώς και στα διαγράμματα 5.2.1 και 5.2.2. Στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα παρουσιάζονται η συνολική ωριαία ηλεκτρική ενέργεια έτσι όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση και η πραγματική συνολική ωριαία ηλεκτρική ενέργεια για το 2015 σύμφωνα με τον ΔΕΔΔΗΕ.

Ωρα	Φωτισμός [kWh]	Ηλεκτρικές Συσκευές [kWh]	Κλιματισμός [kWh]	Φωτισμός Οδών [kWh]	Εργοστάσια Αφαλάτωσης [kWh]	Θέρμανση [MWh]	Ηλεκτρική Ενέργεια (EnergyPlus) [MWh]	Ηλεκτρική Ενέργεια (Πραγματική 2015) [MWh]
01:00	106.702	317.270	0.000	60.000	125.000	0.000	0.609	0.760
02:00	106.702	317.270	0.000	60.000	125.000	0.000	0.609	0.680
03:00	106.702	317.270	0.000	60.000	125.000	0.000	0.609	0.640
04:00	106.702	317.270	0.000	60.000	125.000	0.000	0.609	0.640
05:00	106.702	317.270	0.000	60.000	125.000	0.000	0.609	0.640
06:00	106.702	317.270	0.000	60.000	125.000	0.000	0.609	0.660
07:00	61.831	461.536	0.000	0.000	125.000	0.000	0.648	0.720
08:00	97.351	481.536	0.000	0.000	125.000	0.271	0.704	0.780
09:00	153.991	512.496	0.000	0.000	125.000	16.139	0.791	0.850
10:00	153.991	512.496	0.000	0.000	125.000	14.455	0.791	0.860
11:00	161.671	636.830	0.000	0.000	125.000	13.532	0.924	0.960
12:00	161.671	636.830	0.000	0.000	125.000	13.657	0.924	0.990
13:00	161.671	636.830	0.000	0.000	125.000	12.345	0.924	0.910
14:00	141.191	631.710	0.000	0.000	125.000	10.174	0.898	0.760
15:00	141.191	347.976	0.000	0.000	125.000	10.529	0.614	0.800
16:00	132.551	345.976	0.000	0.000	125.000	10.016	0.604	0.760
17:00	132.551	345.976	0.000	0.000	125.000	9.988	0.604	0.960
18:00	77.831	517.976	0.000	0.000	125.000	9.749	0.721	1.060
19:00	319.595	548.736	0.000	60.000	125.000	9.210	1.053	1.190
20:00	313.835	541.536	0.000	60.000	125.000	9.086	1.040	1.170
21:00	313.835	541.536	0.000	60.000	125.000	9.400	1.040	1.130
22:00	313.835	446.603	0.000	60.000	125.000	9.320	0.945	1.020
23:00	290.795	408.203	0.000	60.000	125.000	8.665	0.884	0.880
24:00	286.187	395.403	0.000	60.000	125.000	9.059	0.867	0.780

Πίνακας 5.2.1. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας της νήσου Κύθνου στις 15 Φεβρουαρίου.



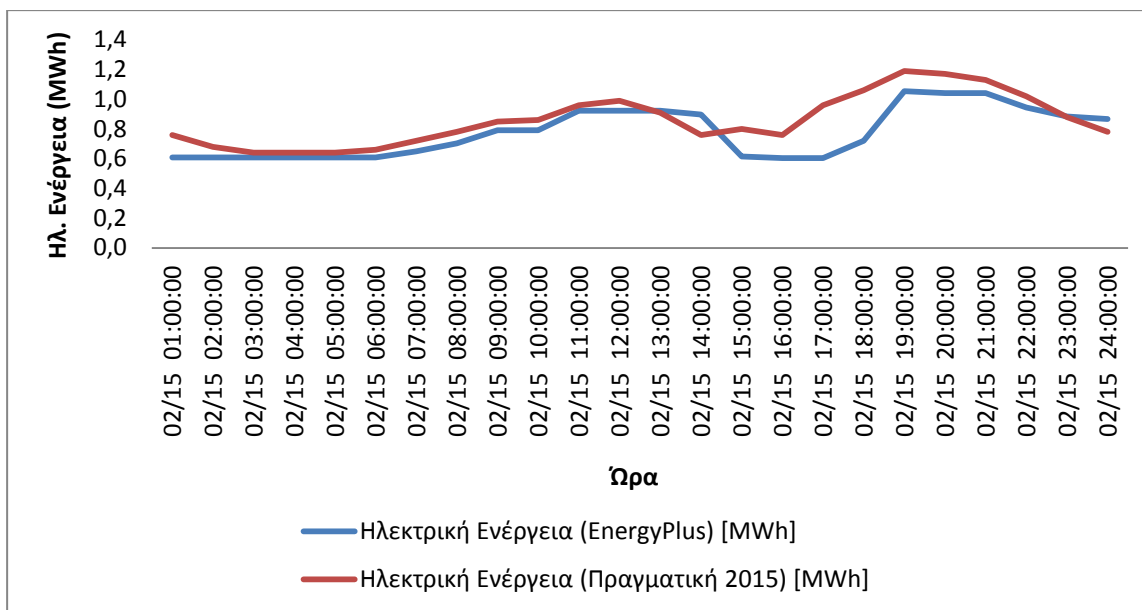
Διάγραμμα 5.2.1. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση ανά τελική χρήση της νήσου Κόθνου στις 15 Φεβρουαρίου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.



Διάγραμμα 5.2.2. Ωριαία θερμική κατανάλωση της νήσου Κόθνου στις 15 Φεβρουαρίου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

Παρατηρείται ότι τις ημέρες του χειμώνα, μεγάλο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται για τη θέρμανση των χώρων των κτιρίων. Επίσης, το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται τις ώρες 19:00 με 21:00. Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια στις 15 Φεβρουαρίου ανήλθε στις 18.630 MWh, αρκετά κοντά στη πραγματική όπου ανήλθε το 2015 στις 20.600 MWh. Η συνολική θερμική ενέργεια στις 15 Φεβρουαρίου ανήλθε στις 175.595 MWh.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική ενέργεια όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση και η πραγματική για το 2015. Οι δύο καμπύλες δεν παρουσιάζουν αισθητές αποκλίσεις. Η μοντελοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας για τις ημέρες του χειμώνα προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό τη πραγματική εικόνα της νήσου Κόθνου.



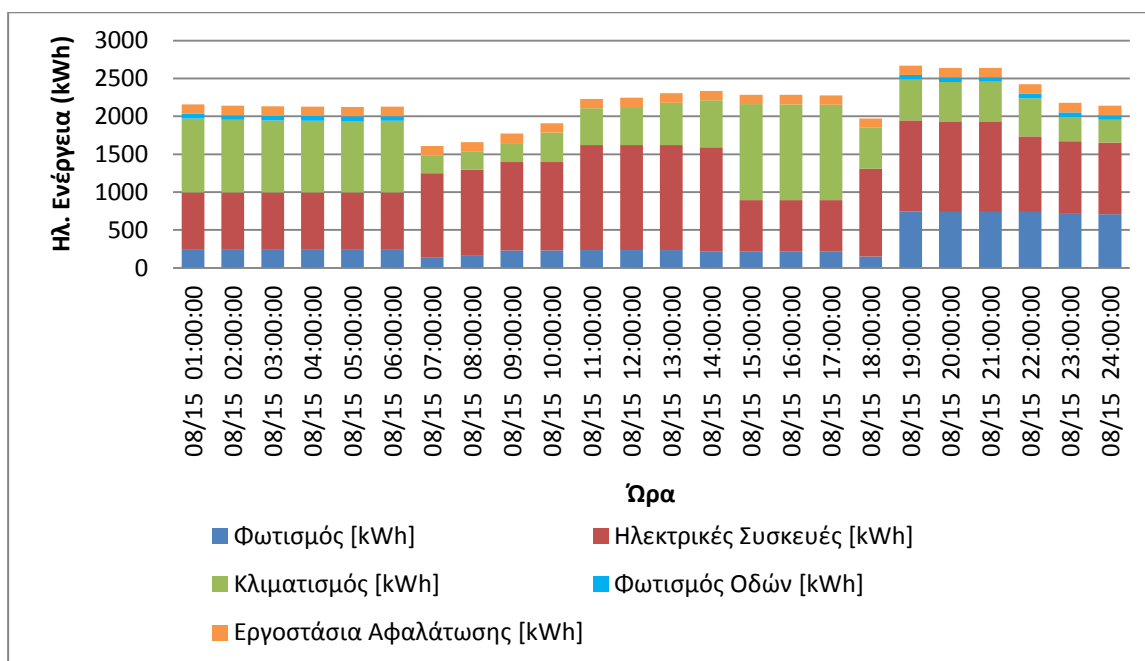
Διάγραμμα 5.2.3. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση της νήσου Κύθνου στις 15 Φεβρουαρίου.

Η ωριαία κατανάλωση ενέργειας στις 15 Αυγούστου φαίνεται στο πίνακα 5.2.2 καθώς και στο διάγραμμα 5.2.4.

Ωρα	Φωτισμός [kWh]	Ηλεκτρικές Συσκευές [kWh]	Κλιματισμός [kWh]	Φωτισμός Οδών [kWh]	Εργοστάσια Αφαλάτωσης [kWh]	Θέρμανση [MWh]	Ηλεκτρική Ενέργεια (EnergyPlus) [MWh]	Ηλεκτρική Ενέργεια (Πραγματική 2015) [MWh]
01:00	248.109	746.550	978.761	60.000	125.000	0.000	2.158	2.200
02:00	248.109	746.550	959.682	60.000	125.000	0.000	2.139	2.180
03:00	248.109	746.550	951.208	60.000	125.000	0.000	2.131	2.160
04:00	248.109	746.550	948.515	60.000	125.000	0.000	2.128	1.980
05:00	248.109	746.550	945.107	60.000	125.000	0.000	2.125	1.769
06:00	248.109	746.550	946.523	60.000	125.000	0.000	2.126	1.720
07:00	133.015	1116.594	233.091	0.000	125.000	0.000	1.608	1.680
08:00	159.895	1134.594	239.488	0.000	125.000	0.000	1.659	1.740
09:00	229.015	1169.154	248.560	0.000	125.000	0.000	1.772	1.920
10:00	229.015	1169.154	386.153	0.000	125.000	0.000	1.909	2.020
11:00	236.695	1382.901	485.710	0.000	125.000	0.000	2.158	2.200
12:00	236.695	1382.901	502.549	0.000	125.000	0.000	2.139	2.180
13:00	236.695	1382.901	559.884	0.000	125.000	0.000	2.131	2.160
14:00	212.375	1377.781	621.335	0.000	125.000	0.000	2.128	1.980
15:00	212.375	680.053	1267.156	0.000	125.000	0.000	2.125	1.769
16:00	212.375	680.053	1264.709	0.000	125.000	0.000	2.126	1.720
17:00	212.375	680.053	1258.850	0.000	125.000	0.000	1.608	2.200
18:00	149.015	1158.949	539.167	0.000	125.000	0.000	1.659	2.180
19:00	741.895	1203.794	539.337	60.000	125.000	0.000	1.772	2.160
20:00	736.135	1196.594	522.362	60.000	125.000	0.000	1.909	1.980

21:00	736.135	1196.594	522.609	60.000	125.000	0.000	2.230	1.769
22:00	736.135	998.162	503.338	60.000	125.000	0.000	2.247	1.720
23:00	713.095	959.762	320.077	60.000	125.000	0.000	2.304	1.680
24:00	708.487	946.962	298.573	60.000	125.000	0.000	2.336	1.740

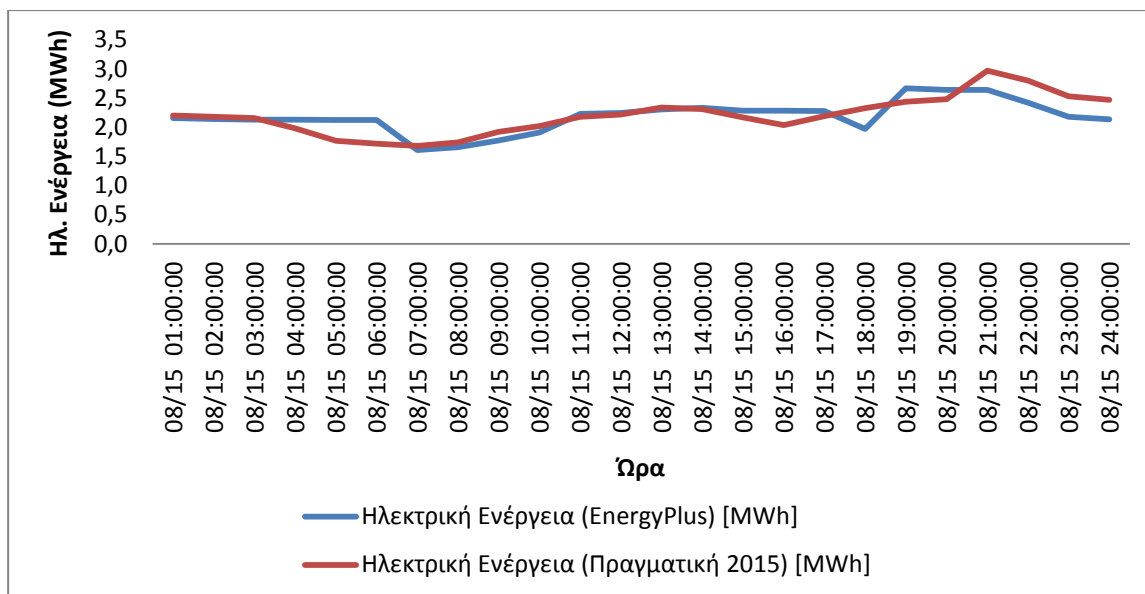
Πίνακας 5.2.2. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας της νήσου Κόθνου στις 15 Αυγούστου.



Διάγραμμα 5.2.4. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση ανά τελική χρήση της νήσου Κόθνου στις 15 Αυγούστου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

Παρατηρείται ότι το καλοκαίρι, μεγάλο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται για τη ψύξη των χώρων των κτιρίων όπου μπαίνουν σε λειτουργία τα κλιματιστικά. Εκτός από το κλιματισμό, παρουσιάζεται αύξηση στη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις τελικές χρήσεις διότι ο πληθυσμός και ο αριθμός των κτιρίων που μπαίνουν σε λειτουργία την καλοκαιρινή περίοδο και ιδιαίτερα τον Αύγουστο, αυξάνεται σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται τις ώρες 19:00 με 21:00 και οφείλεται κυρίως στο φωτισμό και στις ηλεκτρικές συσκευές. Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια στις 15 Αυγούστου ανήλθε στις 52.379 MWh, αρκετά κοντά στη πραγματική όπου ανήλθε το 2015 στις 52.839 MWh.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική ενέργεια όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση και η πραγματική για το 2015. Οι δύο καμπύλες δεν παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις. Οι μικρές αποκλίσεις οφείλονται κυρίως στη χρήση των κλιματιστικών στις κατοικίες και στους ξενώνες όπου τον Αύγουστο υπάρχει εκτεταμένη χρήση.



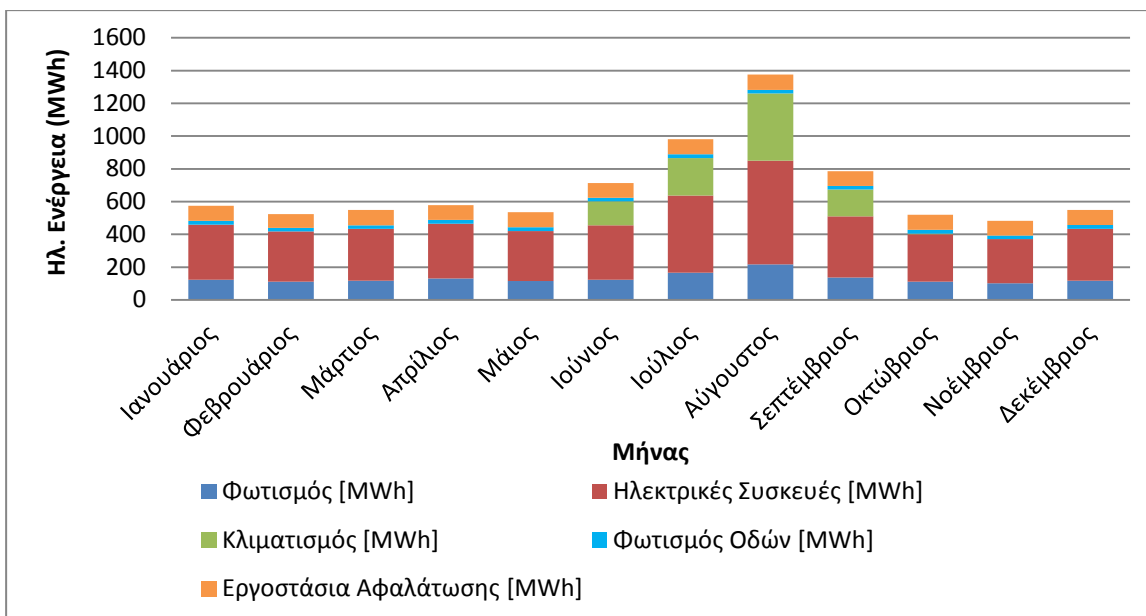
Διάγραμμα 5.2.5. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση της νήσου Κύθνου στις 15 Αυγούστου.

5.3 ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

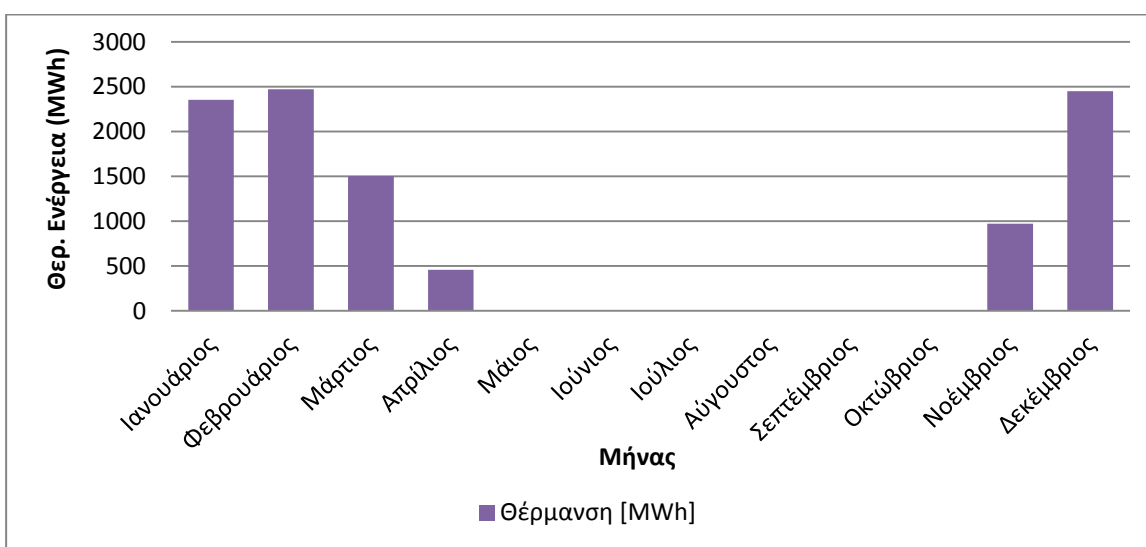
Η μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας της νήσου Κύθνου φαίνονται στο πίνακα 5.3.1 και στα διαγράμματα 5.3.1 και 5.3.2.

Μήνας	Φωτισμός [MWh]	Ηλεκτρικές Συσκευές [MWh]	Κλιματισμός [MWh]	Φωτισμός Οδών [MWh]	Εργοστάσια Αφαλάτωσης [MWh]	Θέρμανση [MWh]	Ηλεκτρική Ενέργεια (EnergyPlus) [MWh]	Ηλεκτρική Ενέργεια (Πραγματική 2015) [MWh]
Ιανουάριος	123.400	336.445	0.000	22.320	92.875	2354.169	575.040	643.460
Φεβρουάριος	112.060	306.514	0.000	20.160	84.000	2469.479	522.734	587.990
Μάρτιος	116.916	316.680	0.000	22.320	93.000	1501.768	548.916	596.403
Απρίλιος	130.281	335.707	0.000	21.600	90.000	455.836	577.588	642.660
Μάιος	116.062	304.287	0.000	22.320	93.000	0.000	535.669	561.820
Ιούνιος	123.195	332.220	145.931	21.600	90.000	0.000	712.946	635.595
Ιούλιος	166.429	470.188	229.839	22.320	93.000	0.000	981.775	962.691
Αύγουστος	217.644	631.970	410.910	22.320	93.000	0.000	1375.844	1351.239
Σεπτέμβριος	135.875	373.807	163.815	21.600	90.000	0.000	785.097	736.470
Οκτώβριος	111.321	289.210	4.167	22.320	93.000	0.000	520.017	525.540
Νοέμβριος	101.617	269.225	0.000	21.600	90.000	971.210	482.442	487.220
Δεκέμβριος	116.874	317.542	0.000	22.320	93.000	2447.903	549.736	599.200

Πίνακας 5.3.1. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας της νήσου Κύθνου.



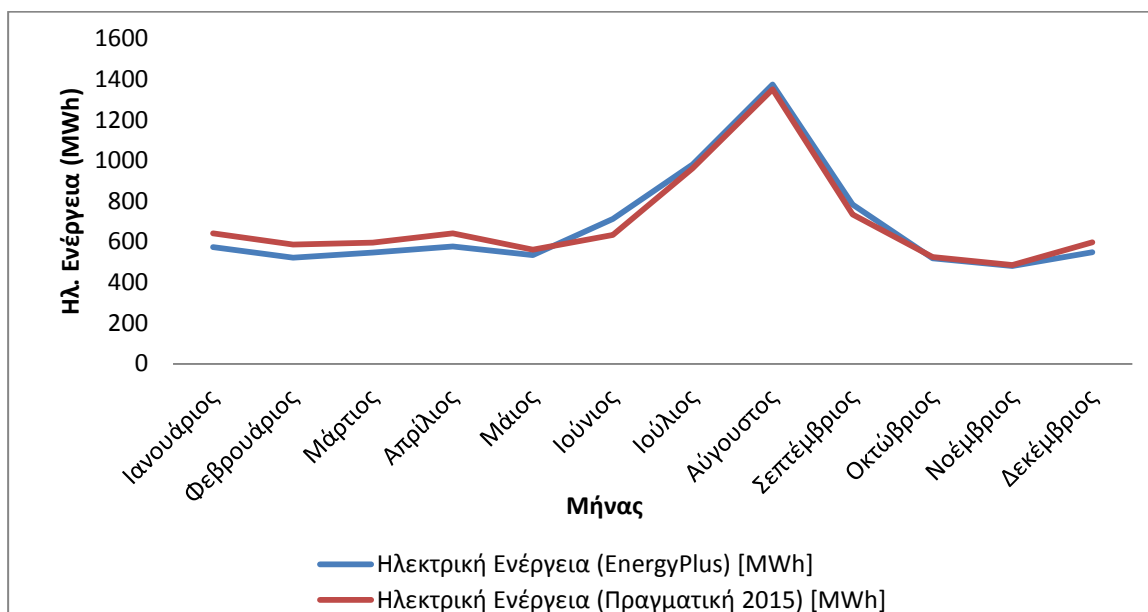
Διάγραμμα 5.3.1. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση ανά τελική χρήση της νήσου Κύθνου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.



Διάγραμμα 5.3.2. Μηνιαία θερμική κατανάλωση της νήσου Κύθνου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

Παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση τους μήνες Ιούνιο μέχρι και το Σεπτέμβριο όπου μπαίνει σε λειτουργία ο κλιματισμός. Εκτός από το κλιματισμό, υπάρχει αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές, λόγω αύξησης του πληθυσμού και του αριθμού των κτιρίων που μπαίνουν σε λειτουργία αυτούς τους μήνες. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο και κατέχει ένα μεγάλο μερίδιο της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης αυτούς τους μήνες.

Στο διάγραμμα 5.3.3 φαίνεται η μηνιαία ηλεκτρική ενέργεια της μοντελοποιημένης περιοχής της νήσου Κύθνου καθώς και η πραγματική μηνιαία ηλεκτρική ενέργεια για το 2015 σύμφωνα με τον ΔΕΔΔΗΕ. Όπως φαίνεται, οι δύο καμπύλες της ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται πολύ κοντά.

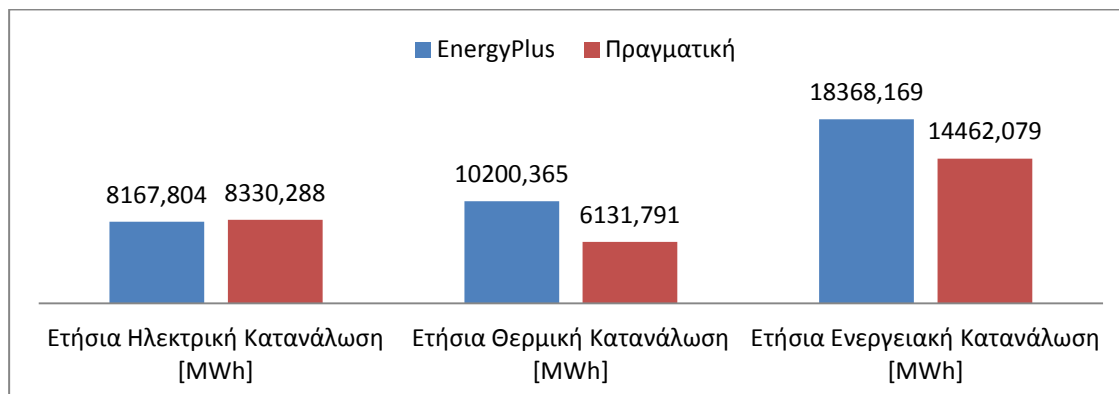


Διάγραμμα 5.3.3. Μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση της νήσου Κύθνου.

Η πραγματική μηνιαία θερμική κατανάλωση της νήσου Κύθνου δεν ήταν διαθέσιμη ώστε να γίνει η σύγκριση με αυτή που προέκυψε από τη μοντελοποίηση. Παρ' όλα αυτά γίνεται μία εκτίμηση για την ετήσια θερμική κατανάλωση στην επόμενη ενότητα.

5.4 ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

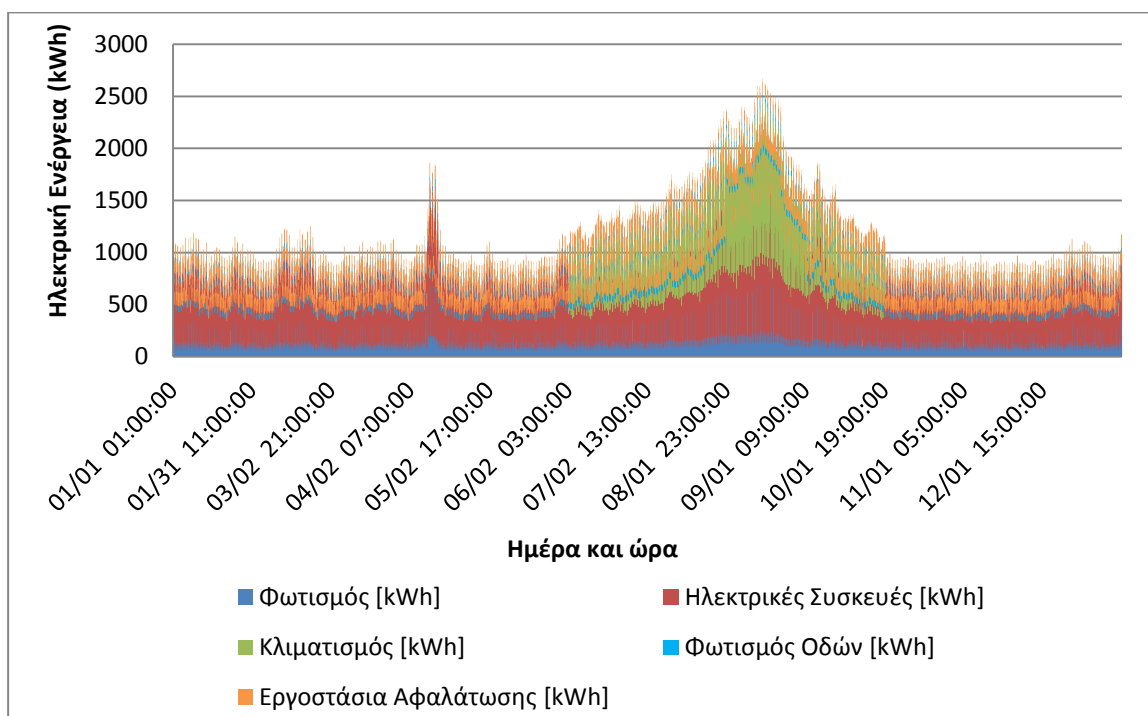
Στο διάγραμμα 5.4.1 φαίνεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας της νήσου Κύθνου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση (EnergyPlus) και η αντίστοιχη πραγματική.



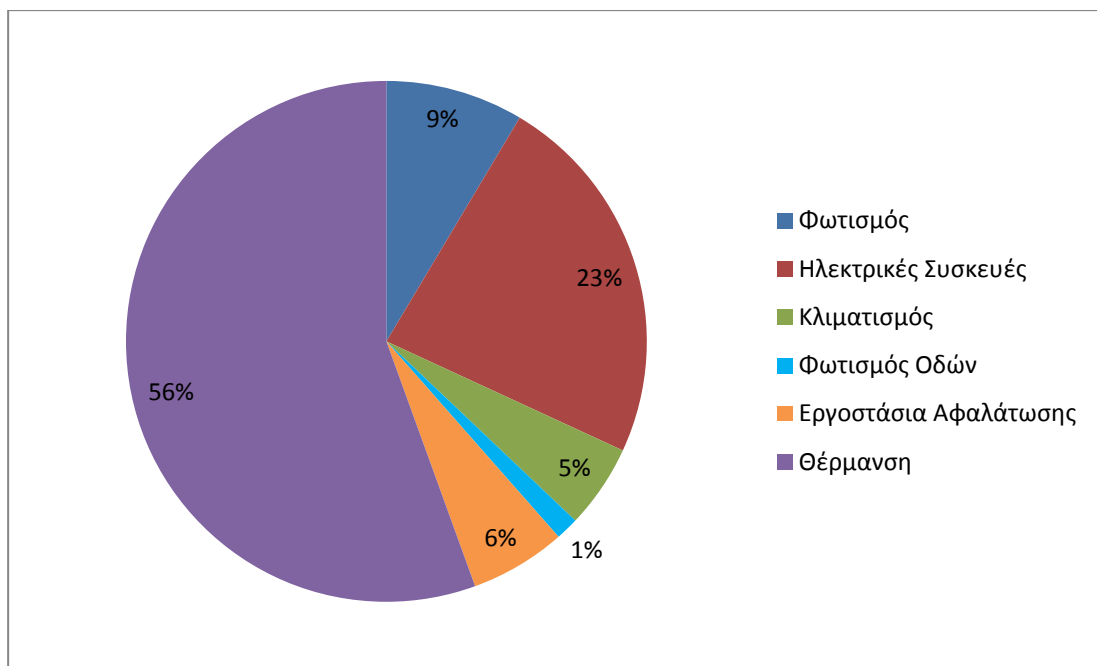
Διάγραμμα 5.4.1. Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση της νήσου Κύθνου.

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε στις 8167.804 MWh και είναι αρκετά κοντά στη πραγματική του 2015 όπου σύμφωνα με τον ΔΕΔΔΗΕ ανήλθε στις 8330.288 MWh. Η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανήλθε στις 10200.365 MWh. Μια εκτίμηση της πραγματικής θερμικής κατανάλωσης έγινε με βάση τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, όπου για το 2012 καταναλώθηκαν 17907 τόνοι πετρελαίου για τη θέρμανση των κτιρίων σε 33 νησιά του νομού Κυκλάδων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι 1 τόνος πετρελαίου είναι περίπου 1130 λίτρα και το ένα λίτρο αποδίδει περίπου 10 kWh θερμικής ενέργειας, υπολογίστηκε και βρέθηκε ότι η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανήλθε το 2012 στις 6131.791. Δεδομένου ότι η νήσος Κύθνος βρίσκεται πάνω από το μέσο όρο όσον αφορά την έκταση, τον πληθυσμό και τον αριθμό κτιρίων, η κατανάλωση θερμικής ενέργειας που προκύπτει από τη μοντελοποίηση δεν απέχει πολύ από τη πραγματική εικόνα της νήσου Κύθνου.

Στο διάγραμμα 5.4.2 φαίνεται η ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση ανά τελική χρήση της νήσου Κύθνου για ολόκληρο το έτος ενώ στο διάγραμμα 5.4.3 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης κατά τελική χρήση έτσι όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.



Διάγραμμα 5.4.2. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση ανά τελική χρήση της Νήσου Κύθνου ολόκληρο το έτος, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.



Διάγραμμα 5.4.3. Ποσοστιαία κατανομή ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου κατά τελική χρήση, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

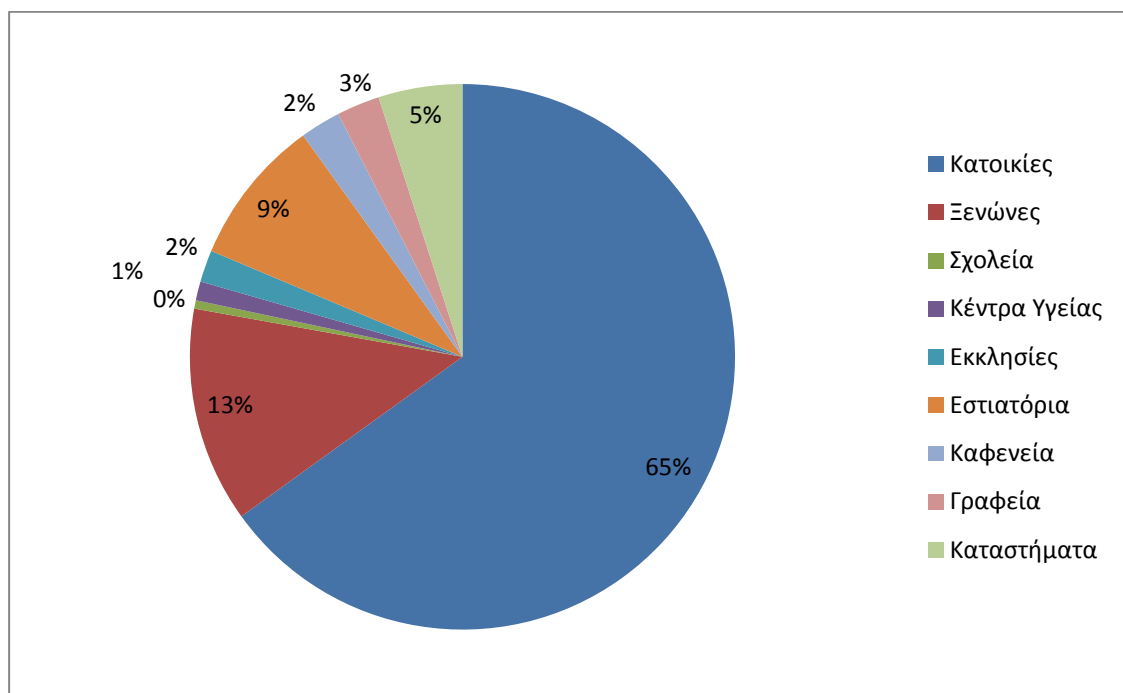
Η θέρμανση των κτιρίων κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο με 10200.365 MWh (56%) κατανάλωση ενέργειας ετησίως. Οι ηλεκτρικές συσκευές καταναλώνουν 4283.794 MWh (23%) ενέργειας και ακολουθούν ο φωτισμός των κτιρίων με 1571.674 MWh (9%), τα εργοστάσια αφαλάτωσης με 1094.875 MWh (6%), ο κλιματισμός με 954.661 MWh (5%) και ο φωτισμός των οδών με 262.800 MWh (1%).

Στο πίνακα 5.4.1 παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στο κτιριακό τομέα της νήσου Κύθνου έτσι όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

Κτίριο	Αριθμός Κτιρίων	Ηλεκτρική Ενέργεια [MWh]	Θερμική Ενέργεια [MWh]	Συνολική Ενέργεια [MWh]
Κατοικίες	682-2356	4430.003	8887.904	13317.907
Ξενώνες	16-57	870.465	512.516	1382.981
Σχολεία	5	33.853	53.919	87.772
Κέντρα Υγείας	2	76.621	26.556	103.177
Εκκλησίες	113	128.851	110.268	239.119
Εστιατόρια	60	593.885	230.100	823.985
Καφενεία	16	163.964	90.015	253.980
Γραφεία	30	173.705	75.957	249.662
Καταστήματα	65-80	338.780	213.129	551.910

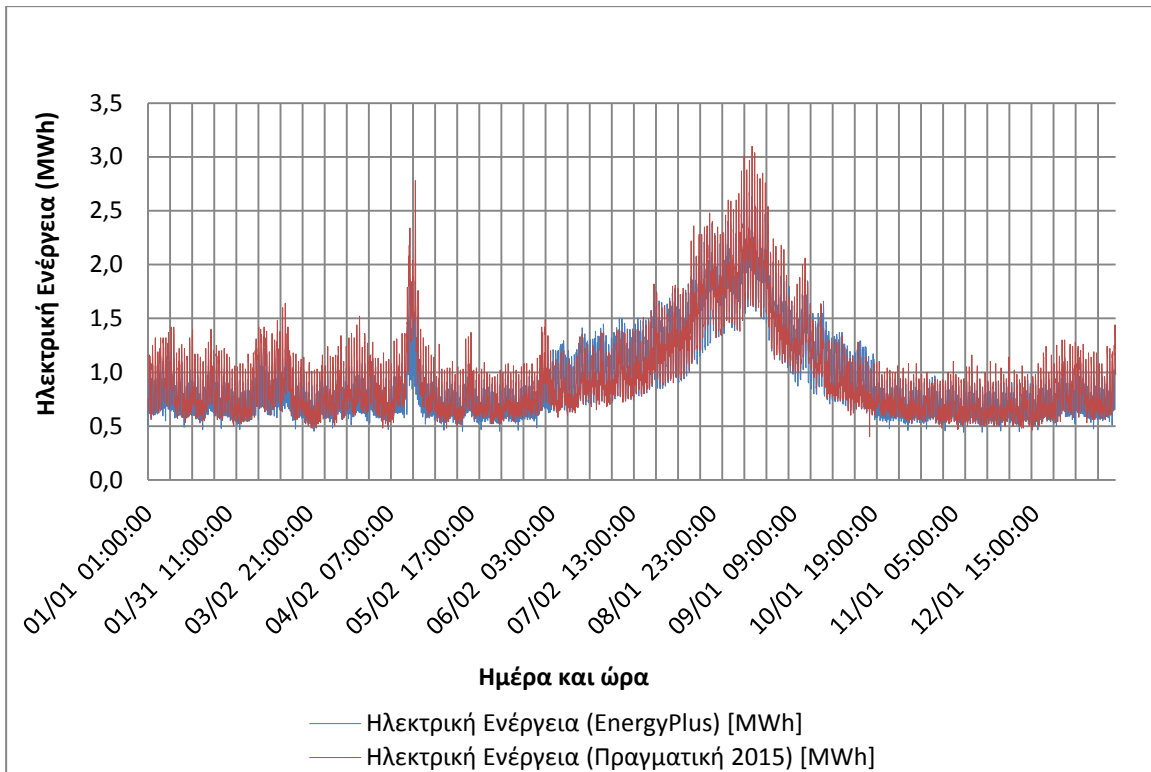
Πίνακας 5.4.1. Ετήσια κατανάλωση ενέργειας στο κτιριακό τομέα της νήσου Κύθνου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

Οι κατοικίες καταναλώνουν το μεγαλύτερο πόσο ηλεκτρικής ενέργειας και αμέσως μετά βρίσκονται οι ξενώνες, τα εστιατόρια και τα καταστήματα. Ακολουθούν τα γραφεία, τα καφενεία, οι εκκλησίες, τα κέντρα υγείας και τέλος τα σχολεία (διάγραμμα 5.4.4). Ο οικιακός τομέας καταναλώνει συνολικά 4430.003 MWh ηλεκτρικής και 8887.904 MWh θερμικής ενέργειας ετησίως, ενώ ο τριτογενής τομέας καταναλώνει συνολικά 2380.126 MWh και 8887.904 MWh ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.4.4. Ποσοστιαία κατανομή ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης στο κτιριακό τομέα της νήσου Κύθνου, όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση.

Τέλος, συγκρίνοντας την καμπύλη της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ολόκληρο το έτος έτσι όπως προέκυψε από τη μοντελοποίηση με τη πραγματική που παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.2, παρατηρείται ότι οι δύο καμπύλες ακολουθούν σχεδόν το ίδιο μοτίβο (διάγραμμα 5.4.5), επομένως επαληθεύεται και η ορθότητα της διαδικασίας της μοντελοποίησης. Παρουσιάζονται αιχμές φορτίου τη Μεγάλη Εβδομάδα και το καλοκαίρι, όπου η μέγιστη αιχμή φορτίου ανήλθε στα 2.67 MW στις 15 Αυγούστου, ενώ την ίδια ημέρα η πραγματική μέγιστη αιχμή φορτίου το 2015 ανήλθε στα 3.1 MW. Καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρατηρείται φορτίο όχι μικρότερο από τα περίπου 0.5 MW.



Διάγραμμα 5.4.5. Ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση της νήσου Κύθνου ολόκληρο το έτος.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μοντελοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης της νήσου Κύθνου ακολούθησε τη διαδικασία όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2 και αναπτύχθηκε στα κεφάλαια 3, 4 και 5.

Το πρόγραμμα προσομοίωσης EnergyPlus ήταν το βασικό εργαλείο της μοντελοποίησης που όπως αναφέρθηκε απαιτεί μεγάλο αριθμό δεδομένων και ως εκ τούτου σημαντικό χρόνο για την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα. Βέβαια, προσφέροντας πλήθος επιλογών για τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων, ήταν εφικτό να εξαχθούν αρκετά συμπεράσματα για την ενεργειακή κατανάλωση της νήσου Κύθνου. Για την εγκυρότητα των δεδομένων εισαγωγής, αναζητήθηκαν και αντλήθηκαν στοιχεία και χαρακτηριστικά για τη νήσο Κύθνο και για τα κτίρια που την απαρτίζουν από πολλές πηγές όπως ΕΛΣΤΑΤ και ΔΕΔΔΗΕ.

Έπειτα από μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων, διορθώσεων, συγκρίσεων με πραγματικές τιμές και διαμόρφωσης δεδομένων, το ενεργειακό αποτύπωμα που προέκυψε από τη μοντελοποίηση προσέγγισε τη πραγματική εικόνα της νήσου Κύθνου σε ικανοποιητικό βαθμό, όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 5.4, διάγραμμα 5.4.5. Η προσέγγιση αυτής της καμπύλης ήταν ένας από τους κυρίους στόχους της παρούσας διπλωματικής. Πετυχαίνοντας το στόχο αυτό επαληθεύεται η ορθότητα της διαδικασίας της μοντελοποίησης που ακολούθηθηκε.

Ο ενδιαφερόμενος μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διαδικασία αυτή της μοντελοποίησης ώστε να πάρει αποφάσεις για μία οποιαδήποτε υφιστάμενη ή ακόμα και μελλοντική περιοχή. Αποφάσεις όπως για παράδειγμα μέτρα για την εξοικονόμηση της ενέργειας ή την αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών με συσκευές υψηλότερης ενεργειακής κλάσης. Εφόσον μέσα από τη διαδικασία της μοντελοποίησης που ακολούθηθηκε εξάχθηκαν αποτελέσματα για όλες τις ώρες ενός ολόκληρου έτους, μια μελλοντική εργασία θα μπορούσε να αναπτύξει αλγόριθμους και τεχνικές για τη μεταφορά των φορτίων από ώρες αιχμής σε άλλες ώρες (load shifting) με στόχο την αποφόρτιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας αυτές τις ώρες, την εξοικονόμηση της ενέργειας και κατ' επέκταση τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Μερικά φορτία τα οποία θα μπορούσαν να μεταφερθούν είναι ο κλιματισμός, η θέρμανση και το πλυντήριο ρούχων ή πιάτων.

Συμπερασματικά, αν και η συγκεκριμένη διαδικασία μοντελοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης που ακολούθηθηκε είναι χρονοβόρα, όχι μόνο προσφέρει ακριβή και ικανοποιητικά αποτελέσματα, αλλά είναι και ένα εργαλείο που μπορεί να συμβάλει στην ευρύτερη πολιτική μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που ευθύνονται για τη κλιματική αλλαγή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Wikipedia, <https://en.wikipedia.org>
2. Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, International Energy Agency (IEA), *Key World Energy Statistics*, 2016
3. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, European Environment Agency (EEA), <http://www.eea.europa.eu>
4. Ιωάννης Ψαρράς, Καθηγητής ΕΜΠ, *Σημειώσεις Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική*, Αθήνα 2010
5. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), <http://www.ypeka.gr>
6. Β. ΠΑΠΑΠΑΔΙΑΣ, Γ. ΚΟΝΤΑΞΗΣ, *ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003
7. Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat), <http://ec.europa.eu/eurostat>
8. Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), <http://www.statistics.gr>
9. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, *Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών, Εκπαιδευτικό Υλικό, Θεσμικό πλαίσιο-Μεθοδολογία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*, Αθήνα 2011
10. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), <http://portal.tee.gr>
11. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, *Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων: Στατιστική Ανάλυση για το έτος 2015*, Μάρτιος 2016
12. Έκθεση Greenpeace, Νοέμβριος 2015
13. Lucas G. Swan, V. Ismet Ugursal, *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 8, October 2009, Pages 1819–1835
14. Linda Pedersen, *Load Modeling of Buildings in Mixed Energy Distribution Systems*, Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology Trondheim, February 2007
15. U.S. Department of Energy, *EnergyPlus*, <https://energyplus.net>
16. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), <http://www.rae.gr/>
17. Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ), <http://www.dedde.gr/>
18. ΦΕΚ 931/Δ/02 *Νόμος για παραδοσιακούς οικισμούς της νήσου Κύθνου*
19. ΦΕΚ 345/Δ/89 *Νόμος για παραδοσιακούς οικισμούς*
20. Εθνικό Κτηματολόγιο, <http://www.ktimatologio.gr>
21. ΤΟΤΕΕ 20701-1, *Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής απόδοσης κτηρίων*, 2010
22. Χάρτες Google, <https://www.google.gr/maps>
23. U.S. Department of Energy, *EnergyPlus Documentation Version 8.0*, 2013
24. U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL), *U.S. Department of Energy Commercial Reference Building Models of the National Building Stock*, Technical Report, 2011