



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων

Τομέας Θερμότητας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Δυναμική μοντελοποίηση τυπικών κτηρίων σε Ελλάδα και Κύπρο. Εφαρμογή στη μελέτη συστήματος θέρμανσης με ηλιακή υποβοήθηση.»

Του Φοιτητή

Νάστα Αλέξανδρου-Χρυσοβαλάντη

Επιβλέπων

Καρέλλας Σωτήριος, Αναπληρωτής Καθηγητής,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2018

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μελέτη, σχεδίαση και μοντελοποίηση τυπικών κτηρίων σε Ελλάδα και Κύπρο με την χρήση του εργαλείου TRNSYS. Η Συγκεκριμένη διπλωματική αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση στον σχεδιασμό συστημάτων θέρμανση και ψύξης και ενσωμάτωσης ηλιακών συστημάτων αρχικά για την θέρμανση Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) και η προσπάθεια ενσωμάτωσης τους στην συνεισφορά θέρμανσης του χώρου. Η αρχική προσπάθεια συνίσταται στην συλλογή δεδομένων τοιχοποιίας και κατασκευαστικών στοιχείων για την σχεδίαση των κτηρίων. Στην συνέχεια ακολούθησε η ενσωμάτωση αυτών στο πρόγραμμα TRNSYS για την τελική προσομοίωση τους με την δόμηση κατάλληλου συστήματος που να εξυπηρετεί τις ανάγκες κάθε Κτηρίου για θέρμανση και ψύξη.

Για καλύτερη κατανόηση και αξιοποίηση των δεδομένων ήταν απαραίτητη η γνώση λειτουργίας διαφόρων εργαλείων όπως το TABULA που παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τα τυπικά κτήρια και τον τρόπο υπολογισμού θερμικών φορτίων, όπως αντίστοιχα λειτουργεί και το λογισμικό TEE-KENAK. Δράσεις μελέτης ενεργειακής συμπεριφοράς κτηρίων έδωσαν μια σαφή εικόνα για την σημασία ενασχόλησης με το θέμα ενεργειακής κατανάλωσης κτηριακού τομέα.

Η παγκόσμια προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στον κτηριακό τομέα οδηγεί σταδιακά τον σχεδιασμό των κτηρίων σε μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την ικανοποίηση των αναγκών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την χρήση διαφορετικών δομικών στοιχείων που συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα τα ήδη υπάρχοντα κτήρια πρέπει να υποστούν μεταβολές και βελτιώσεις, όπως πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική με την προσθήκη μεγαλύτερων παχών μονώσεων. Στη συνέχεια μέσω προσομοίωσης αυτών των σεναρίων και άλλων -με διαφοροποίηση των σταθερών σημείων θέρμανσης/ ψύξης- παρήχθησαν αποτελέσματα που συνεισφέρουν στη συλλογική γνώση για ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν για την μείωση κατανάλωσης ενέργειας.

Εκτενής αναφορά στα εργαλεία του προγράμματος TRNSYS πραγματοποιήθηκε με σκοπό να γίνει πιστότερη απεικόνιση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε, λόγω της μορφής των στοιχείων που παρουσιάζονται σε δομή " μαύρου κουτιού" (black box) και αναλυτική μαθηματική περιγραφή είναι αδύνατο να παρουσιαστεί.

Η θεώρηση ιδανικής θέρμανσης και ψύξης οδήγησε στο ενδιαφέρον δοκιμής και άλλων τρόπων θέρμανσης. Η επιλογή λέβητα για την θέρμανση του εσωτερικού του Κτηρίου έγινε με βάση την υπάρχουσα χρήση τέτοιων συστημάτων θέρμανση στα τυπικά κτήρια Ελλάδας και Κύπρου. Η σχεδίαση αυτών των συστημάτων οδήγησε σε πολύ χρήσιμα αποτελέσματα για την κατανάλωση ενέργειας εναλλακτικών συστημάτων. Τέλος πραγματοποιήθηκε προσπάθεια σχεδίασης συστήματος με συνδυασμένη θέρμανση μέσω λέβητα και ηλιακής υποβοήθησης για την θέρμανση του χώρου και του Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX)

Abstract

This diploma thesis deals with the study, design and modeling of typical buildings in Greece and Cyprus using the TRNSYS tool. This endeavor is a first approach to the design of heating and cooling systems and the integration of solar systems initially for heating hot water and the effort to integrate them into the space heating contribution. The initial effort consists in collecting wall and building data for the design of buildings. Then it is incorporated into the TRNSYS program for their final simulation by building a suitable system to suit the needs of each building for heating and cooling.

For a better understanding and utilization of the data it was necessary to know the operation of various tools such as TABULA which provides important information on typical buildings and the way of calculating thermal loads, as well as the TEE-KENAK software. Building energy behavior studies have provided a clear picture of the importance of addressing the issue of energy consumption in the building sector.

The global effort to reduce energy consumption in the building sector gradually leads to the design of buildings at zero or near zero primary energy consumption by meeting the needs of renewable energy sources and the use of different building components that contribute to energy savings. At the same time existing buildings have to undergo changes and improvements, as was done in the present diploma with the addition of bigger insulation thicknesses. Then, simulating these scenarios and others - with differentiation of fixed heating / cooling points - produced results that contribute to collective knowledge about actions that can be taken to reduce energy consumption in other typical buildings.

Extensive reference to the TRNSYS tools has been made to make a more accurate representation of the process followed because of the form of the elements presented in a black box structure and a detailed mathematical description is impossible to present.

The idea of ideal heating and cooling has led to the testing of other heating methods. The boiler option for space heating of the building was based on the existing use of such heating systems in the typical buildings of Greece and Cyprus. The design of these systems has led to very useful results for the energy consumption of alternative systems. Finally, an effort was made to design a system with combined boiler heating and solar power to heat the space and hot water (DHW)

Πρόλογος

Σε μικρότερη ηλικία θυμάμαι να αφαιρώ ένα κινητήρα μικρού μεγέθους από ένα μηχανοκίνητο αυτοκινητάκι και να χρησιμοποιώ την κίνηση της ρόδας που είχε παραμείνει συνδεδεμένη σε αυτό για να πειράξω τον μεγαλύτερο αδερφό μου με την κίνηση της στον αυχένα του. Έτσι ξεκίνησε η ενασχόληση με την επιστήμη της μηχανολογίας. Η συγκεκριμένη εργασία αποτέλεσε αντικείμενο εντατικής, και πολλές φορές ψυχοφθόρας, ενασχόλησης για πολλούς μήνες, ωστόσο τόσο το αποτέλεσμα όσο και οι πολλαπλές γνώσεις που αποκόμισα σε αυτό το διάστημα μου επιτρέπουν να πω πως αποτέλεσε μία πολύ εύστοχη επιλογή, ενώ παράλληλα έδωσε την ευκαιρία να ανακαλύψω και τομείς με μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον.

Για αυτό το λόγο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Σωτήριο Καρέλλα που μου εμπιστεύθηκε την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Γιάννη Μανδηλαρά και Ευστράτιο Βαρβαγιάννη για την πολύτιμη βοήθεια τους και τη συνεργασία τους παρά το βεβαρυμένο συχνά πρόγραμμα τους, που με την συνεχή καθοδήγησή του κατέστη εφικτή η εκπόνηση της εν λόγω εργασίας χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις. Ειδική μνεία θα ήθελα να κάνω σε όλους τους συνεργάτες του εργαστηρίου όπως τον Τρύφωνα Ρουμπεδάκη, την Δέσποινα Σκουλούδη-Μαγγίρη, τον Κωσταντίνο Μπραϊμάκη, τον Δημήτρη Γκριμέκη και όλους τους διπλωματικούς για τις όμορφες στιγμές που ζήσαμε (και ήταν πολλές!)

Αν έκλεινε αυτή η ενότητα χωρίς να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους κοντινούς μου φίλους νομίζω δεν θα είχε και μεγάλη διαφορά διότι τα λόγια δεν μπορούν να περιγράψουν την σημασία τους για μένα και 1 εικόνα (δηλαδή χίλιες λέξεις) δεν θα μπορούσαν να χωρέσουν την ευγνωμοσύνη μου για αυτά που μου έχουν προσφέρει απλόχερα στην περίοδο της διπλωματικής και εν γένει στην ζωή μου.

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Γενική ιδέα τυπολογίας κτηρίων μέσω Tabula [21].....	12
Εικόνα 2 Απαραίτητες Δράσεις για την αναβάθμιση του κτηριακού τομέα μέσω EPISCOPE [25].....	13
Εικόνα 3 Αρχιτεκτονική απεικόνιση Κτηρίου του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου (Αθήνα 2009),αριστερά, και σχηματική απεικόνιση πρισματικού και ορθογωνικού Κτηρίου (δεξιά) [28]	15
Εικόνα 4 Διμερής προσέγγιση υπολογισμού τυπικών κτηρίων	17
Εικόνα 5 Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας Tabula WebTool	18
Εικόνα 6 Παράδειγμα υπολογισμού δεδομένων μέσω υπολογιστικού φύλου "tabula.xls" (πάνω) και σε μορφή pdf "Calculation.pdf" (κάτω) [22]	19
Εικόνα 7 Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας [19]	21
Εικόνα 8 Αρχιτεκτονική Πρόσοψη τυπικού Κτηρίου Ελλάδας [31].....	27
Εικόνα 9 Σχηματική απεικόνιση Κτηρίου Ελλάδας (Google SketchUp).....	33
Εικόνα 10 Μορφή Κτηρίου εξωτερικά (Ανατολική όψη).....	35
Εικόνα 11 Μορφή Κτηρίου εξωτερικά (δυτική όψη).....	35
Εικόνα 12 Αρχιτεκτονικό σχέδιο κατασκευής Κτηρίου (κάτοψη).....	36
Εικόνα 13 Αρχιτεκτονικό σχέδιο Κτηρίου (δεξιά όψη πάνω, αριστερή όψη κάτω).....	37
Εικόνα 14 Εσωτερικό Κτηρίου, παρούσα κατάσταση.	37
Εικόνα 15 Σχηματική απεικόνιση Κυπριακού Κτηρίου (Google SketchUp).....	41
Εικόνα 16 Επιφάνειες στο ίδιο επίπεδο (convex-αριστερά) και σε διαφορετικό (concave-δεξιά)[45].....	47
Εικόνα 17 Αρχικό περιβάλλον σχεδίασης SketchUp	48
Εικόνα 18 Μορφή Simulation Project για την περίπτωση του Κυπριακού Κτηρίου (απλοποιημένο σενάριο) .	50
Εικόνα 19 Γραφικό περιβάλλον TRNBuild	52
Εικόνα 20 Μορφή και πληροφορίες παραθύρου για το Ελληνικό τυπικό κτήριο	55
Εικόνα 21 Μορφή συστήματος ιδανικής θέρμανσης- Ψύξης για την περίπτωση του Ελληνικού Κτηρίου	59
Εικόνα 22 Μορφή ελέγχου κινητών σκιάστρων	60
Εικόνα 23 Μορφή ελέγχου κινητών σκιάστρων Κτηρίου Κύπρου	72
Εικόνα 24 Μορφή συστήματος για θέρμανση με Λέβητα	94
Εικόνα 25 Μορφή συστήματος για την παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης στο κτήριο (TRNSYS).....	95
Εικόνα 26 Ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης ZNX (TRNSYS).....	96
Εικόνα 27 Μορφή συστήματος για θέρμανση με Λέβητα	107
Εικόνα 28 Μορφή συστήματος για την παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης στο κτήριο (TRNSYS).....	108
Εικόνα 29 Ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης ZNX (TRNSYS).....	109
Εικόνα 30 Απεικόνιση συνδυασμένου συστήματος στο TRANSYS.....	127

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Παγκόσμιοι δείκτες για το 2015 (International Energy Agency) [3].....	2
Πίνακας 2 Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012 [13]	7
Πίνακας 3 Κατανομή των εκπομπών CO2 ανά ενεργειακό τομέα [13].....	8
Πίνακας 4 Αριθμός κτηρίων για το 2001 και το 2011 για την Ελλάδα [13].....	8
Πίνακας 5 Ποσοτική απεικόνιση κτηριακού αποθέματος με βάση το είδος κατοικίας .[13]	22
Πίνακας 6 Κατανομή κατοικιών νοικοκυριών με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων) [13]	23
Πίνακας 7 Κατανομή κατοικιών ανά κλιματική ζώνη σε πλήθος κτηρίων [13].....	23
Πίνακας 8 Συντελεστής μετατροπής τελικής κατανάλωσης ενέργειας του Κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια [35].....	24
Πίνακας 9 Πληροφορίες Κτηρίου Ελλάδας.....	27
Πίνακας 10 Κλιματολογικά δεδομένα Αθήνας (Meteonorm 7)	28
Πίνακας 11 Ημέρες θέρμανσης (Heating Degree Days) και ψύξης (Cooling Degree Days) για την Αθήνα.....	30
Πίνακας 12 Πληροφορίες Ελληνικού Κτηρίου.....	31
Πίνακας 13 Γεωμετρικά και κατασκευαστικά στοιχεία.....	31
Πίνακας 14 Απόσπασμα πίνακα από TOTEE-KENAK [35] για την εκλυόμενη θερμότητα χρηστών	33
Πίνακας 15 Απόσπασμα πίνακα από TOTEE-KENAK [34] για την εκλυόμενη θερμότητα εξοπλισμού	33
Πίνακας 16 Πληροφορίες τυπικού Κτηρίου Κύπρου.....	34
Πίνακας 17 Κλιματικά δεδομένα Λευκωσίας (Meteonorm 7)	38
Πίνακας 18 Στοιχεία Επιφανειών του Κτηρίου [20]	42
Πίνακας 19 Χαρακτηριστικά παραθύρων.....	42
Πίνακας 20 Προφίλ πληρότητας (Occupancy) και αριθμός ατόμων Κτηρίου βάσει χρονοδιαγράμματος.....	43
Πίνακας 21 Φωτισμός και άλλα ηλεκτρικά φορτία (εγκατεστημένη ισχύς, χρονοδιάγραμμα χρήσης).....	43
Πίνακας 22 Σενάρια μελέτης με βάση τα σημεία ελέγχου Ψύξης/Θέρμανσης (ιδανικής)	57
Πίνακας 23 Σενάρια διάφορων μονώσεων για την περίπτωση του Κτηρίου της Ελλάδας	58
Πίνακας 24 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 2	66
Πίνακας 25 Μέγιστα μηνιαία φορτία Κτηρίου Ελλάδας	67
Πίνακας 26 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή σημείου θέρμανσης	70
Πίνακας 27 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή μόνωσης	70
Πίνακας 28 Μηνιαία φορτία Κτηρίου Κύπρου για το σενάριο 2	77
Πίνακας 29 Μέγιστα μηνιαία φορτία Κτηρίου Κύπρου	79
Πίνακας 30 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή σημείου θέρμανσης	82
Πίνακας 31 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή μόνωσης	82
Πίνακας 32 Σύγκριση μέγιστων φορτίων σε Ελλάδα και Κύπρο	88
Πίνακας 33 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων σε Ελλάδα και Κύπρο	92
Πίνακας 34 Μηνιαία φορτία Κτηρίου Ελλάδας για θέρμανση με λέβητα	99
Πίνακας 35 Ποσοστιαίες ετήσιες μεταβολές φορτίων με αλλαγή συστήματος Θέρμανσης.....	101
Πίνακας 36 Μηνιαία φορτία συλλέκτη και θερμαντικών στοιχείων	106
Πίνακας 37 Μηνιαία φορτία Κτηρίου Κύπρου για θέρμανση με λέβητα	112
Πίνακας 38 Ποσοστιαίες ετήσιες μεταβολές φορτίων με αλλαγή συστήματος Θέρμανσης.....	114
Πίνακας 39 Μηνιαία φορτία συλλέκτη και θερμαντικών στοιχείων	119
Πίνακας 40 Σύγκριση περιπτώσεων θέρμανσης για Ελλάδα και Κύπρο.....	122

Ευρετήριο Γραφημάτων

Γράφημα 1 Κατανάλωση ενέργειας κτηριακού τομέα ως ποσοστό εθνικής κατανάλωσης και παγκόσμιας (2007)[4]	3
Γράφημα 2 Κατανάλωση Ενέργειας για θέρμανση και ΖΝΧ ανά κτηριακό τύπο και χώρα. [7].....	5
Γράφημα 3 Τάσεις στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη στην Ευρώπη (1990-2010) [9].....	6
Γράφημα 4 Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012 [13]	7
Γράφημα 5 Κατανομή των εκπομπών CO2 ανά ενεργειακό τομέα ποσοστιαία κατανομή στο σύνολο [13].....	8
Γράφημα 6 Καμπύλη κόστους και απόστασης προς τα κτήρια στόχο (2021), [17]	9
Γράφημα 7 Ποσοστά κτηριακού αποθέματος με βάση το είδος κανονικής κατοικίας και νοικοκυριού [13]...22	
Γράφημα 8 Κατανομή κατοικιών νοικοκυριών με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων) [13]	22
Γράφημα 9 Κατανομή κατοικιών ανά κλιματική ζώνη σε πλήθος κτηρίων [13]	23
Γράφημα 10 Μηνιαία θερμοκρασία (μέση-μπλε, μέγιστη-πράσινο, ελάχιστη-κόκκινο) περιβάλλοντος στη Αθήνα (Meteonorm 7)	29
Γράφημα 11 Ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον Ιανουάριο στην Αθήνα (Meteonorm 7) ..29	
Γράφημα 12 Ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας περιβάλλοντος του Ιουλίου στην Αθήνα (Meteonorm 7)	30
Γράφημα 13 Μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος(μέση-μπλε, μέγιστη-πράσινο, ελάχιστη-κόκκινο) στη Λευκωσία (Meteonorm 7)	39
Γράφημα 14 Ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον Ιούλιο στη Λευκωσία (Meteonorm 7).....	39
Γράφημα 15 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 1	61
Γράφημα 16 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 2	62
Γράφημα 17 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 7	63
Γράφημα 18 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 8	64
Γράφημα 19 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 1	65
Γράφημα 20 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 2	65
Γράφημα 21 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 7	66
Γράφημα 22 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 8	67
Γράφημα 23 Θερμικά φορτία Κτηρίου Ελλάδας για τα σενάρια 1-4	68
Γράφημα 24 Ψυκτικά φορτία Κτηρίου Ελλάδας για τα σενάρια 2,5,6.....	68
Γράφημα 25 Θερμικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-9	69
Γράφημα 26 Ψυκτικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-9	69
Γράφημα 27 Μέγιστο Θερμικό φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 1-4.....	70
Γράφημα 28 Μέγιστο φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 2,5,6	71
Γράφημα 29 Σύγκριση μέγιστων φορτίων για τις μελετώμενες μονώσεις	71
Γράφημα 30 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 1	73
Γράφημα 31 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 2	74
Γράφημα 32 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 7	75
Γράφημα 33 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 8	76
Γράφημα 34 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 1	77
Γράφημα 35 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 2	78
Γράφημα 36 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 7	78
Γράφημα 37 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 8	79
Γράφημα 38 Θερμικά φορτία Κτηρίου Κύπρου για τα σενάρια 1-4	80
Γράφημα 39 Ψυκτικά φορτία Κτηρίου Κύπρου για τα σενάρια 2,5,6.....	80
Γράφημα 40 Θερμικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-19 και 11	81
Γράφημα 41 Ψυκτικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-9 και 11	81

Γράφημα 42 Μέγιστο Θερμικό φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 1-4.....	82
Γράφημα 43 Μέγιστο φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 2,5,6	83
Γράφημα 44 Σύγκριση μέγιστων φορτίων για τις μελετώμενες μονώσεις.....	83
Γράφημα 45 Σύγκριση θερμικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 1-4.....	84
Γράφημα 46 Σύγκριση ψυκτικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 2,5,6.....	84
Γράφημα 47 Σύγκριση θερμικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 1-4.....	85
Γράφημα 48 Σύγκριση ψυκτικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 2,5,6.....	85
Γράφημα 49 Μέγιστα θερμικά φορτία για Ελλάδα και Κύπρο (Σενάρια 1-4)	86
Γράφημα 50 Μέγιστα ψυκτικά φορτία για Ελλάδα και Κύπρο (Σενάρια 2,5,6).....	86
Γράφημα 51 Μέγιστα θερμικά φορτία σε Ελλάδα και Κύπρο για διάφορες μονώσεις (Σενάρια 7-9).....	87
Γράφημα 52 Μέγιστα ψυκτικά φορτία σε Ελλάδα και Κύπρο για διάφορες μονώσεις (Σενάρια 7-9).....	87
Γράφημα 53 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το σενάριο 1.....	88
Γράφημα 54 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το σενάριο 1	89
Γράφημα 55 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το σενάριο 2.....	89
Γράφημα 56 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το σενάριο 2	90
Γράφημα 57 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το σενάριο 7.....	90
Γράφημα 58 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το σενάριο 7	91
Γράφημα 59 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το Σενάριο 8.....	91
Γράφημα 60 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το Σενάριο 8.....	92
Γράφημα 61 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για την θέρμανση με λέβητα	97
Γράφημα 62 Μηνιαία φορτία Κτηρίου για θέρμανση με λέβητα	98
Γράφημα 63 Ετήσια θερμική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα	98
Γράφημα 64 Ετήσια ψυκτική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα	99
Γράφημα 65 Σύγκριση διαφορετικού τύπου θέρμανσης Ελληνικού Κτηρίου	100
Γράφημα 66 Ψυκτικές καταναλώσεις έτους για τις δυο περιπτώσεις θέρμανσης.....	100
Γράφημα 67 Μέγιστο θερμικό φορτίο για την περίπτωση θέρμανσης με λέβητα	101
Γράφημα 68 Μέγιστο ψυκτικό φορτίο στην περίπτωση χρήσης λέβητα	102
Γράφημα 69 Σύγκριση μέγιστου θερμικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης.....	102
Γράφημα 70 Σύγκριση μέγιστου ψυκτικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης.....	103
Γράφημα 71 Σύγκριση καταναλώσεων θέρμανσης για του τύπους θέρμανσης	103
Γράφημα 72 Σύγκριση καταναλώσεων ψύξης για του τύπους θέρμανσης	104
Γράφημα 73 Θερμικό φορτίο και απαίτηση ισχύος λέβητα για θέρμανση	104
Γράφημα 74 Απεικόνιση μηνιαίας ισχύος συλλέκτη και θερμικών στοιχείων.	105
Γράφημα 75 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για την θέρμανση με λέβητα	110
Γράφημα 76 Μηνιαία φορτία Κτηρίου για θέρμανση με λέβητα	111
Γράφημα 77 Ετήσια θερμική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα	111
Γράφημα 78 Ετήσια ψυκτική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα	112
Γράφημα 79 Σύγκριση διαφορετικού τύπου θέρμανσης Ελληνικού Κτηρίου	113
Γράφημα 80 Ψυκτικές καταναλώσεις έτους για τις δυο περιπτώσεις θέρμανσης.....	113
Γράφημα 81 Μέγιστο θερμικό φορτίο για την περίπτωση θέρμανσης με λέβητα	114
Γράφημα 82 Μέγιστο ψυκτικό φορτίο στην περίπτωση χρήσης λέβητα	115
Γράφημα 83 Σύγκριση μέγιστου θερμικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης.....	115
Γράφημα 84 Σύγκριση μέγιστου ψυκτικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης.....	116
Γράφημα 85 Σύγκριση καταναλώσεων θέρμανσης για του τύπους θέρμανσης	116
Γράφημα 86 Σύγκριση καταναλώσεων ψύξης για του τύπους θέρμανσης	117
Γράφημα 87 Θερμικό φορτίο και απαίτηση ισχύος λέβητα για θέρμανση	117

Γράφημα 88 Απεικόνιση μηνιαίας ισχύος συλλέκτη και θερμικών στοιχείων.	118
Γράφημα 89 Σύγκριση ετήσιων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	120
Γράφημα 90 Σύγκριση ετήσιων Ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	121
Γράφημα 91 Σύγκριση ετήσιων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	121
Γράφημα 92 Σύγκριση ετήσιων ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	122
Γράφημα 93 Σύγκριση μέγιστων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	123
Γράφημα 94 Σύγκριση μέγιστων ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	123
Γράφημα 95 Σύγκριση μέγιστων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	124
Γράφημα 96 Σύγκριση μέγιστων ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου	124
Γράφημα 97 Μηνιαίες κατανάλωσης θέρμανσης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου	125
Γράφημα 98 Μηνιαίες κατανάλωσεις ψύξης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου	125
Γράφημα 99 Μηνιαίες κατανάλωσης θέρμανσης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου (Συγκεντρωτικά)	126
Γράφημα 100 Μηνιαίες κατανάλωσης ψύξης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου (Συγκεντρωτικά)	126

Πίνακας Περιεχομένων

1	Κεφάλαιο 1- Εισαγωγή.....	1
1.1	Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.2	Κύριοι τομείς κατανάλωσης ενέργειας.....	1
1.3	Αρνητικές Επιπτώσεις αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας.....	2
1.4	Προσπάθεια μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης.....	3
1.5	Ευρωπαϊκές οδηγίες για την εξοικονόμηση ενέργειας.....	4
1.5.1	Οδηγία 89/106/ΕΟΚ.....	4
1.5.2	Οδηγία 93/76/ΕΟΚ.....	4
1.5.3	Οδηγία 2002/91/ΕΚ.....	5
1.5.4	Το διεθνές πρότυπο ISO 13790.....	5
1.5.5	Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.....	7
1.5.6	Οδηγία 2012/27/ΕΕ.....	8
1.5.7	Η Συμφωνία του Παρισίου.....	9
1.6	Σχεδόν Μηδενικής και Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια.....	9
1.7	Στόχος παρούσας εργασίας.....	10
2	Κεφάλαιο – Τυπολογία κτηρίων.....	11
2.1	Ορισμός.....	11
2.2	Εργαλεία και Δράσεις.....	11
2.2.1	IEE Project TABULA.....	11
2.2.2	INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).....	12
2.2.3	EPISCOPE.....	12
2.3	Σχετικές εργασίες.....	14
2.3.1	Μεθοδολογία ταξινόμησης της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού τομέα σε αστική κλίμακα 14	
2.3.2	Ο ρόλος της μορφής του Κτηρίου στην ενεργειακή κατανάλωση : Περίπτωση Κτηρίου πρισματικής μορφής στην Αθήνα.....	15
2.4	Tabula WebTool.....	16
2.4.1	Περιγραφή.....	16
2.4.2	Εξοικονόμηση ενέργειας.....	17
2.4.3	Τυπικά κτήρια.....	17
2.4.4	Φυλλάδια (Brochures) Εθνικής Τυπολογίας.....	18

2.4.5	Διαδικασία υπολογισμού	18
2.4.6	Το Tabula στην Ελλάδα	20
2.4.7	Ζεστό Νερό Χρήσης.....	24
2.4.8	Λογισμικό TEE KENAK	24
3	Κεφάλαιο - Περιγραφή Εξεταζόμενων τυπικών κτηρίων.....	27
3.1	Τυπικό Κτήριο Ελλάδας.....	27
3.1.1	Περιγραφή Κτηρίου	27
3.2	Τυπικό Κτήριο Κύπρου (Αγλαντζιά)	34
3.2.1	Περιγραφή Κτηρίου	34
3.3	TRNSYS 17 (TRaNsient System Simulation program)	44
3.3.1	Τυπική μορφή ενός συστήματος TRNSYS	45
3.3.2	Σειρά εργαλείων του TRNSYS.....	45
3.3.3	TRNSYS Simulation Studio.....	45
3.3.4	Μηχανή προσομοίωσης TRNSYS (TRNSYS Simulation Engine)	46
3.3.5	Γραφικό περιβάλλον απεικόνισης Κτηρίου (TRNBuild).....	46
3.3.6	TRNEdit και TRNSED Εφαρμογές	46
3.3.7	Google SketchUP pro και TRNSYS 3D plugin.....	46
3.3.8	TRNSYS Simulation Studio.....	49
3.3.9	Μοντελοποίηση Κτηρίου με το TRNBUILD	51
3.3.10	Δημιουργία παραθύρων.....	54
4	Κεφάλαιο - Αποτελέσματα Παραμετρικής Ανάλυσης.....	57
4.1	Σενάρια Ιδανικής Ψύξης/Θέρμανσης	57
4.2	Σενάρια μεταβολής μόνωσης	57
4.3	Τυπικό Κτήριο Ελλάδας.....	58
4.3.1	Περιγραφή συστήματος.....	58
4.3.2	Παρουσίαση Διαγραμμάτων	61
4.4	Τυπικό κτήριο Κύπρου	72
4.4.1	Περιγραφή Συστήματος.....	72
4.4.2	Παρουσίαση Διαγραμμάτων	73
4.5	Σύγκριση Βασικών Σεναρίων για Ελλάδα και Κύπρο.....	84
4.6	Εναλλακτικά Σενάρια με Λέβητα για Θέρμανση	93
4.6.1	Κτήριο Ελλάδας.....	93
4.6.2	Κτήριο Κύπρου	106
4.7	Σύγκριση βασικών σεναρίων Ελλάδας-Κύπρου Με Σενάρια Θέρμανσης από λέβητα.....	120

4.8	Ηλιακή υποβοήθηση στη θέρμανση του κτιρίου	127
5	Κεφάλαιο: Συμπεράσματα – Μελλοντική Εργασία.....	129
5.1	Κεφάλαιο 1.....	129
5.2	Κεφάλαιο 2.....	129
5.3	Κεφάλαιο 3.....	129
5.4	Κεφάλαιο 4.....	130
5.4.1	Κτήριο Ελλάδας.....	130
5.4.2	Κτήριο Κύπρου.....	130
5.5	Σύστημα Ηλιακής Υποβοήθησης.....	131
5.6	Προτάσεις – Μελλοντική εργασία	132
6	Βιβλιογραφία.....	133

1 Κεφάλαιο 1- Εισαγωγή

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Από την δημιουργία του κόσμου η μεγαλύτερη ανακάλυψη του ανθρώπου θεωρείται η φωτιά. Για την επιβίωση του ανθρώπου ένα μικρό ποσό θερμότητας είναι απαραίτητο, πράγμα το οποίο οδηγεί στην ανάγκη εξασφάλισης θερμικής ενέργειας. Η ανάγκη αυτή είναι περισσότερο έκδηλη σε περιοχές του πλανήτη όπου ακραίες συνθήκες επικρατούν και η εξασφάλιση των ποσών θερμότητας δεν μπορούν να καλυφθούν από την ηλιακή ακτινοβολία.

Ο άνθρωπος όσο επεκτείνεται και εγκαθίσταται σε περιοχές χαμηλών θερμοκρασιών, αναζητεί τρόπους εξασφάλισης θερμικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του για θέρμανση. Ανεξάρτητα του γεωγραφικού προσδιορισμού, εξαιτίας των εναλλαγών των εποχών και κυρίως στην περίοδο του χειμώνα υπάρχει αυξημένη ζήτηση θερμικής ενέργειας. Μία εφαρμογή της θερμικής ενέργειας απαραίτητη για τον άνθρωπο είναι η προετοιμασία φαγητού για τροφή και διατήρηση της σωστής λειτουργίας του οργανισμού, απαραίτητη για την επιβίωση του. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες δικαιολογούν την άρρηκτη σύνδεση της ανθρωπότητας με την θερμική ενέργεια και τον τρόπο εξασφάλισης/αποθήκευσης/διανομής της.

Στην παρούσα περίοδο μιας τεχνολογικά εξελιγμένης κοινωνίας και του υπερπληθυσμού του πλανήτη οι βασικές ανάγκες έχουν αυξηθεί ραγδαία και νέες έχουν προκύψει ανεβάζοντας την ζήτηση ενέργειας κατακόρυφα για την κάλυψη τους [1]. Η κατανάλωση ενέργειας εξυπηρετείται κυρίως με την χρήση ορυκτών καυσίμων και φυσικών πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμία κ.α.).

1.2 Κύριοι τομείς κατανάλωσης ενέργειας

Οι κύριοι τομείς κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως είναι μεταξύ άλλων οι βιομηχανίες παραγωγής, η μεταφορές και ο κτηριακός τομέας. Ενδεικτικά βάσει στοιχείων από το IEA (International Energy Agency) [2] το 2014 παρήχθησαν παγκοσμίως 13.699 Mtoe (Μεγάτονοι ισοδύναμου πετρελαίου) για την κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού, ενώ η τελική κατανάλωση ήταν 9.425 Mtoe (Μεγάτονοι ισοδύναμου πετρελαίου) όπου παρατηρείται μια μείωση 40% περίπου μεταξύ παραγόμενης και καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας λόγω των απωλειών που υπάρχουν στη μεταφορά/ αποθήκευση/ διανομή. Στοιχεία του 2007 από το IEA δείχνουν ότι τις δεκαετίες 1984-2004 η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 49% ενώ οι εκπομπές CO₂ κατά 43% με ετήσια αύξηση κατά 2 και 1,8% αντίστοιχα. Τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται στον Πίνακας 1.

Πίνακας 1 Παγκόσμιοι δείκτες για το 2015 (International Energy Agency) [3]

Παγκόσμιοι δείκτες		Παγκόσμιοι δείκτες	
Πληθυσμός (εκατομμύρια)	7.333,78	Συνολική Παροχή Πρωτογενούς Ενέργειας / Πληθυσμό (toe/κεφαλή)	1.86
Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (GDP) (δισ δολάρια 2010)	75488,96	TPES/GDP (toe/χιλιάδες δολάρια 2010)	0.18
Ισοτιμία αγοραστικής δύναμης GDP PPP (δισ δολάρια 2010)	105.035.20	TPES/GDP PPP (toe/ χιλιάδες δολάρια 2010)	0.13
Παραγωγή Ενέργειας (Mtoe)	13.790.02	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας/ Πληθυσμό (toe/ κεφαλή)	3.05
Εισαγωγή Ενέργειας (Mtoe)	0	CO ₂ /TPES (tCO ₂ /toe)	2.37
Συνολική παροχή πρωτογενούς (TPES) ενέργειας (Mtoe)	13.647.37	CO ₂ / Πληθυσμό (TCO ₂ / κεφαλή)	4.40
Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (TWh)	22.385.81	CO ₂ /GDP (kg CO ₂ /2010 USD)	0.43
Εκπομπές CO ₂ (Mt of CO ₂)	32.294.21	CO ₂ /GDP PPP (kg CO ₂ /2010 USD)	0.31

1.3 Αρνητικές Επιπτώσεις αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας

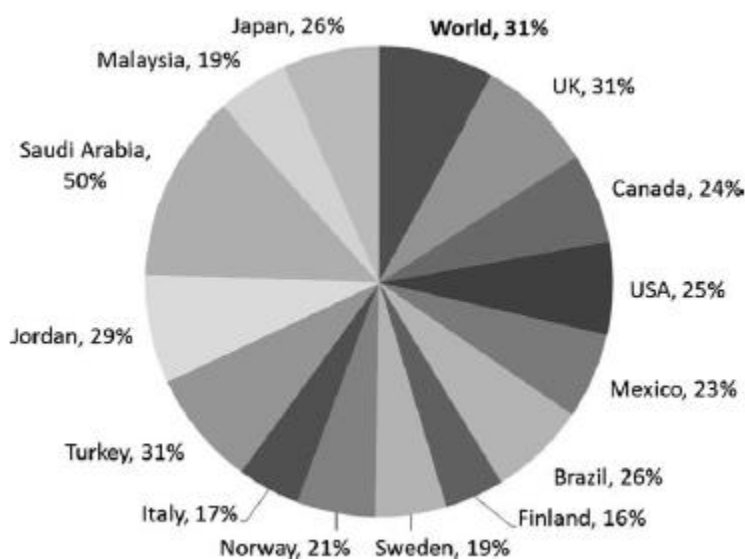
Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση πηγών ενέργειας παρουσιάζει και αρνητικές επιπτώσεις. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που παράγεται, προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η διαδικασία αυτή απελευθερώνει στο περιβάλλον αέρια διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλα προϊόντα καύσης τα οποία σε μεγάλες συγκεντρώσεις βλάπτουν το περιβάλλον ανεβάζοντας την θερμοκρασία του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου). Επακόλουθα είναι: η αύξηση της στάθμης των υδάτων και ερημοποίηση περιοχών λόγω υπερβολικής ζέστης και ξηρασίας. Λόγω των κλιματικών αλλαγών που δυσκολεύουν στην διαβίωση και κυρίως λόγω του περιορισμένου όγκου των μη ανανεώσιμων ορυκτών καυσίμων ήταν απαραίτητη η εύρεση λύσης σε αυτό το σημαντικό πρόβλημα. Κατά την πετρελαϊκή κρίση του 1970 πραγματοποιούνται κινήσεις για την βελτίωση του ενεργειακού προφίλ, για εξοικονόμηση ενέργειας και κατεύθυνση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Για την επίτευξη του στόχου έχουν συνταχθεί κανονισμοί και νόμοι σε παγκόσμια, διεθνή και τοπική κλίμακα. Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας το 2003 για την ευρωπαϊκή ένωση έφτασε στο ποσό των 1498,1 Mtoe, αυξανόμενη κατά 1,8% από το προηγούμενο έτος, ενώ αποτελεί το 15,4% της παγκόσμιας ζήτησης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολο των κρατών που αποτελείται έχει δημιουργήσει τις δικές της απαιτήσεις και νομοθεσίες για την ορθή ενεργειακή συμπεριφορά των κρατών. Στη συνέχεια κάθε χώρα καλείται με βάση τις δυνατότητες και τα μέσα που διαθέτει να εφαρμόσει τους κανονισμούς εσωτερικά των συνόρων της. Διάφορες οδηγίες και νόμοι προς τα κράτη μέλη έχουν κοινοποιηθεί.

1.4 Προσπάθεια μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης

Στην κατεύθυνση ενός λιγότερο ενεργοβόρου προφίλ κατευθύνεται και ο κτηριακός τομέας[2]. Κατά το πέρασμα του χρόνου από την πρώτη ιδέα της οικίας είτε αυτή παρουσιαζόταν με την μορφή μιας σπηλιάς μέχρι τα υπερσύγχρονα οικήματα της εποχής μας ο άνθρωπος αναζητούσε ένα τρόπο αρχικά προφύλαξης από το αφιλόξενο περιβάλλον και την διασφάλιση των αναγκών του για επιβίωση, προφύλαξη από το υπερβολικό κρύο ή θερμότητα αντίστοιχα και άλλα. Για τον λόγο αυτό ήταν αναγκαία η εξέλιξη της έννοιας οικία σταδιακά σε ένα χώρο που θα προσφέρει τις καλύτερες συνθήκες διαβίωσης με συνεχή μεταβολή του τρόπου διαμόρφωσής της. Νέα υλικά και τεχνολογίες ανακαλύφθηκαν και βελτίωσαν τον τρόπο που δομούνται οι κατοικίες. Κοινωνικές μεταβολές στη συνέχεια και ιδιαίτερα μετά τη βιομηχανική επανάσταση με την έκρηξη αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και την ζήτηση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου, ξεκίνησε και η αύξηση των εκπομπών του CO₂ και μετά την κρίση του πετρελαίου εισήχθησαν νέες μορφές ενέργειας και απαιτήσεις ως προς την κατανάλωση ενέργειας των κατοικιών και άλλων κτηρίων.

Από τα παραπάνω φαίνεται η ποικιλία κτηριακών δομών που υπάρχει σήμερα και η ανάγκη μελέτης όλου αυτού του κτηριακού συνόλου, εξετάζοντας συγκεκριμένες κατηγορίες για τους λόγους που θα αναφερθούν παρακάτω λόγω αδυναμίας μελέτης κάθε Κτηρίου ξεχωριστά. Η μελέτη αναφέρεται στη ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων και την προσπάθεια βελτίωσης τη με διάφορες επεμβάσεις αν κρίνεται απαραίτητο. Ο κτηριακός τομέας έχει ξεπεράσει σε κατανάλωση τα τελευταία χρόνια τους τομείς της βιομηχανίας και των μεταφορών. Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανάλωση του κτηριακού τομέα σε παγκόσμια και διεθνή κλίμακα.



Γράφημα 1 Κατανάλωση ενέργειας κτηριακού τομέα ως ποσοστό εθνικής κατανάλωσης και παγκόσμιας (2007)[4]

Τα κτήρια έχουν άμεσες περιβαλλοντικές συνέπειες, οι οποίες κυμαίνονται στην χρήση υλικών για την κατασκευή τους, ενώ καθημερινά καταναλώνονται καύσιμα και πρώτες ύλες, με αποτέλεσμα να εκπέμπουν μεταξύ άλλων και επιβλαβείς ουσίες για το περιβάλλον. Ο κτηριακός τομέας και ιδιαίτερα ο τομέας της κατοικίας ευθύνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση για το 40 % της συνολικής ζήτησης ενέργειας και στο 1/3 της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου. Έτσι υπογραμμίζεται η σημασία του κτηριακού τομέα στον ισολογισμό ενέργειας της Ευρώπης. Η προσπάθεια που πραγματοποιείται για την βελτίωση του θερμικού προφίλ γίνεται μέσω μελετών, κανονισμών και νομοθεσιών που εφαρμόζονται σε όλο το φάσμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης[5].

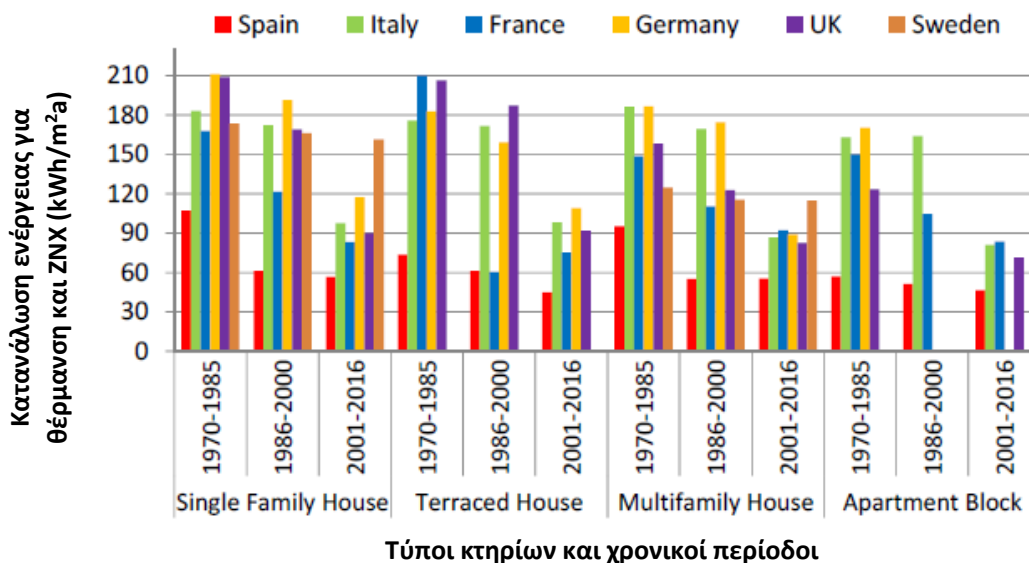
1.5 Ευρωπαϊκές οδηγίες για την εξοικονόμηση ενέργειας

1.5.1 Οδηγία 89/106/ΕΟΚ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ήδη από την δεκαετία του 1990 ξεκίνησε τις ενέργειες για θεσμοθέτηση τρόπων βελτίωσης του κτηριακού τομέα. Συγκεκριμένα η οδηγία 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 21ης Δεκεμβρίου 1988 [6], για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών, απαιτεί να γίνονται οι δομικές κατασκευές και οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και αερισμού κατά τρόπο ώστε η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρησιμοποίηση του έργου να είναι χαμηλή, ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα του τόπου αλλά και τους χρήστες.

1.5.2 Οδηγία 93/76/ΕΟΚ

Στη συνέχεια οι διατάξεις διαφοροποιήθηκαν με βάση τις ανάγκες, ενώ η οδηγία 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 13ης Δεκεμβρίου 1993[6], για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE), η οποία ορίζει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να καταρτίζουν και εφαρμόζουν προγράμματα και να υποβάλλουν σχετικές εκθέσεις για την ενεργειακή απόδοση στον κτηριακό τομέα. Στο Γράφημα 2 παρουσιάζονται στοιχεία κατανάλωσης για θέρμανση και Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) για χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης. Στο Γράφημα 2 φαίνεται διαγραμματικά η απεικόνιση κατανάλωσης για θέρμανση και Ζεστό Νερό Χρήσης για κτήρια χωρών τις βόρειας και κεντρικής Ευρώπης.



Γράφημα 2 Κατανάλωση Ενέργειας για θέρμανση και ZNX ανά κτηριακό τύπο και χώρα. [7]

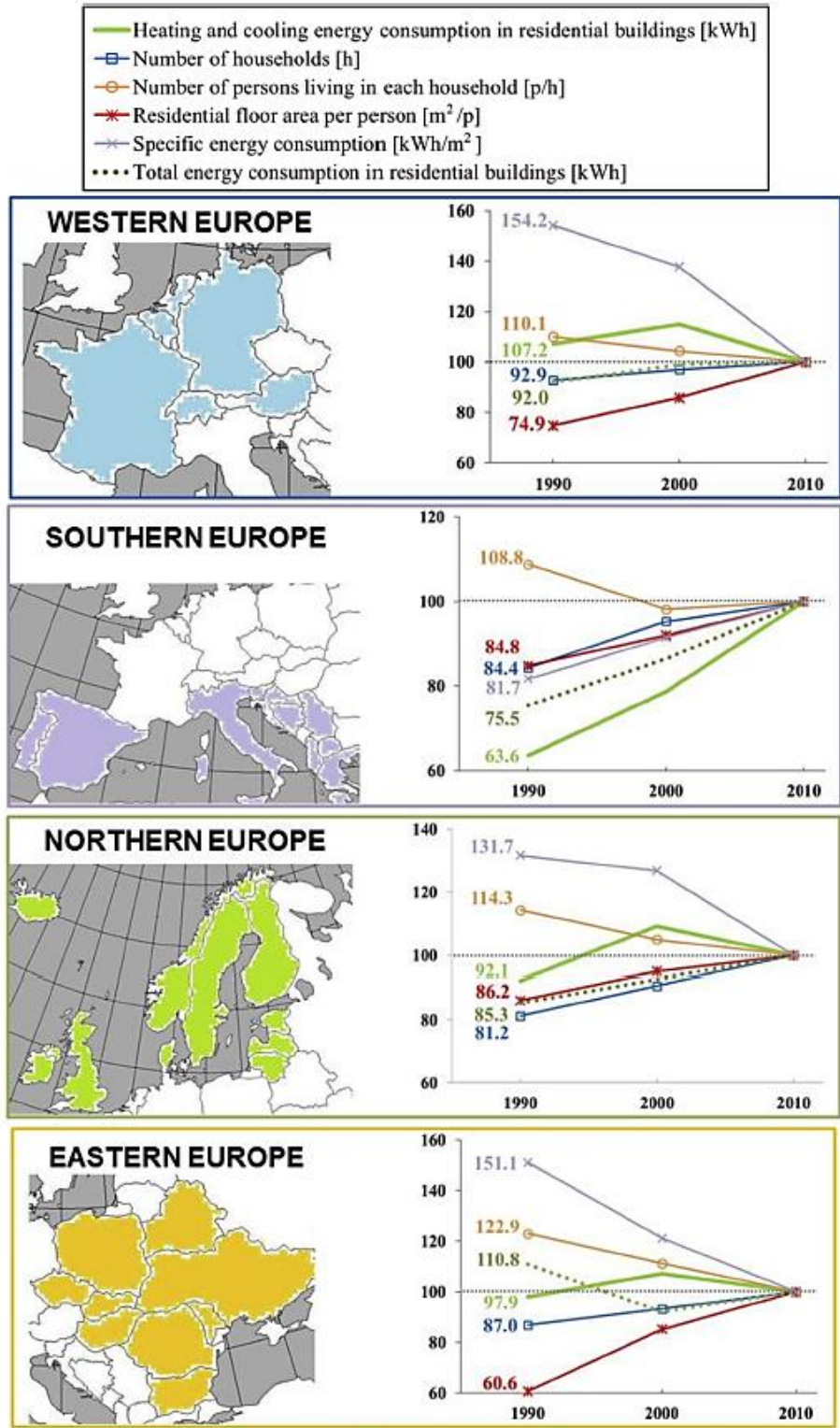
1.5.3 Οδηγία 2002/91/EK

Με βάση την οδηγία 2002/91/EK [6] του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου ορίζεται ότι η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων θα πρέπει να υπολογίζεται με βάση μεθοδολογία που μπορεί να διαφοροποιείται σε περιφερειακό επίπεδο και η οποία περιέχει, εκτός της θερμομόνωσης, και άλλους παράγοντες που διαδραματίζουν ολόένα και περισσότερο σημαντικό ρόλο όπως π.χ. οι εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού, η εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ο σχεδιασμός του Κτηρίου. Η κοινή προσέγγιση στη διαδικασία αυτή, που θα εκτελείται από εξειδικευμένους ή/και διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, των οποίων η ανεξαρτησία θα πρέπει να εξασφαλίζεται βάσει αντικειμενικών κριτηρίων, θα συμβάλει στη δημιουργία ισότιμων όρων σε ό,τι αφορά τις προσπάθειες που καταβάλλονται στα κράτη μέλη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα και θα εισάγει διαφάνεια για τους υποψήφιους ιδιοκτήτες ή χρήστες αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση στην κοινοτική αγορά ακινήτων.

1.5.4 Το διεθνές πρότυπο ISO 13790

Το διεθνές πρότυπο ISO 13790 [8] παρουσιάστηκε το 2006 και ορίζει μια μεθοδολογία υπολογισμού και εκτίμησης της ετήσιας χρήσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη χώρου κατοικιών ή μέρους αυτών. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται αποτελείται από τον υπολογισμό:

- Της μεταδιδόμενης θερμότητας δια διάδοσης ή εξαερισμού όταν ένα κτήριο ψύχεται ή θερμαίνεται σε σταθερή εσωτερική θερμοκρασία.
- Της συμβολής των εσωτερικών και ηλιακών θερμικών κερδών στο ισοζύγιο θερμότητας του Κτηρίου
- Τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη, για τη διατήρηση των καθορισμένων θερμοκρασιών καθορισμένου σημείου στο κτήριο (η λανθάνουσα θερμότητα δεν περιλαμβάνεται).
- Της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη του Κτηρίου, χρησιμοποιώντας στοιχεία από τα σχετικά πρότυπα συστήματος που αναφέρονται στο πρότυπο ISO 13790.



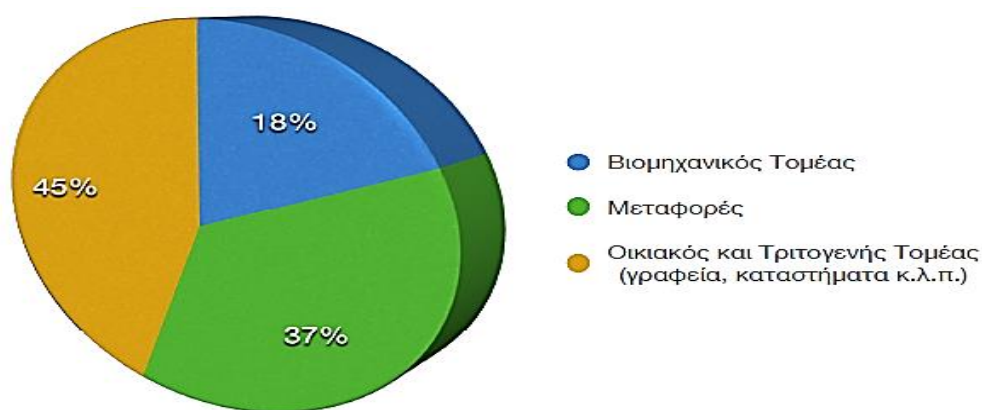
Γράφημα 3 Τάσεις στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη στην Ευρώπη (1990-2010) [9]

1.5.5 Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου

Μεταγενέστερα προστίθεται η οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όπου είναι μια αναθεώρηση της οδηγία του 2002 και αναφέρεται ως Ε.Ρ.Β.Δ. (Energy Performance Building Directive)[10]. Η προαναφερθείσα οδηγία αναφέρει πως το 40 τοις εκατό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταλογίζεται στον κτηριακό τομέα (βλ. Γράφημα 4, Πίνακας 2). Συνεπώς, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον κτηριακό τομέα αποτελούν σημαντικά μέτρα που απαιτούνται για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Από κοινού με την αυξημένη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τα μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στην Ένωση θα της επέτρεπαν τη συμμόρφωση προς το πρωτόκολλο του Κιότο [11] της σύμβασης πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή UNFCCC [12], καθώς και την εκπλήρωση τόσο της μακροπρόθεσμης δέσμευσής της για τη διατήρηση της ανόδου της θερμοκρασίας της γης κάτω από τους 2 °C όσο και της δέσμευσής της να μειώσει έως το 2020 τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (βλ. Πίνακας 3, Γράφημα 5) κατά 20 % τουλάχιστον κάτω από τα επίπεδα του 1990 και κατά 30 % σε περίπτωση που θα επιτευχθεί διεθνής συμφωνία.

Πίνακας 2 Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012 [13]

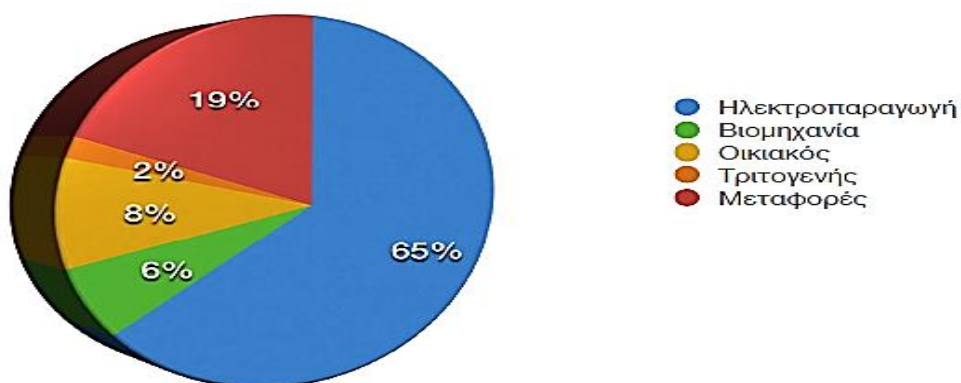
Τομέας Χρήσης	Ποσοστό Κατανάλωσης (%)	Κατανάλωση (Κtoe)
Βιομηχανικός τομέας	18	2.998
Μεταφορές	37	6.380
Οικιακός και Τριτογενής Τομέας (γραφεία, καταστήματα κ.λ.π.)	45	7.751
Σύνολο	100	17.129



Γράφημα 4 Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, έτος 2012 [13]

Πίνακας 3 Κατανομή των εκπομπών CO2 ανά ενεργειακό τομέα [13]

Τομείς	Ηλεκτροπαραγωγή	Βιομηχανία	Οικιακός τομέας	Τριτογενής τομέας	Μεταφορές	Σύνολο
Ποσό CO2 (Mt)	54,51	5,5	6,95	1,34	15,84	84,14



Γράφημα 5 Κατανομή των εκπομπών CO2 ανά ενεργειακό τομέα ποσοστιαία κατανομή στο σύνολο [13]

1.5.6 Οδηγία 2012/27/ΕΕ

Αποτελέσματα της προηγούμενης οδηγίας οδήγησαν τους θεσμούς να επικαιροποιηθεί το νομικό πλαίσιο της Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση με μια οδηγία που θα επιδιώκει τον γενικό στόχο της ενεργειακής απόδοσης για εξοικονόμηση 20 % της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας της Ένωσης έως το 2020, καθώς και περαιτέρω βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση μετά το 2020. Για τον σκοπό αυτό, η Οδηγία 2012/27/ΕΕ [13] Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, όπου ονομάζεται και Energy Efficiency Directive (EED), καθιέρωσε ένα κοινό πλαίσιο προώθησης της ενεργειακής απόδοσης στην Ένωση, με ειδικές δράσεις για την υλοποίηση ορισμένων από τις προτάσεις που περιλαμβάνονται στο σχέδιο ενεργειακής απόδοσης 2011 που ενέκρινε το Συμβούλιο.

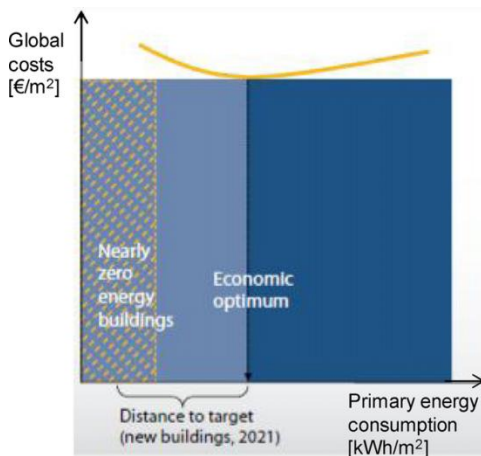
Πίνακας 4 Αριθμός κτηρίων για το 2001 και το 2011 για την Ελλάδα [13]

Χρήση Κτήριου	Πλήθος Κτηρίων	
	2001 (ΕΛΣΤΑΤ)	2011 (TABULA)
Κατοικίες	2.755.570	2.468.124

1.5.7 Η Συμφωνία του Παρισιού

Οι τελευταίες δράσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τον κτηριακό τομέα ξεκίνησαν στις 12 Δεκεμβρίου 2015 [14] με την Συμφωνία του Παρισιού και τέθηκε σε εφαρμογή μετά από διάστημα μικρότερο του ενός έτους, στις 4 Νοεμβρίου 2016[15]. Η εν λόγω συμφωνία ορίζει μια σαφή και φιλόδοξη πορεία δράσης για την επένδυση στην καινοτομία για χαμηλές ανθρακούχες εκπομπές. Η υλοποίηση της φιλόδοξης δέσμευσης της ΕΕ στο Παρίσι για την κλιματική αλλαγή αποτελεί σήμερα την προτεραιότητα και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιτυχημένη μετάβαση σε ένα σύστημα καθαρής ενέργειας, καθώς τα δύο τρίτα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται στην παραγωγή και τη χρήση ενέργειας. Τέλος το 2017 επικαιροποιήθηκαν 8 νόμοι του πακέτου «Καθαρή Ενέργεια για τους Ευρωπαίους»[15] και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει τα θεμέλια για την ικανοποίηση των στόχων της. Οι συμφωνηθείσες βελτιώσεις περιλαμβάνουν μέτρα για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτηρίων, την επιτάχυνση του ρυθμού ανακαίνισης των κτηρίων προς ενεργειακά αποδοτικότερα συστήματα και την αξιοποίηση του τεράστιου δυναμικού αύξησης της αποτελεσματικότητας στον κατασκευαστικό τομέα, ο μεγαλύτερος ενιαίος καταναλωτής ενέργειας στην Ευρώπη.

1.6 Σχεδόν Μηδενικής και Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια



Γράφημα 6 Καμπύλη κόστους και απόστασης προς τα κτήρια στόχο (2021), [17]

Ένας από τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η πορεία προς Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια και Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια [16]. Σύμφωνα με την οδηγία του 2010 ορίζεται η απαίτηση για Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια όμως δεν αναφέρει συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογισμού της ενέργειας ή ακόμα το ποσοστό εναρμόνισης σε αυτή, άρα εναποτίθεται σε κάθε κράτος μέλος η μεθοδολογία. Γενικά η οδηγία ορίζει τα Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια ως μονάδες που έχουν πολύ μεγάλη ενεργειακή απόδοση και απαιτείται ο υπολογισμός δείκτη πρωτογενούς ενέργειας. Στα πλαίσια αυτού του Κτηρίου το μικρό ποσό ενέργειας που απαιτείται, θα πρέπει να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο μεγαλύτερο ποσοστό του. Ένα Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήριο αναφέρεται αυτό, όπου όλη ενέργεια παράγεται από ανανεώσιμες πηγές μόνο, χρησιμοποιώντας μηδενική πρωτογενή ενέργεια ($0 \frac{kWh}{m^2a}$) [17]. Για τον υπολογισμό των δεικτών της πρωτογενούς ενέργειας, χρησιμοποιήθηκαν για την γενική μεθοδολογία η ηλιακή και αιολική ενέργεια. Στο Γράφημα 6 φαίνεται η καμπύλη κόστους για την στροφή σε μηδενικής κατανάλωσης κτήρια. Η δέσμευση της Ευρωπαϊκής Ένωσης[18] για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων απαιτεί προσπάθειες από όλα τα κράτη μέλη για την θέσπιση κατάλληλων κανονιστικών διατάξεων, με σκοπό την αντιμετώπιση του σύνθετου ζητήματος της ενεργειακής απόδοσης στον κτηριακό τομέα. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 3 άξονες:

1. Την ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενεργειακής αποδοτικότητας.
2. Την μετάφραση των ενεργειακών επενδύσεων σε οικονομικό συμφέρον για τον καταναλωτή.
3. Και την στροφή σε Σχεδόν ή Τελείως Μηδενικής Κατανάλωσης Κτήρια.

1.7 Στόχος παρούσας εργασίας

Η παγκόσμια προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στον κτηριακό τομέα οδηγεί σταδιακά τον σχεδιασμό των κτηρίων σε μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την ικανοποίηση των αναγκών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την χρήση διαφορετικών δομικών στοιχείων που συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα τα ήδη υπάρχοντα κτήρια πρέπει να υποστούν μεταβολές και βελτιώσεις για την κάλυψη των απαιτήσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω οδηγιών για ένα λιγότερο ενεργοβόρο ενεργειακό προφίλ κτηρίων.

Στόχος της παρούσας εργασίας αποτελεί την αξιοποίηση σχεδιαστικού προγράμματος (TRNSYS) για τον ενεργειακό υπολογισμό φορτίων σε διάφορες περίπτωσης θέρμανσης τυπικών κτηρίων. Η ασχολία με το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι μια πρώτη προσέγγιση σχεδίασης συστημάτων θέρμανσης τυπικών κτηρίων σε υπάρχουσες δράσεις όπως το TABULA[19] ή το HYBUILD [20] , που παρέχουν και τις πληροφορίες για την αρχική σχεδίαση των κτηρίων.

Η παρούσα εργασία έρχεται να καλύψει ενεργειακούς υπολογισμούς σε τυπικά κτήρια και να προσθέσει στην συλλογική πληροφορία για την συμπεριφορά συστημάτων σε διαφορετικά σημεία θέρμανση ψύξης και προτείνει με κατάλληλα αποτελέσματα την διαφοροποίηση των μονώσεων κτηρίων. Παράλληλα δοκιμάζονται εναλλακτικά σενάρια θέρμανση με την χρήση λέβητα ή την ηλιακή υποβοήθηση που παρέχει και Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX). Τα αποτελέσματα στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενεργειακή μελέτη και άλλων τυπικών κτηρίων σε διαφορετικές χώρες και να δημιουργηθεί ένας χάρτης δεδομένων καταναλώσεων.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε συνοπτικά αποτελείται από την σχεδίαση των κτηρίων και την απόδοση χαρακτηριστικών στην τοιχοποιία. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εισαγωγή αυτών στο πρόγραμμα και η σχεδίαση των κατάλληλων συστημάτων θέρμανσης. Έγινε προσομοίωση του κάθε συστήματος και παρουσίαση-σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

2 Κεφάλαιο – Τυπολογία κτηρίων

2.1 Ορισμός

Για την εφαρμογή των παραπάνω οδηγιών είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί η έννοια της «Τυπολογίας Κτηρίων»[19]. Ο όρος «Τυπολογία Κτηρίων», αναφέρεται σε μια συστηματική περιγραφή των κτηρίων για τον ορισμό των τυπικών κτηρίων καθώς και στο σύνολο του τύπου των κτηρίων αντίστοιχα.

Η ενεργειακή μελέτη κτηρίων γίνεται στη συνέχεια βάσει θερμικής συμπεριφοράς, η οποία στηρίζεται σε [21]:

- Δόμηση (συντελεστές θερμικής διαπερατότητας U τοίχων, οροφής, δαπέδου, παραθύρων) .
- Συστήματα θέρμανσης και Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) .
- Συστήματα εξαερισμού και κλιματισμού.
- Εκπομπές CO₂ .

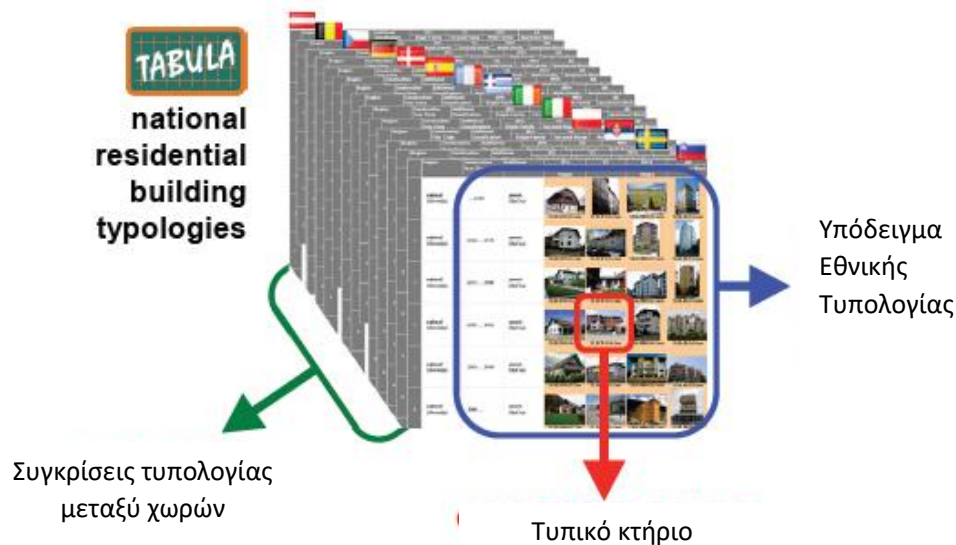
Από τα παραπάνω στοιχεία που συλλέγονται για την εκάστοτε περίπτωση Κτηρίου γίνονται θερμικοί υπολογισμοί και αποτελέσματα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση αποδίδονται αντίστοιχα.

2.2 Εργαλεία και Δράσεις

Εργαλεία και δράσεις για την αξιοποίηση αυτών των στοιχείων έχουν πραγματοποιηθεί από διάφορες ομάδες όπως το Tabula WebTool, EPISCOPE, INSPIRE και άλλα.

2.2.1 IEE Project TABULA

Το Tabula WebTool [22] αποτελεί ένα project (IEE Project TABULA) το οποίο περιλαμβάνει διάφορες τοπολογίες συγκεντρωτικά που συναντώνται στην Ευρώπη. Περιλαμβάνει στοιχεία για κατοικίες χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η κατηγοριοποίηση των κτηρίων γίνεται με βάση το μέγεθος (Single Family House (SFH), Multi Family House (MFH), Terrace House (TH), Apartment Block (AB)) , τη χρονολογία κατασκευής, την κλιματική ζώνη και άλλες παραμέτρους όπως τα συστήματα που χρησιμοποιούνται (βλ. Εικόνα 1). Σκοπός του συγκεκριμένου είναι η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων και σύγκριση μεταξύ κρατών των ενεργειακών μεγεθών που παρουσιάζονται σε κάθε κτηριακό τομέα.



Εικόνα 1 Γενική ιδέα τυπολογίας κτηρίων μέσω Tabula [21]

2.2.2 INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe)

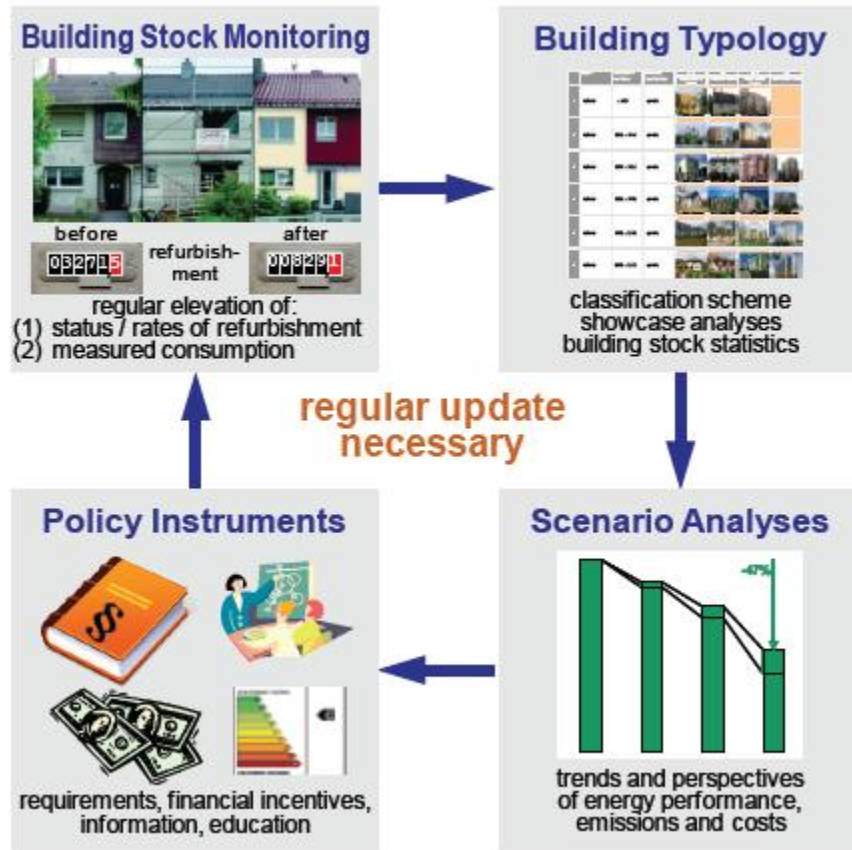
Το INSPIRE [23],[24] αποτελεί επίσης μια προσπάθεια για αναπαράσταση κτηρίων με περιγραφή της φυσικής/ δομικής μορφής αυτών. Η οδηγία INSPIRE στοχεύει στη δημιουργία υποδομής χωρικών δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους σκοπούς των περιβαλλοντικών πολιτικών ή δραστηριοτήτων της ΕΕ που ενδέχεται να έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον. Αυτή η ευρωπαϊκή υποδομή χωρικών δεδομένων θα επιτρέψει την ανταλλαγή περιβαλλοντικών χωρικών πληροφοριών μεταξύ οργανώσεων του δημόσιου τομέα, θα διευκολύνει την πρόσβαση του κοινού σε χωρικές πληροφορίες σε ολόκληρη την Ευρώπη και θα συμβάλει στη διαμόρφωση των πολιτικών πέρα από τα όρια. Η οδηγία τέθηκε σε ισχύ στις 15 Μαΐου 2007 και θα εφαρμοστεί σε διάφορα στάδια, με πλήρη εφαρμογή έως το 2021.



2.2.3 EPISCOPE



Η προσέγγιση του προγράμματος EPISCOPE (Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimization of Refurbishment Processes in European Housing Stocks)[25] βασίζεται στις αρχές του IEE project TABULA . Η στρατηγική του συγκεκριμένου project είναι η προσπάθεια αναβάθμισης του ευρωπαϊκού κτηριακού τομέα με διαφάνεια και αποδοτικότητα. Σκοποί του προγράμματος είναι: η συλλογή δεδομένων κατά την αναβάθμιση των κτηριακών δομών σε διαφορετικές κλίμακες, το ποσοστό εκτέλεσης των διαφόρων μέτρων ανακαίνισης θα καθοριστεί με βάση τους σχετικούς στόχους προστασίας από κλιματικές αλλαγές και η παρακολούθηση της πραγματικά μετρούμενης κατανάλωσης μετά την ανακαίνιση, σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό, για την διατήρηση της εξοικονόμησης ενέργειας.



Εικόνα 2 Απαραίτητες Δράσεις για την αναβάθμιση του κτηριακού τομέα μέσω EPISCOPE [25]

2.2.3.1 Αναμενόμενα Αποτελέσματα

- Οι εθνικές τυπολογίες οικιακών κτηρίων για 16 χώρες, συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος ταξινόμησης, όπου θα παρουσιάζονται παραδείγματα κτηρίων καθώς και στατιστικά στοιχεία σχετικά με τα αποθέματα και το σύστημα παροχής.
- Πιλοτικές δράσεις σε όλες τις συμμετέχουσες χώρες σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας ζητήματα όπως πορεία ανακαίνισης κ.α.

2.3 Σχετικές εργασίες

Για την μελέτη του ενεργειακού φάσματος του κτηριακού τομέα έχουν ασχοληθεί πολλές ομάδες ατόμων και έχουν προσθέσει στην συνολική γνώση του αντικειμένου. Η προσφορά τους είναι μεγάλη και σε ατομικό αλλά και σε συλλογικό πλαίσιο για την καλύτερη κατανόηση αλλά και την προώθηση ενός τόσο σημαντικού τομέα έρευνας. Χαρακτηριστικά παρουσιάζονται:

2.3.1 Μεθοδολογία ταξινόμησης της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού τομέα σε αστική κλίμακα

Οι [26] αναφέρουν ότι η κατανόηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων μιας κοινότητας ή ακόμα ολόκληρης περιοχής είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό βιώσιμων ενεργειακών στατιστικών. Έτσι μπορεί να επιταχυνθεί η διαδικασία ενεργειακής αναβάθμισης ενεργοβόρων κτηρίων. Η μεθοδολογία του συγκεκριμένου άρθρου βασίζεται σε ήδη υπάρχουσες πληροφορίες για τον κτηριακό τομέα (χαρτογράφηση, γεωμετρικά δεδομένα, θεματικοί χάρτες, κ.α.). Τα ενεργειακά δεδομένα των κτηρίων συλλέγονται από ενεργειακούς ελέγχους και αξιοποιούνται βάσει στατιστικών μεθόδων. Τα δεδομένα επεξεργάζονται σε μια GIS πλατφόρμα [27], και με τον συνδυασμό 2 βάσεων δεδομένων πραγματοποιείται η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου πλαισίου, χαμηλού κόστους που παριστά την ενεργειακή συμπεριφορά του Κτηρίου. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε για το παρόν άρθρο για μια μικρή πόλη, το Lombardy της Ιταλίας.

Αυτό το έργο αποτελεί μέρος μιας σειράς μελετών που διεξάγονται από μια ομάδα των ερευνητών της ερευνητικής μονάδας "Καινοτόμες τεχνολογίες για την διαχείριση ενέργειας στην κατασκευή" του BEST (Building Environment Science and Technology) του πολυτεχνείου του Μιλάνο, Ιταλία.

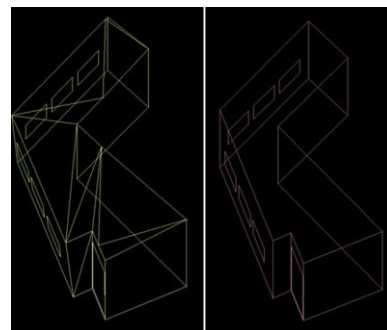
2.3.1.1 Αποτελέσματα

Για να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική, μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση ενέργειας σε κτήρια, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ενεργειακή ποιότητα του υφιστάμενου Κτηρίου αποθέματος, το οποίο θα μπορούσε να έχει δεδομένα τα οποία είναι αναλυτικά σε μεμονωμένα κτήρια. Ο χρόνος που απαιτείται για τη διαδικασία ενεργειακής πιστοποίησης είναι πολύ μεγάλη και δεν είναι συμβατή με το χρόνο που χρειάζεται για την αντιμετώπιση ενεργειακών και περιβαλλοντικών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

2.3.2 Ο ρόλος της μορφής του Κτηρίου στην ενεργειακή κατανάλωση : Περίπτωση Κτηρίου πρισματικής μορφής στην Αθήνα

Σκοπός του παρόντος άρθρου είναι η μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς κτηρίων πρισματικής και πολυγωνικής μορφής που συναντώνται στην περιοχή της Μεσογείου. Γίνεται επίσης σύγκριση αυτών των κτηρίων με ορθογωνικής μορφής κτήρια [28] .

Η μεθοδολογία υπολογισμού βασίζεται στη θεώρηση ότι το μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από ένα κτήριο συνδέεται άμεσα με την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας με την επιφάνεια. Για την παρούσα εργασία επιλέχτηκε το κτήριο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών, όπου μελετήθηκε στην υπάρχουσα κατάσταση του (πρισματικής μορφής) και σε μια απλοποιημένη ορθογωνική μορφή. Τα κτήρια είναι όμοια από άποψη δομικών στοιχείων (πάτωμα, τοίχοι, οροφή, όγκος, υλικά), ενώ το δεύτερο διαφοροποιείται μόνο στην γεωμετρία όπου οι τοίχοι είναι κάθετοι προς το επίπεδο και η οροφή είναι επίπεδη.



Εικόνα 3 Αρχιτεκτονική απεικόνιση Κτηρίου του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου (Αθήνα 2009),αριστερά, και σχηματική απεικόνιση πρισματικού και ορθογωνικού Κτηρίου (δεξιά) [28]

Κατά την διαδικασία του υπολογισμού θεωρήθηκαν 2 θερμικές ζώνες αντίστοιχα με τους χώρους χρήσης των κτηρίων. Η μοντελοποίηση των κτηρίων πραγματοποιήθηκε για τον πάνω όροφο των δύο κτηρίων και υπολογίστηκαν αντίστοιχα τα θερμικά και ψυκτικά φορτία τους. Υπολογίστηκε η μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία για κάθε επιφάνεια και για τα δύο μοντέλα και χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης. Μοντελοποίηση έγινε και στην ροή αέρα σε περίπτωση που η γεωμετρία επηρέαζε το ενεργειακό προφίλ των κτηρίων. Μεταξύ των παραδοχών και των δεδομένων που αξιοποιήθηκαν, ήταν τα καιρικά δεδομένα από το Εθνικό Παρατηρητήριο για την περιοχή της Πεντέλης και χρονοδιαγράμματα χρήσης του φωτισμού και αερισμού.

2.3.2.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι το πρισματικό κτήριο αποδίδει καλύτερα από άποψη ηλιακής ακτινοβολίας και κατανάλωσης ενέργειας από το ορθογωνικό. Ο λόγος είναι ότι οι κεκλιμένες επιφάνειες μειώνουν το ποσοστό απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τις κάθετες επιφάνειες λόγω μικρότερης γωνίας πρόσπτωσης ακτινοβολίας. Αριθμητικά δεδομένα παρουσιάζονται σε μορφή ποσοστού της τάξης του 2,51% μείωσης κατανάλωσης για την βορειοδυτική ζώνη παρακολούθησης, 16,01% για την βόρεια ζώνη και 5,12% για την νοτιοανατολική. Συνολικά υπήρξε μια διαφορά υπέρ του πρισματικού Κτηρίου της τάξης του 7,88%. Η μελέτη του εξαερισμού και τις κίνησης του αέρα με την αλλαγή της γεωμετρίας δεν επηρέασε αισθητά την κατανάλωση της ενέργειας στο κτήριο. Καταλήγοντας μπορούμε να πούμε ότι με τα ίδια υλικά δόμησης και αλλαγή σχεδίου από το συμβατικό ορθογωνικό σε πρισματικό ή πολυγωνικό μπορούμε να επιτύχουμε μεγάλη μείωση κατανάλωσης ενέργειας ιδιαίτερα στα ψυκτικά φορτία του Κτηρίου. Τυπικά δεδομένα για την ηλιακή ακτινοβολία της δυτικής πλευράς του Κτηρίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και γράφημα για την ψυκτική περίοδο.

2.4 Tabula WebTool

2.4.1 Περιγραφή

Το Tabula WebTool αποτελεί ένα project (IEE Project TABULA)[29] το οποίο περιλαμβάνει διάφορες τυπολογίες συγκεντρωτικά που συναντώνται στην Ευρώπη. Περιλαμβάνει στοιχεία για κατοικίες 13 χωρών και η κατηγοριοποίηση των κτηρίων γίνεται με βάση το μέγεθος (Single Family House (SFH), Multi Family House (MFH), Terrace House (TH), Apartment Block (AB)) , τη χρονολογία κατασκευής, την κλιματική ζώνη και άλλες παραμέτρους όπως τα συστήματα που χρησιμοποιούνται. Γραφική παράσταση αυτών δίνεται παρακάτω. Τα κτήρια που χρησιμοποιούνται είναι τυπικά κτήρια τα οποία αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους τύπους κτηρίων που εξετάζονται. Οι περιπτώσεις κτηρίων που συναντούμε στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την κλιματική ζώνη, την γεωγραφική τοποθεσία του Κτηρίου, την χρονολογία κατασκευής του, το σύστημα θέρμανσης και ΖΝΧ. Λόγω αυτού χρειάστηκε να δημιουργηθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας (Typology-Template), που περιλαμβάνει συγκεντρωτικά στοιχεία για τα κτήρια που θα μελετηθούν περαιτέρω και τις παραπάνω κατηγορίες που τα διαφοροποιούν σε 148 συνολικά διαφορετικά κτήρια βάσει θερμικών υπολογισμών.

Τα παραπάνω προκύπτουν από την μελέτη 4 διαφορετικών χωρών (Ελλάδα [30][31] , Κύπρος [32], Ισπανία [33], Γαλλία[34]) και των αντίστοιχων πόλεων τους Ελλάδα- Αθήνα, Κύπρος- Αγλαντζιά, Γαλλία-Strasbourg και Bordeaux, Ισπανία- Madrid και Lleida. Για τις πόλεις αυτές τις στοιχεία που καταγράφηκαν προήλθαν από το online εργαλείο που ονομάζεται “Tabula Webtool”, ενώ στη συνέχεια έγιναν οι κατάλληλοι θερμικοί υπολογισμοί. Γενική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε από όλες τις χώρες είναι θερμικοί υπολογισμοί για τα κτήρια και 2 προτεινόμενα σενάρια ανακαίνισης (απλό και φιλόδοξο) για μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας με χρήση διαφορετικών αποδοτικότερων συστημάτων θέρμανσης και ΖΝΧ που αξιοποιούν σε πολλές περιπτώσεις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

2.4.2 Εξοικονόμηση ενέργειας

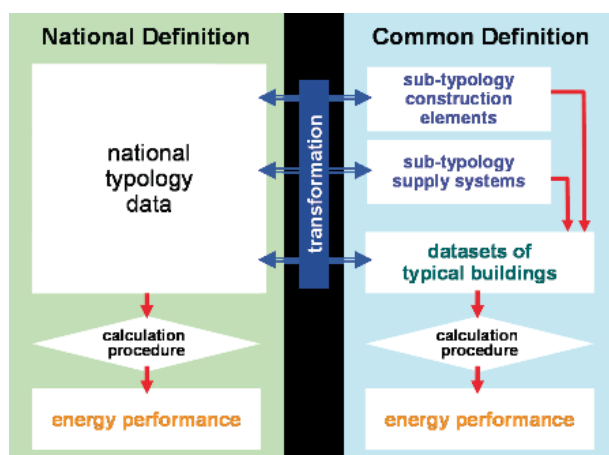
Μέσω του συγκεκριμένου εργαλείου πρωταρχικός στόχος ήταν η παρακολούθηση των αλλαγών που συνέβησαν στην δομή των ευρωπαϊκών κτηρίων ώστε οι ειδικοί να ανακαλύψουν τρόπους για εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ πλέον μετά το πέρας του έργου μπορεί να πραγματοποιηθεί και σύγκριση ποσών ενέργειας και θερμικής συμπεριφοράς κτηρίων μεταξύ χωρών για διάφορες χρονικές περιόδους και κλιματικές ζώνες, με κατάλληλη αναγωγή αν χρειάζεται. Μεταξύ άλλων παρέχονται πληροφορίες για την πρωτογενή ενέργεια, την καταναλισκόμενη (Θερμική, Ηλεκτρική) σε θέρμανση και ZNX, την εκπομπή CO₂ και κόσθη σεναρίων ανακαίνισης.

2.4.3 Τυπικά κτήρια

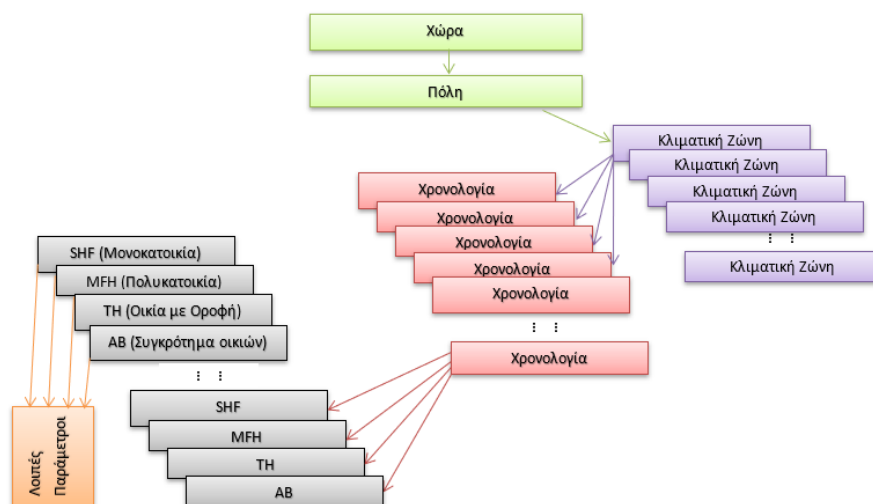
Ως τυπικά κτήρια για το Tabula WebTool αναφέρονται πραγματικά κτήρια τα οποία επιλέχθηκαν από τους ειδικούς κάθε χώρας και αντιπροσωπεύουν μελέτες που έχουν γίνει το μεγαλύτερο ποσοστό των κτηρίων συγκεκριμένων κατηγοριών για την εκάστοτε κλιματική/χρονική ζώνη [29]. Με βάση αυτά προτείνονται και δυο σενάρια ανακαίνισης για μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αυτά τα κτήρια χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν τα χαρακτηριστικά πραγματικών κτηρίων και οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις ισχύουσες διατάξεις και τις ευρωπαϊκές οδηγίες δίνοντας αποτελέσματα και για τις δύο περιπτώσεις.

Τα πραγματικά κτήρια αναπαρίστανται σε 3 φάσεις ως εξής:

1. Υπάρχουσα φάση : Τυπική μορφή Κτηρίου χωρίς ανακαίνιση
2. Σύνηθες σενάριο ανακαίνισης: Ανακαίνιση του Κτηρίου με σκοπό την αναβάθμιση του ενεργειακού προφίλ και την αλλαγή του συστήματος θέρμανσης/ ZNX με βάση τις εθνικές προτάσεις αναβάθμισης κτηρίων.
3. Φιλόδοξο σενάριο ανακαίνισης: Αναβάθμιση του ενεργειακού προφίλ και των συστημάτων με γνώμονα τα παθητικά στοιχεία θέρμανσης που συναντάται συνήθως σε ερευνητικές προσπάθειες.



Εικόνα 4 Διμερής προσέγγιση υπολογισμού τυπικών κτηρίων



Εικόνα 5 Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας Tabula WebTool

Στην Εικόνα 4 και Εικόνα 5 παρουσιάζονται διαγράμματα ροής για την μεθοδολογία υπολογισμού των μεγεθών των τυπικών κτηρίων και την συλλογιστική πορεία για την ανάλυση ενός τυπικού Κτηρίου αντίστοιχα.

2.4.4 Φυλλάδια (Brochures) Εθνικής Τυπολογίας

Κάθε χώρα, εκτός από το μέρος του ScientificReport όπου εξηγείται με απόλυτη σαφήνεια η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τους υπολογισμούς και την συλλογή των στοιχείων, δημιούργησε και ένα «Φυλλάδιο» στην επίσημη γλώσσα της όπου περιέχει τα στοιχεία της τοπολογίας των κατοικιών της με δεδομένα όπως:

- Κατηγοριοποίηση του εθνικού συνόλου κτηρίων και προβολή του τύπου κτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν.
- Συχνότητα πλήθους κτηρίων.
- Κατανάλωση ενέργειας τυπικών κτηρίων.
- Σενάρια ανακαίνισης και σύγκριση μεταξύ αυτών από ενεργειακή άποψη.

2.4.5 Διαδικασία υπολογισμού

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών μεγεθών οι ειδικοί ακολούθησαν την συλλογή δεδομένων για τα δομικά στοιχεία κτηρίων και στοιχεία συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε κάθε χώρα με κάποια μετατροπή αν διέφεραν από τα τυπικά που όριζε η συλλογή του Tabula WebTool. Έτσι προκύπτουν δύο κατηγορίες υπολογισμού ενέργειας, η πρώτη με βάση τα εθνικά πρότυπα υπολογισμού και η δεύτερη με βάση την δομή υπολογισμών του εργαλείου Tabula. Η πρώτη διαδικασία υπολείπεται της δεύτερης σε βάση υπολογισμού και σύγκρισης μεγεθών μεταξύ χωρών, με την διαφορά βέβαια ότι η πρώτη δίνει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα. Όλα τα αποτελέσματα του του Tabula Webtool προσφέρονται σε ένα αρχείο .xls (“tabula.xls”, “tabula-calculator.xls”) και σε αρχεία .pdf (“Calculation.pdf”), (βλ. Εικόνα 6) διαθέσιμα για τον αναγνώστη τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα για περαιτέρω ανάλυση και υπολογισμούς κτηρίων.

Code_Building	Photo_Building	Year_Building	Year_Building	Year_Building	Code_Building_Type	A_e_External	A_e_External	A_e_External
		Year of construction of the building (for long-term calculations)	Year of construction of the building (for long-term calculations)	Year of construction of the building (for long-term calculations)	Code of the building type	Conditioned external surface floor area	Conditioned gross floor area	Conditioned floor area
FLNAD01.000.FL01.001		1990	1990	0	Apartment	10400	10400	
FLNAD02.000.FL01.001		1990	1990	0	Apartment	10400	10400	
FLNAD03.000.FL01.001		2004	2004	0	Apartment	4700	4700	
FLNAD04.000.FL01.001		2004	2004	0	Apartment	6770	6770	
FLNAD05.000.FL01.001		0	1945	0	Apartment	9000	9000	
FLNAD06.000.FL01.001		1945	1945	0	Apartment	23000	23000	
FLNAD07.000.FL01.001		1945	1945	0	Apartment	9040	9040	
FLNAD08.000.FL01.001		1994	1994	0	Apartment	15000	15000	
FLNAD09.000.FL01.001		1991	1991	0	Apartment	10700	10700	
FLNAD10.000.FL01.001		2001	2001	0	Apartment	33000	33000	
FLNAD11.000.FL01.001		2004	2004	0	Apartment	22000	22000	
FLNAD12.000.FL01.001		0	1945	0	Single Family	140	140	
FLNAD13.000.FL01.001		1945	1945	0	Single Family	80	80	
FLNAD14.000.FL01.001		1945	1945	0	Single Family	540	540	

Energy Balance Calculation - based on EN ISO 13790 / seasonal method

Building: CZ.N.SFH.02.Ozn.FaBk.001.001 reference area A_{ref} 80.1 m²

Climate: CZ.N (Czech Republic) (conditioned floor area)

code	original U-value	measure	applied refurbishment measure	actual U-value	area (basic, external, dimensional)	adjustment factor α_{ref}	H_{tr} (kWh)
Roof 1	1.26			1.26	99.2	1.00	49.1
Roof 2	2.20			1.23	32.1	1.00	42.9
Wall 1	1.24			1.24	88.5	1.00	120.4
Wall 2	1.00			1.17	22.7	1.00	24.5
Wall 3							
Floor 1	1.50			1.03	42.8	0.50	22.2
Floor 2							
Window 1	2.40			2.40	14.2	1.00	24.1
Window 2	2.50			2.50	2.2	1.00	4.8
Door 1	2.50			2.50	2.2	1.00	7.7

Thermal bridging: surcharge on the U-values ΔU_{tr} 0.10 x 240.0 x 1.00 = 24.5

Heat transfer coefficient by transmission H_{tr} sum = 335

Heat transfer coefficient by ventilation $H_{tr,vent}$ 41

accumulated difference between internal and external temperature $\Delta T_{int,ext}$ 20.00 - 2.8 = 17.2

Total heat transfer Q_{tr} 335 + 41 = 376

Bar chart showing energy losses: Building Envelope (335.0 kWh), Ventilation (41.0 kWh), and Refurbishment (17.2 kWh).

Εικόνα 6 Παράδειγμα υπολογισμού δεδομένων μέσω υπολογιστικού φύλλου "tabula.xls" (πάνω) και σε μορφή pdf "Calculation.pdf" (κάτω) [22]

2.4.5.1 Αποτελέσματα του προγράμματος είναι:

- Όσον αφορά την σύγκριση μεταξύ χωρών διακρίνεται διαφορά στα σενάρια αναβάθμισης των κτηρίων ακόμα και μεταξύ χωρών παρόμοιων κλιματικών συνθηκών πράγμα που προτείνεται να μελετηθεί περαιτέρω.
- Οι δείκτες μετάδοσης θερμότητας είναι εκτίμηση εθνικών προτύπων και επηρεάζουν όλη τη διαδικασία υπολογισμού λόγω αδυναμίας μέτρησης τους.
- Η ανάλυση της θερμικής επιφάνειας των τυπικών κτηρίων έχει δώσει τυπικές τιμές της επιφάνειας αναφοράς για κάθε κτήριο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελλοντική χρήση αν δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία για τα ζητούμενα μεγέθη. Αντίστοιχες παρατηρήσεις ισχύουν και για τα συστήματα που προτείνονται από το Tabula.

2.4.6 Το Tabula στην Ελλάδα

Η Ελλάδα την περίοδο του 2008 με την εισαγωγή των νέων κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ξεκίνησε την έκδοση του δικού της κανονισμού σε συμμόρφωση με τις επιταγές της ΕΕ για την εξοικονόμηση ενέργειας των κατοικιών της. Στη Ελλάδα από το 1980 ξεκίνησε η εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων-ΚΘΚ όπου αποτελεί προγενέστερη νομοθεσία. Παρά το γεγονός ότι ο ΚΘΚ τέθηκε σε εφαρμογή από το 1980, η ενσωμάτωση θερμομόνωσης υπήρξε πλημμελής κατά την πρώτη δεκαετία εφαρμογής και γενικά υπήρξε μια μεγάλη περίοδος προσαρμογής ώστε η θερμομόνωση στην πλειοψηφία των κατασκευών να γίνεται κατά τον ενδεδειγμένο τρόπο με τη μόνωση και του φέροντος οργανισμού, ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες.

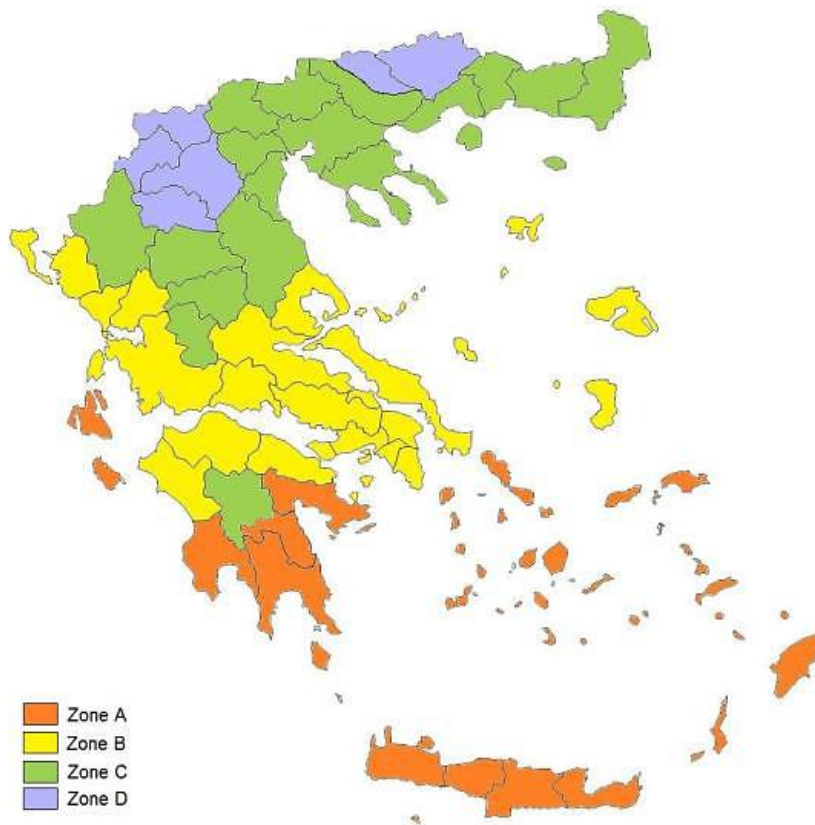
Λόγω παράλειψης εφαρμογής της νομοθεσίας αυτής οι κατοικίες ταξινομούνται:

- Οι κατοικίες που έχουν ανεγερθεί στο διάστημα 1981-2000 θεωρούνται μερικώς μονωμένες.
- Οι κατοικίες που έχουν ανεγερθεί στο διάστημα 2001-2010 θεωρούνται πλήρως μονωμένες κατά ΚΘΚ.
- Τέλος, οι κατοικίες που έχουν ανεγερθεί από το 2011 θεωρούνται πλήρως μονωμένες κατά ΚΕΝΑΚ.

Το 2010 εκδόθηκε από τις δημόσιες αρχές η εναρμόνιση στην Ευρωπαϊκή Οδηγία EPBD recast (2010/31), ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων- ΚΕΝΑΚ (ΦΕΚ 407/9,4,10)[35] που προσδιορίζει [31]:

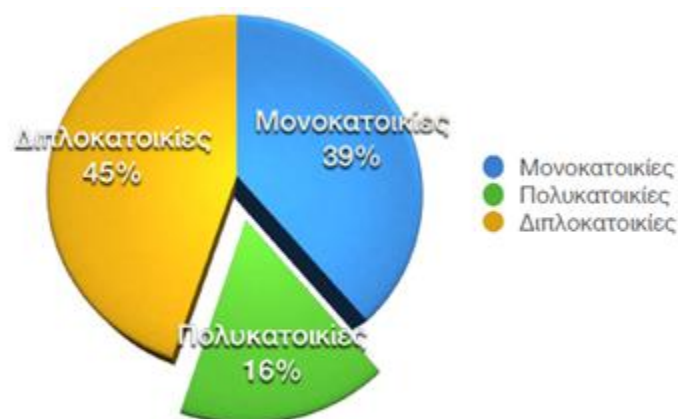
- Ελάχιστες Απαιτήσεις Ενεργειακής Αποδοτικότητας & Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης
- Ενεργειακή Επιθεώρηση & Πιστοποίηση Κτηρίων
- Επιθεώρηση Λεβήτων, Εγκαταστάσεων Θέρμανσης, Κλιματισμού

Απώτερος σκοπός αυτής της οδηγίας είναι τα νέα κτήρια από 1-1-2021 να καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από ΑΠΕ, συμπαραγωγή, τηλεθέρμανση, υψηλής απόδοσης Α.Θ και να επιτυγχάνουν σχεδόν μηδενική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Λόγω αυτών των απαιτήσεων η συμμετοχή της Ελλάδας στο πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στον εμπλουτισμό και βελτίωση της γνώσης για το κτηριακό απόθεμα των κατοικιών της χώρας και να προσφέρει μέσα για τον ενεργειακό υπολογισμό μεμονωμένων κτηρίων, συνόλου κτηρίων ή ακόμα και τον αντίκτυπο της ενεργειακής εξοικονόμησης σε ολόκληρο το ελληνικό κτηριακό απόθεμα[19].



Εικόνα 7 Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας [19]

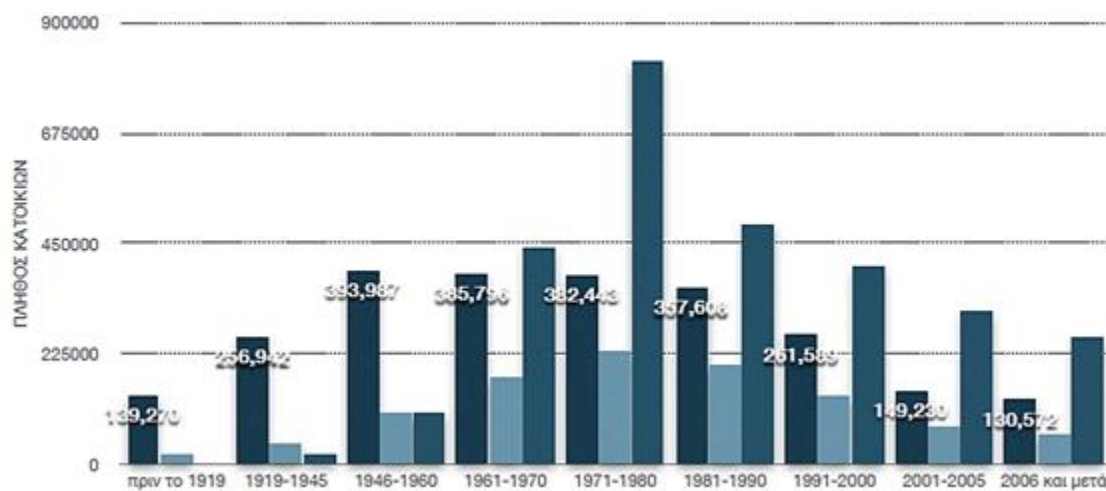
Χαρακτηριστικά στοιχεία της ελληνικής μεθοδολογίας είναι στο μέγεθος όπου γίνεται διάκριση ανάμεσα σε κτήρια μέχρι δύο ορόφων (μονοκατοικίες ή διπλοκατοικίες) και σε κτήρια τριών και πλέον ορόφων (πολυκατοικίες). Τα παραπάνω παρουσιάζονται ποσοτικά και σχηματικά στα: Γράφημα 7, Πίνακας 5, Γράφημα 8, Πίνακας 6, Πίνακας 7, με βάση το πλήθος κτηρίων. Η ηλικία καθορίζει τον τύπο του κτηριακού κελύφους, τον αντίστοιχο βαθμό θερμομόνωσής του ακόμα και, σε ένα μεγάλο βαθμό, το είδος των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων στο κτήριο. Η ελληνική τυπολογία TABULA περιλαμβάνει συνολικά 32 τύπους κατοικιών οι οποίες προκύπτουν από τον συνδυασμό των παραμέτρων ταξινόμησης, δηλαδή: 2 μεγέθη (SFH/MFH) επί 4 χρονολογικές περιόδους επί 4 κλιματικές ζώνες που παρουσιάζονται στην Εικόνα 7.



Γράφημα 7 Ποσοστά κτηριακού αποθέματος με βάση το είδος κανονικής κατοικίας και νοικοκυριού [13]

Πίνακας 5 Ποσοτική απεικόνιση κτηριακού αποθέματος με βάση το είδος κατοικίας .[13]

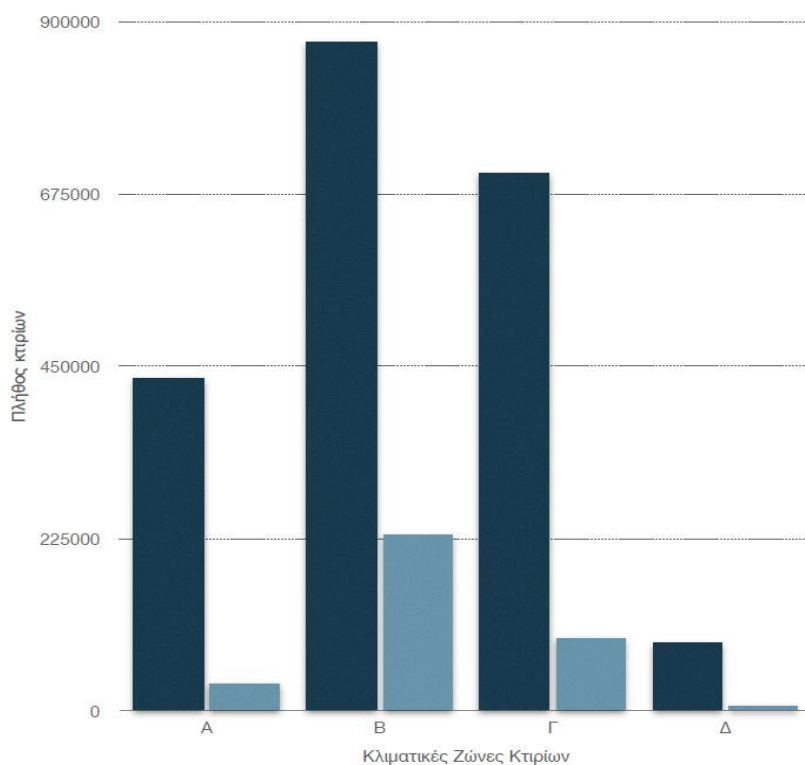
Είδος Κατοικίας	Πλήθος κτηρίων
Μονοκατοικίες	2.457.437
Πολυκατοικίες	1.049.001
Διπλοκατοικίες	2.846.083
ΣΥΝΟΛΟ	6.352.521



Γράφημα 8 Κατανομή κατοικιών νοικοκυριών με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων) [13]

Πίνακας 6 Κατανομή κατοικιών νοικοκυριών με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων) [13]

Χρονολογία Κατασκευής	Μονοκατοικία	Διπλοκατοικία	Πολυκατοικία
Πριν το 1919	139.270	18.952	5.016
1919-1945	256.942	43.748	16.902
1946-1960	393.987	105.838	104.431
1961-1970	385.796	174.220	440.342
1971-1980	382.443	229.831	820.853
1981-1990	357.608	202.350	486.189
1991-2000	261.589	138.610	403.882
2001-2005	149.230	76.783	311.497
2006 και μετά	130.572	58.669	256.971



Γράφημα 9 Κατανομή κατοικιών ανά κλιματική ζώνη σε πλήθος κτηρίων [13]

Πίνακας 7 Κατανομή κατοικιών ανά κλιματική ζώνη σε πλήθος κτηρίων [13]

Κλιματική Ζώνη	A	B	Γ	Δ
Μονοκατοικίες	433.681	873.056	701.706	89.273
Πολυκατοικίες	35.257	230.524	95.373	6.253

Δύο επιπλέον τυπολογίες πλαισιώνουν τη βασική τυπολογία των κτηρίων και αφορούν:

- Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτηριακού κελύφους.
- Τα συστήματα θέρμανσης χώρων και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

2.4.7 Ζεστό Νερό Χρήσης

Για την ενεργειακή μελέτη η έμφαση δίνεται στον τομέα της θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού χρήσης (ZNX) αφού αυτές τις τελικές χρήσεις αντιπροσωπεύουν τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια του οικιακού τομέα. Για κάθε τύπο Κτηρίου της τυπολογίας επιλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα υπαρκτού όμως Κτηρίου που μπορεί να έχει υποστεί κάποιες ανακαινιστικές επεμβάσεις, με τα πραγματικά του γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κατασκευή κελύφους και συστήματα θέρμανσης που απαντώνται συνήθως στα κτήρια της αντίστοιχης κατηγορίας στο σημερινό κτηριακό απόθεμα.

2.4.8 Λογισμικό TEE KENAK

Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση του λογισμικού TEE KENAK (version 1.30) το οποίο αποτελεί το επίσημο υπολογιστικό εργαλείο για την ενεργειακή πιστοποίηση κτηρίων στην Ελλάδα. Ο πυρήνας των υπολογισμών του λογισμικού βασίζεται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης και ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη, ενώ η ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση για ZNX υπολογίζονται με βάση τα ΕΛΟΤ EN 15316.03.01 (2008), ΕΛΟΤ EN 15316.03.02 (2008) και ΕΛΟΤ EN 15316.03.03 (2008).

Για τους υπολογισμούς έγιναν αρκετές παραδοχές και χρησιμοποιήθηκαν τυπικές τιμές, σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Οι πιο βασικές, για τα κτήρια κατοικιών, είναι:

- Περίοδος λειτουργίας: 18 hr/d για 365 d/y
- Εσωτερική θερμοκρασία για όλη την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης : 20 °C.

Πίνακας 8 Συντελεστής μετατροπής τελικής κατανάλωσης ενέργειας του Κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια [35]

Πηγή Ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ / kWh)
Φυσικό Αέριο	1.05	0.196
Πετρέλαιο Θέρμανσης	1.1	0.264
Ηλεκτρική Ενέργεια	2.9	0.989
Υγραέριο	1.05	0.238
Βιομάζα	1	-
Τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	0.7	0.347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0.5	-

Για την ανακαίνιση των κατοικιών παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών[31] για δύο σενάρια, δηλαδή το Βασικό (Β.Σ.) και Φιλόδοξο (Φ.Σ.) σενάριο, ή για τα Νέα Κτήρια της 4ης περιόδου(2011+) τα αποτελέσματα στην Υπάρχουσα (Υ) κατάσταση σε σχέση με τις εναλλακτικές κατασκευές, δηλαδή το Αναβαθμισμένο Κτήριο (Α.Κ). Αντίστοιχα, γίνεται μια σύντομη περιγραφή των επεμβάσεων ή των χαρακτηριστικών των εναλλακτικών κτηρίων, το ποσοστό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας (Ε.Π.Ε.), τους ενεργειακούς δείκτες θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/m^2) και τις ενεργειακές απαιτήσεις, εκπομπές CO_2 .

3 Κεφάλαιο - Περιγραφή Εξεταζόμενων τυπικών κτηρίων

3.1 Τυπικό Κτήριο Ελλάδας

3.1.1 Περιγραφή Κτηρίου

Το παρόν τυπικό κτήριο εντοπίζεται στον χώρο της Αθήνας, αποτελεί μια μονοκατοικία συνολικής επιφάνειας $A = 345 \text{ m}^2$ και εντοπίζεται στην Β Κλιματική Ζώνη με περίοδο κατασκευής 1981-2000. Τα στοιχεία φαίνονται στον Πίνακας 9.

Πίνακας 9 Πληροφορίες Κτηρίου Ελλάδας

Τοποθεσία	Αθήνα
Έτος κατασκευής	1981-2000
Χρήση Κτηρίου	Μονοκατοικία
Επιφάνεια Κτηρίου	345 m^2
Κλίμα	Θερμική Ζώνη Β (Μεσογειακό Κλίμα)



Εικόνα 8 Αρχιτεκτονική Πρόσοψη τυπικού Κτηρίου Ελλάδας [31]

3.1.1.1 Κλιματικά δεδομένα

Η Αθήνα βρίσκεται στην περιοχή του νομού Αττικής, νοτιοανατολικά της Ελλάδας. Η ετήσια μέση θερμοκρασία είναι ίση με 16,5. Οι μέσες θερμοκρασίες του χειμώνα πέφτουν κάτω από τους 10 ° C σε τρεις μήνες από τις χίλιες, με την ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία να φτάνει τον Ιανουάριο -8,1 ° C. Το καλοκαίρι ζεστό και μακρύ, με μέση θερμοκρασία άνω των 20 ° C από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο και μέγιστες θερμοκρασίες μέχρι 36 ° C.

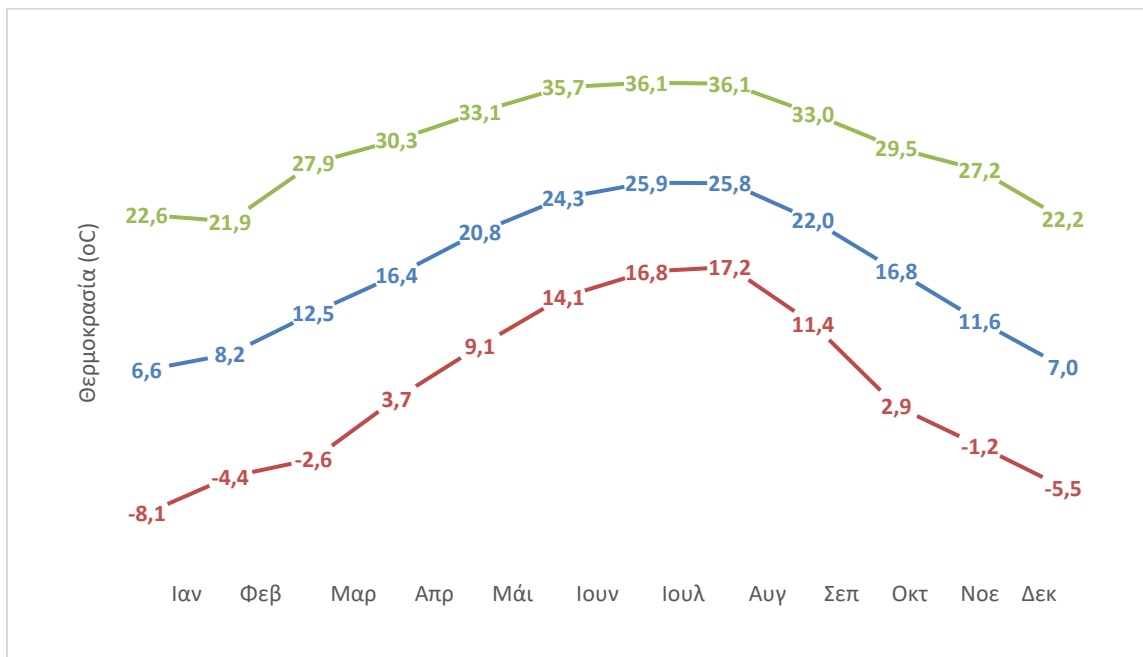
Η ετήσια σχετική υγρασία είναι ίση με 68%. Τα ποσοστά υγρασίας είναι υψηλότερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με τιμή άνω του 70%, από ό, τι το χειμώνα, παρουσιάζοντας αντίθετη τάση σε σχέση με το νότιο ξηρό κλίμα.

Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει μηνιαία και ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος, σχετικής υγρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας στην Αθήνα.

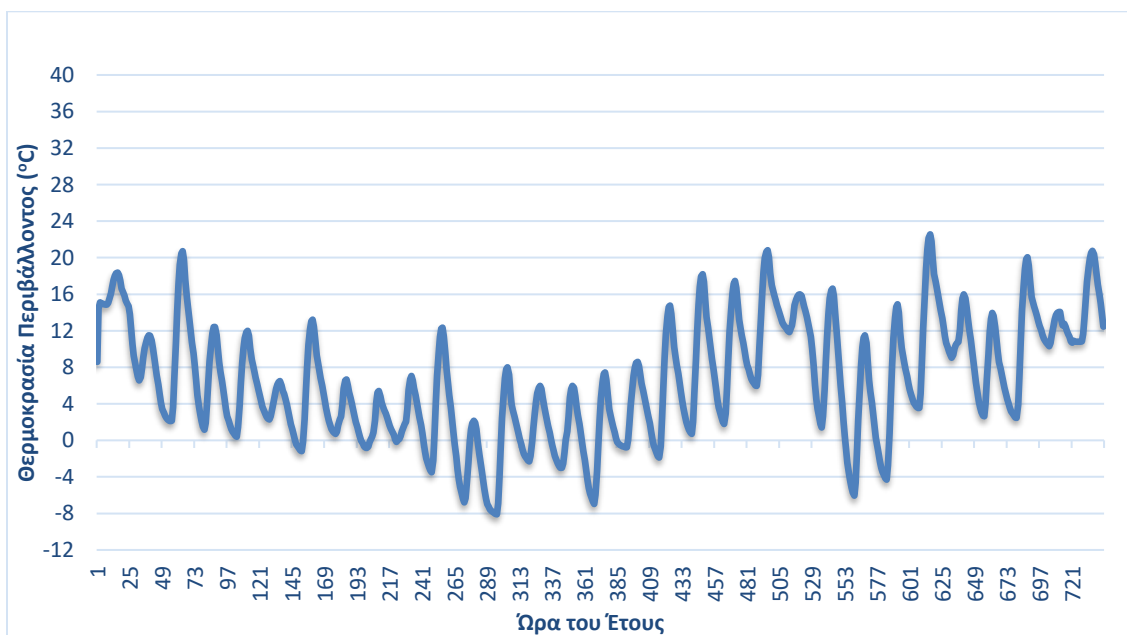
Πίνακας 10 Κλιματολογικά δεδομένα Αθήνας (Meteonorm 7)

	T _{amb} (μέση αισθητή θερμοκρασία) °C	T _{amb} (ελάχιστη) °C	T _{amb} (μέγιστη) °C	RH %	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²
Ιανουάριος	6.6	-8.1	22.6	63	82	31
Φεβρουάριος	8.2	-4.4	21.9	61	90	46
Μάρτιος	12.5	-2.6	27.9	61	138	61
Απρίλιος	16.4	3.7	30.3	63	172	66
Μάιος	20.8	9.1	33.1	68	188	80
Ιούνιος	24.3	14.1	35.7	70	199	82
Ιούλιος	25.9	16.8	36.1	71	192	92
Αύγουστος	25.8	17.2	36.1	72	174	82
Σεπτέμβριος	22.0	11.4	33.0	74	135	63
Οκτώβριος	16.8	2.9	29.5	72	131	48
Νοέμβριος	11.6	-1.2	27.2	68	80	43
Δεκέμβριος	7.0	-5.5	22.2	67	72	32
Ετήσια	16.5	-8.1	36.1	68	1655	727

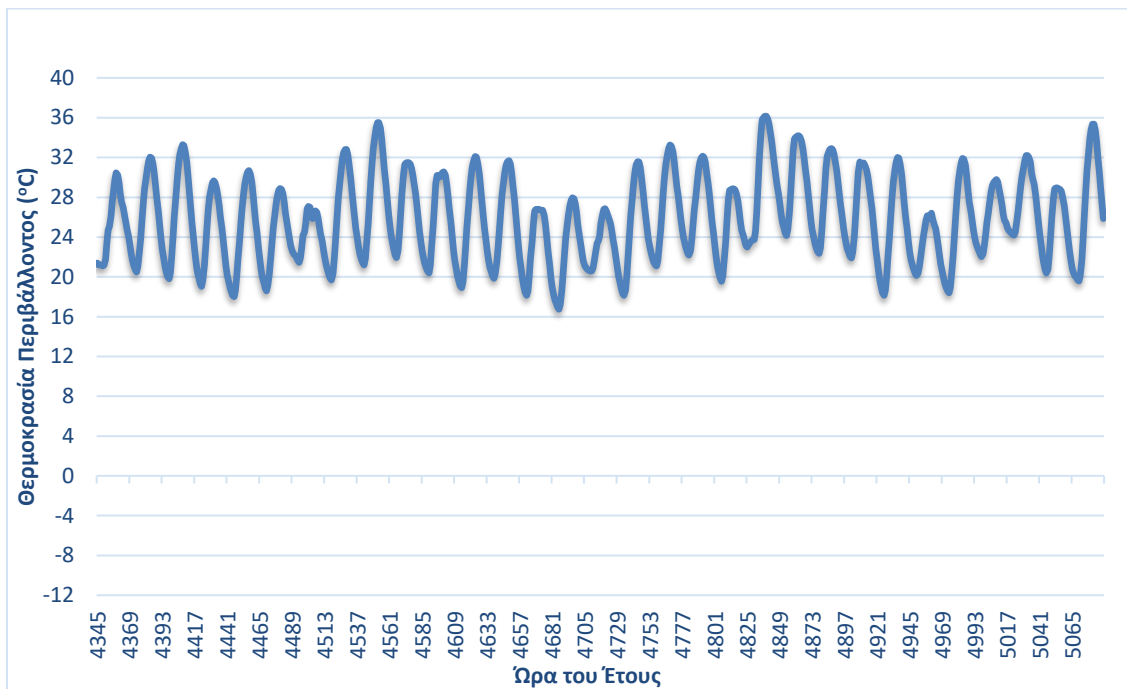
Στα παρακάτω γραφήματα (Γράφημα 11, Γράφημα 12, Γράφημα 13) παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και το ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας για τον θερμότερο και τον ψυχρότερο μήνα στην Αθήνα.



Γράφημα 10 Μηνιαία θερμοκρασία (μέση-μπλε, μέγιστη-πράσινο, ελάχιστη-κόκκινο) περιβάλλοντος στη Αθήνα (Meteonorm 7)



Γράφημα 11 Ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον Ιανουάριο στην Αθήνα (Meteonorm 7)



Γράφημα 12 Ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας περιβάλλοντος του Ιουλίου στην Αθήνα (Meteonorm 7)

Οι μέρες θέρμανσης στην Αθήνα είναι 971, ενώ η περίοδος θέρμανσης διαρκεί από το Νοέμβριο έως τον Μάρτιο και καταγράφονται στον Πίνακα 11. Οι ημέρες ψύξης είναι ίσες με 490, με ζήτηση ψύξης τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Πίνακας 11 Ημέρες θέρμανσης (Heating Degree Days) και ψύξης (Cooling Degree Days) για την Αθήνα

	Ημέρες Θέρμανσης (HDD)	Ημέρες ψύξης (CDD)
Ιανουάριος	260	0
Φεβρουάριος	190	0
Μάρτιος	98	0
Απρίλιος	25	4
Μάιος	1	34
Ιούνιος	0	100
Ιούλιος	0	151
Αύγουστος	0	150
Σεπτέμβριος	0	47
Οκτώβριος	29	4
Νοέμβριος	117	0
Δεκέμβριος	251	0
Ετήσια	971	490

Τα δεδομένα για το παρόν κτήριο έχουν συλλεχθεί από το εργαλείο Tabula WebTool, όπως γεωμετρικά χαρακτηριστικά τοίχων, οροφών, πατωμάτων, παραθύρων με αντίστοιχα U-Values [31] (βλ. Πίνακας 12). Επίσης προσφέρεται η πληροφορία για πιθανά συστήματα θέρμανσης και χρήσης Ζεστού Νερού. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών μέσω του συγκεκριμένου εργαλείου για την χρήση πρωτογενούς ενέργειας των θερμικών συστημάτων και άλλων παρέχονται για επίβλεψη [36]. Αναλυτικότερα στοιχεία για το κτήριο φαίνονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 12 Πληροφορίες Ελληνικού Κτηρίου

Συνολική Επιφάνεια [SEnv]	345 m ²
Συνολικός Όγκος [V]	1135 m ³
Επιφάνεια Δαπέδου [Afloor]	293 m ²
Ψυχόμενη Επιφάνεια [Acond]	293 m ²
Αριθμός Ζωνών	2
Ύψος Δωματίου	2,5 m
Όροφои	3
Μήκος/πλάτος Κτηρίου	

Πίνακας 13 Γεωμετρικά και κατασκευαστικά στοιχεία

	Περιγραφή	U-Value [W/m²K] (συντελεστής θερμοπερατότητας)	Συνολική Επιφάνεια Στοιχείου [m²]
Τοίχος 1	Δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή με σχετικά αεριζόμενο διάκενο αέρα, ανεπίχριστη από τη μία όψη / Ανεπαρκή (3cm) θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.	0,85	182,20
Τοίχος 2	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος, επιχρισμένο και από τις δύο όψεις	3,40	101,30
Τοίχος 3	Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος, ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις	3,65	67,40
Οροφή	Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου		

	σκυροδέματος / Ανεπαρκή (3cm) θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.	1,05	150
Δάπεδο	Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου, Επάνω στο έδαφος	3,10	88
Παράθυρα	Δίδυμος υαλοπίνακας (12mm), μεταλλικό πλαίσιο	4,10	42

Για το παρόν κτήριο δεν προσφέρεται αρχιτεκτονικό σχέδιο. Η σχεδίαση του πραγματοποιήθηκε μέσω του εργαλείου Google SketchUp™, ενός σχεδιαστικού προγράμματος της εταιρίας Google [37]. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προσφέρει την δυνατότητα τρισδιάστατης σχεδίασης Κτηρίου και απεικόνισης όλων των δομικών στοιχείων (τοίχος, οροφή, δάπεδο, παράθυρα κ.α.) με τα εργαλεία που διαθέτει. Στη συνέχεια της εργασίας γίνεται αναλυτικότερη περιγραφή του παρόντος και σχέδιο αυτού φαίνεται παρακάτω. Η δομή του σχεδίου και ο τρόπος σύνταξης του σχεδίου λόγω έλλειψης στοιχείων από το Tabula WebTool έγινε με βάση τις συμβουλές από άλλα σχέδια για παρόμοιες μονοκατοικίες. Το κτήριο αποτελείται από 3 ορόφους (υπόγειο, ισόγειο, πρώτος όροφος) και δεν έχουν σχεδιαστεί εσωτερικοί τοίχοι λόγω αδυναμίας γνώσης του εσωτερικού του Κτηρίου.

Το σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιείται στην υπάρχουσα κατάσταση του Κτηρίου (από Tabula WebTool [31]), είναι κλασικός λέβητας σταθερής θερμοκρασίας - πετρελαίου, με καλή θερμομόνωση, καλά συντηρημένος / Κεντρικό δίκτυο διανομής - δίκτυο μέσα στο κτήριο (μικρό ποσοστό διελεύσεων σε μη θερμαινόμενους χώρους) - δισωλήνιο, χωρίς θερμομόνωση. Για Ζεστό Νερό Χρήσης χρησιμοποιούνται ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες. Ως καύσιμο λέβητα χρησιμοποιείται πετρέλαιο και η απόδοση του είναι της τάξης του 0,75 και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την θέρμανση του Κτηρίου.

3.1.1.2 Φυσικός Αερισμός και Μηχανικός εξαερισμός

Για το παρόν κτήριο μηχανικός εξαερισμός από το Tabula WebTool δεν ορίζεται ενώ για φυσικό αερισμό υιοθετήθηκε για την παρούσα εργασία 0,6 εναλλαγές αέρα ανά ώρα.

3.1.1.3 Θερμικά κέρδη εσωτερικού χώρου

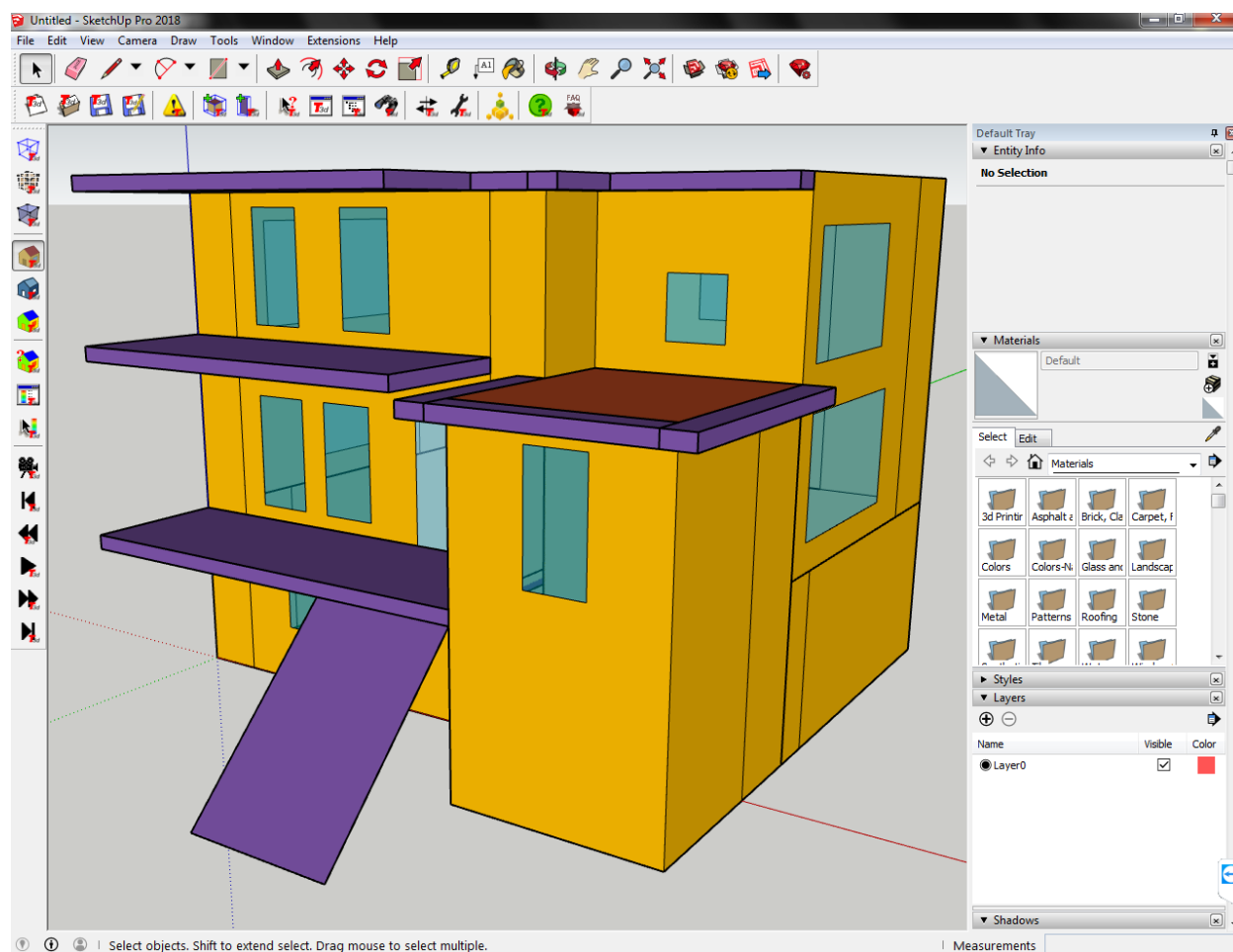
Προστέθηκαν για τους ανθρώπους που ζουν στο κτήριο και τις συσκευές μια σταθερή τιμή μέσω TOTEE-KENAK [35] που συνολικά υπολογίστηκε στο 1kW. Το παραπάνω ποσό αποδίδεται το μισό στους χρήστες και υπολογίστηκε με βάση τον Πίνακα 14 και το υπόλοιπο στην συνεισφορά των συσκευών από τον Πίνακα 15. Επίσης ένα σταθερό ποσό θερμικού κέρδους προστίθεται για τους εσωτερικούς τοίχους όπου ήταν αδύνατο να υπολογισθεί χωρίς την ύπαρξη αρχιτεκτονικού σχεδίου να σχεδιαστούν.

Πίνακας 14 Απόσπασμα πίνακα από TOTEE-KENAK [35] για την εκλυόμενη θερμότητα χρηστών

Χρήση Κτηρίου	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος Συντελεστής Παρουσίας
Μονοκατοικία	80	4	0,75

Πίνακας 15 Απόσπασμα πίνακα από TOTEE-KENAK [34] για την εκλυόμενη θερμότητα εξοπλισμού

Χρήση Κτηρίου	Θερμική ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος Συντελεστής Ετεροχρονισμού	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Μονοκατοικία	4	2	0,5	0,75



Εικόνα 9 Σχηματική απεικόνιση Κτηρίου Ελλάδας (Google SketchUp)

3.2 Τυπικό Κτήριο Κύπρου (Αγλαντζιά)

3.2.1 Περιγραφή Κτηρίου

Το παρόν εξεταζόμενο κτήριο εντοπίζεται στην περιοχή Αγλαντζιά (Λευκωσία-Κύπρος). Το παρόν κτήριο κατασκευάστηκε το έτος 2005 και αναφέρεται ως πολυώροος για το κοινό με επιφάνεια $A = 140 \text{ m}^2$. Το κλίμα της περιοχής ακολουθεί το μεσογειακό κλίμα ολόκληρης της Κύπρου. Πληροφορίες του Κτηρίου φαίνονται στον Πίνακα 16.

Πίνακας 16 Πληροφορίες τυπικού Κτηρίου Κύπρου

Τοποθεσία	Κυριάκου Καραόλη (πλατεία)
Έτος κατασκευής	2005
Χρήση Κτηρίου	Πολυώροος
Επιφάνεια Κτηρίου	140 m ²
Κλίμα	Μεσογειακό-Υποτροπικό
Αριθμός Ζωνών	1
Ύψος Δωματίου	2,5 m
Όροφοι	1
Μήκος/πλάτος Κτηρίου	
Οροφή	Κεκλιμένη

Για την αναπαράσταση του Κτηρίου και την σχεδίαση του για περαιτέρω μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκαν τα αρχιτεκτονικά του σχέδια. Για την εσωτερική μορφή του Κτηρίου εκτός από τα αρχιτεκτονικά σχέδια υπήρχε σαφής εικόνα της μορφής και διάταξης, από φωτογραφίες του εσωτερικού χώρου.

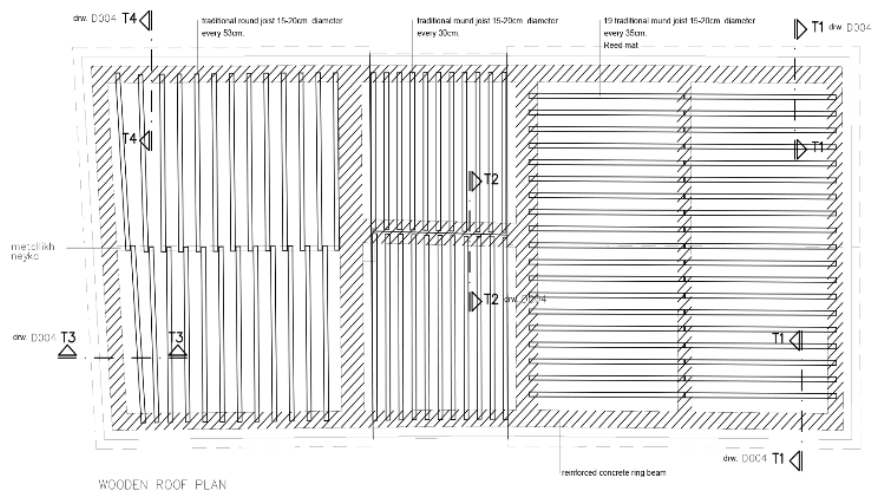
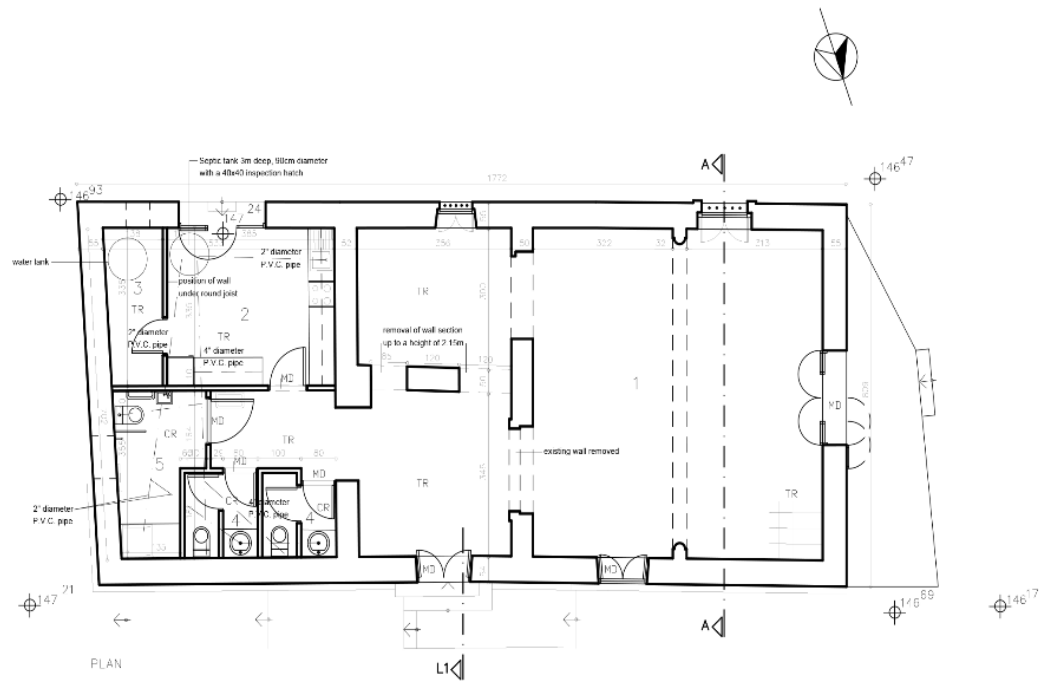
Στις εικόνες 16 και 17 παρουσιάζεται η εξωτερική εικόνα του Κτηρίου σε 2 προσανατολισμούς (Ανατολικός, Δυτικός).



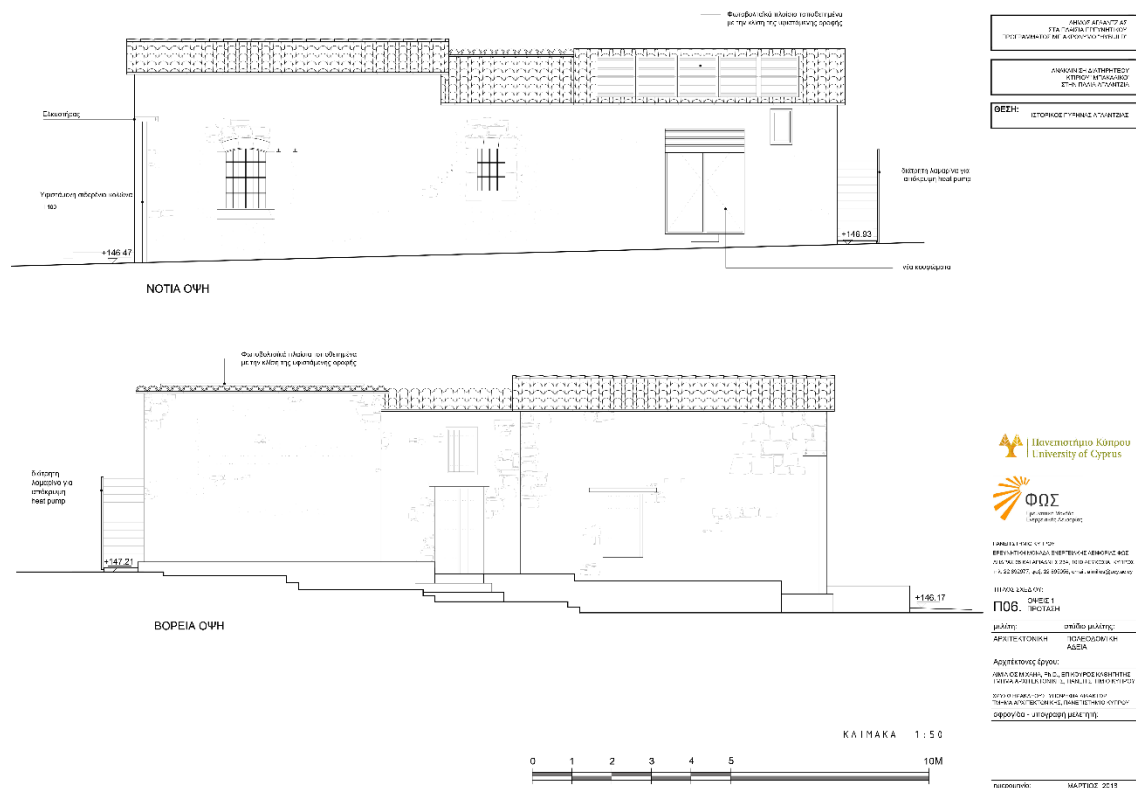
Εικόνα 10 Μορφή Κτηρίου εξωτερικά (Ανατολική όψη)



Εικόνα 11 Μορφή Κτηρίου εξωτερικά (δυτική όψη)



Εικόνα 12 Αρχιτεκτονικό σχέδιο κατασκευής Κτηρίου (κάτοψη)



Εικόνα 13 Αρχιτεκτονικό σχέδιο Κτηρίου (δεξιά όψη πάνω, αριστερή όψη κάτω)



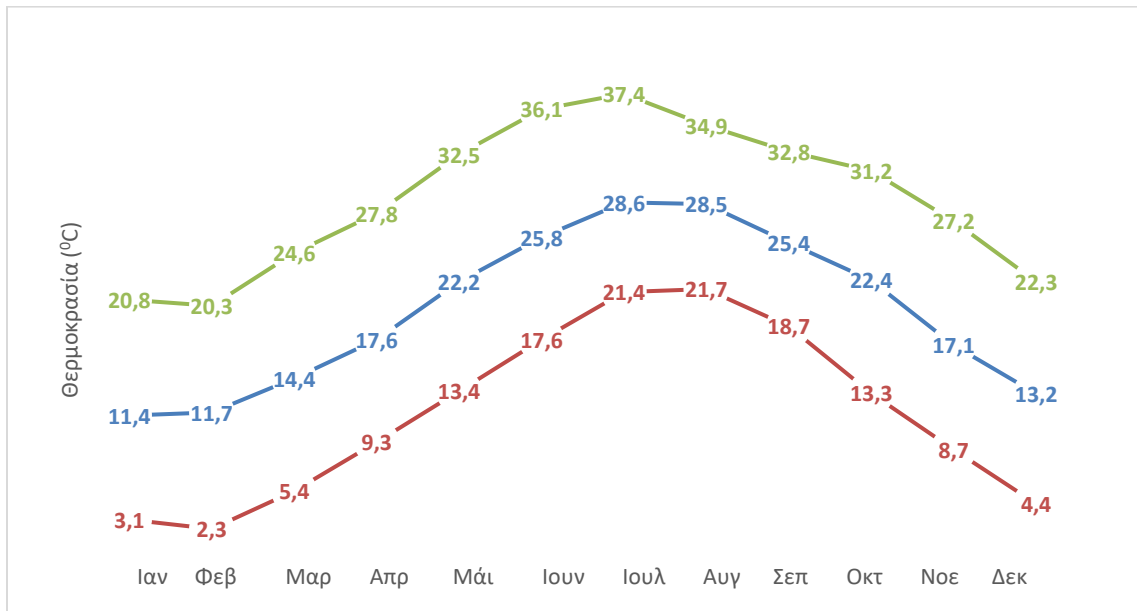
Εικόνα 14 Εσωτερικό Κτηρίου, παρούσα κατάσταση.

3.2.1.1 Κλιματικά δεδομένα

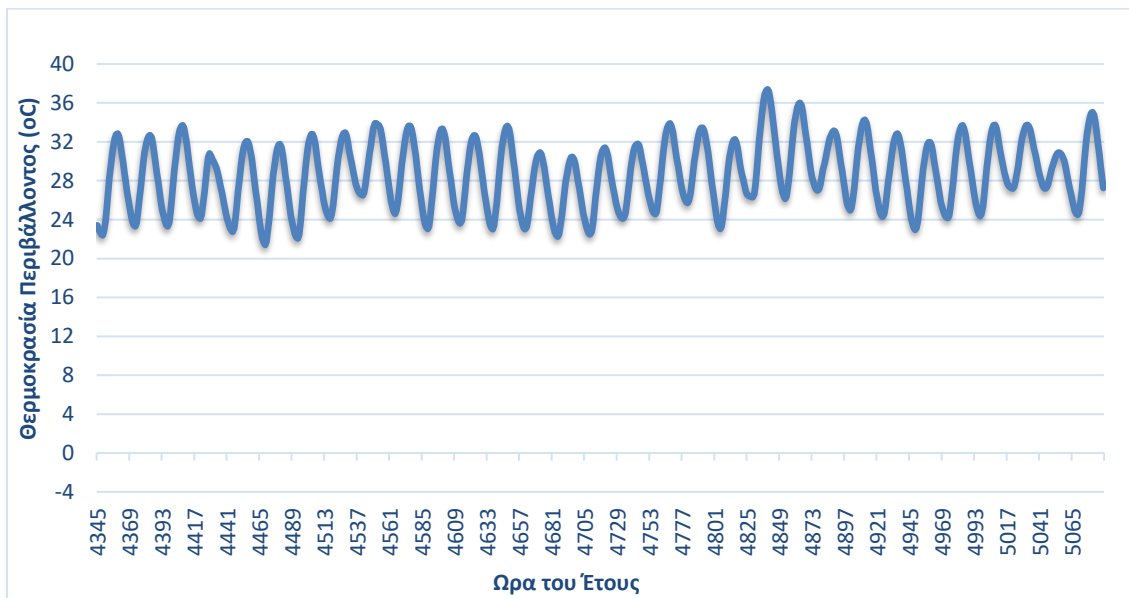
Η Λευκωσία βρίσκεται στη μέση του νησιού της Κύπρου, της οποίας είναι η πρωτεύουσα. Το κλίμα είναι πολύ ζεστό, με μέση ετήσια θερμοκρασία 19,2 ° C, με μηνιαία μέση θερμοκρασία άνω των 10 ° C όλο το χρόνο. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού επιτυγχάνονται θερμοκρασίες έως 37 ° C, με μέση θερμοκρασία άνω των 25 ° C από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο.

Πίνακας 17 Κλιματικά δεδομένα Λευκωσίας (Meteonorm 7)

	T_{amb} (μέση αισθητή θερμοκρασία)	T_{amb} (ελάχιστη)	T_{amb} (μέγιστη)	RH	Gh	Dh
	°C	°C	°C	%	kWh/m ²	kWh/m ²
Ιανουάριος	11.4	3.1	20.8	71	77	37
Φεβρουάριος	11.7	2.3	20.3	73	94	37
Μάρτιος	14.4	5.4	24.6	69	143	60
Απρίλιος	17.6	9.3	27.8	66	174	76
Μάιος	22.2	13.4	32.5	60	207	80
Ιούνιος	25.8	17.6	36.1	61	231	76
Ιούλιος	28.6	21.4	37.4	65	220	78
Αύγουστος	28.5	21.7	34.9	67	203	72
Σεπτέμβριος	25.4	18.7	32.8	64	168	57
Οκτώβριος	22.4	13.3	31.2	62	136	41
Νοέμβριος	17.1	8.7	27.2	66	91	34
Δεκέμβριος	13.2	4.4	22.3	72	70	35
Ετήσια	19.2	2.3	37.4	66	1813	682



Γράφημα 13 Μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος(μέση-μπλε, μέγιστη-πράσινο, ελάχιστη-κόκκινο) στη Λευκωσία (Meteonorm 7)



Γράφημα 14 Ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον Ιούλιο στη Λευκωσία (Meteonorm 7)

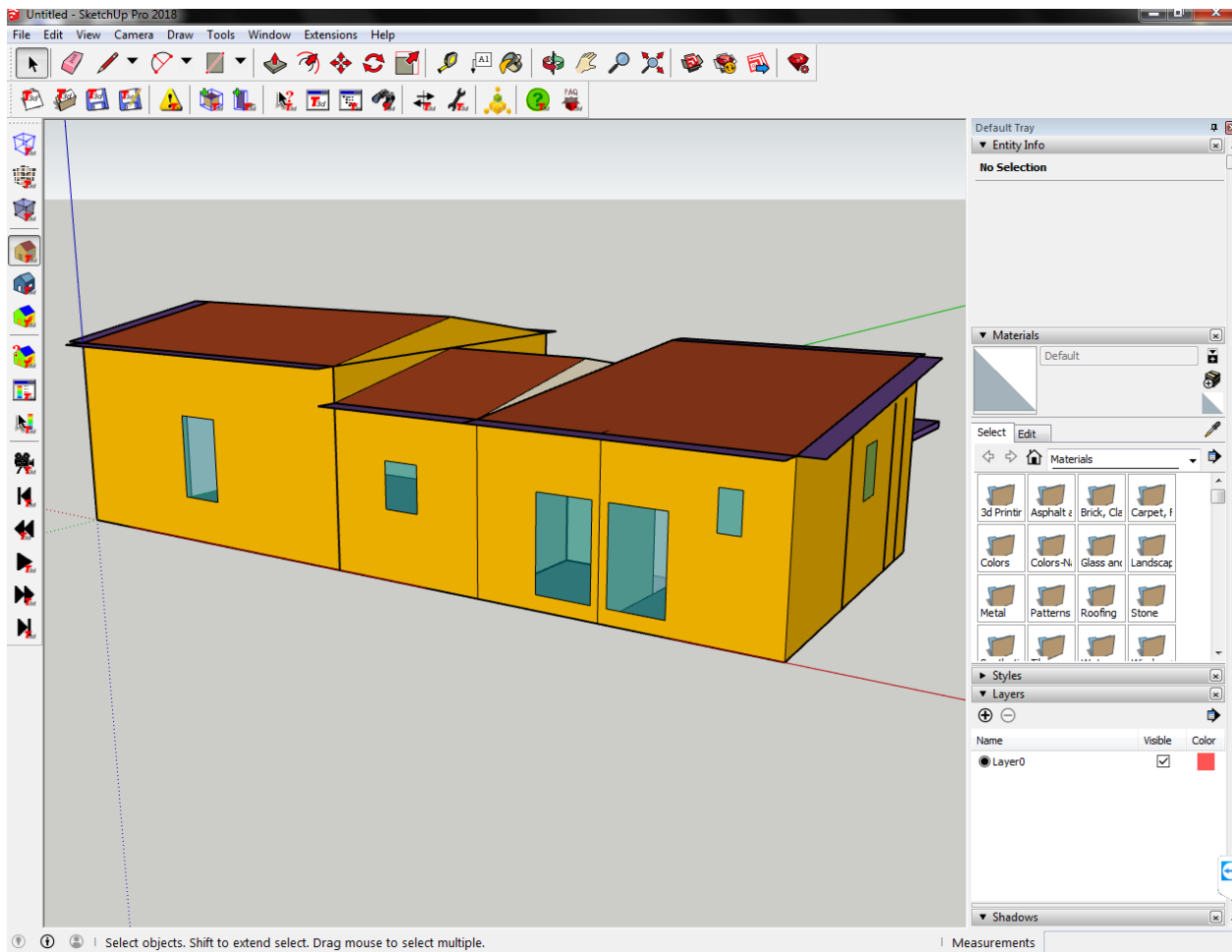
Ο συνολικός αριθμός ημερών θέρμανσης στη Λευκωσία είναι χαμηλός, ίσος με 308. Παρουσιάζει μικρή ζήτηση θέρμανσης τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο. Οι βαθμοί ψύξης είναι ίσοι με 851, με υψηλή ζήτηση ψύξης από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο.

Στα παραπάνω γραφήματα (Γράφημα 13) παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και το ωριαίο προφίλ θερμοκρασίας για τον θερμότερο και τον ψυχρότερο μήνα στην Λευκωσία (Γράφημα 14).

Από τα παραπάνω στοιχεία έγινε η σχεδίαση του Κτηρίου στο Google SketchUp για περαιτέρω χρήση του σε προσομοίωση και ενεργειακούς υπολογισμούς. Παρακάτω φαίνεται το τρισδιάστατο σχέδιο του μοντέλου όπως διαμορφώθηκε στην τελική μορφή του (Εικόνα 15).

3.2.1.2 HYBUILD

Τα στοιχεία περιγραφής του Κτηρίου και χρήσιμα δεδομένα αξιοποίησης, προέρχονται από την τεχνική οδηγία του προγράμματος HYBUILD [20] . Το συγκεκριμένο πρόγραμμα ασχολείται με τυπικά κτήρια Γαλλίας (Bordeaux), Ισπανίας (Almatret) και Κύπρου (Αγλαντζιά) και μελετά τρόπους ανακαίνισης των συγκεκριμένων κτηρίων. Προηγουμένως έχει πραγματοποιηθεί εκτεταμένη έρευνα και αυτοψία των κτηρίων, για την απόκτηση όλων των απαραίτητων δεδομένων για θερμικές αναλύσεις κ.α.



Εικόνα 15 Σχηματική απεικόνιση Κυπριακού Κτηρίου (Google SketchUp)

3.2.1.3 Δομικά στοιχεία Κτηρίου

Το εξεταζόμενο κτήριο στην περιοχή της Αγλαντζιάς, είναι δομημένο με παραδοσιακό τρόπο. Αποτελείται κυρίως από συμβατικά υλικά με πέτρινους τοίχους χωρίς μόνωση και οροφή με μόνωση 3 εκατοστών. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα δομικά στοιχεία τοίχων, ορόφων, δαπέδου, παραθύρων και οι τιμές συντελεστή διαπερατότητας για το καθένα αντίστοιχα.

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζονται όλα τα κατασκευαστικά (δομικά στοιχεία) του κτηρίου της Κύπρου εκτός από τα στοιχεία των παραθύρων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 18 Στοιχεία Επιφανειών του Κτηρίου [20]

Επιφάνεια	Υλικό	Πυκνότητα	Θερμική Αγωγιμότητα	Πάχος	U value
	[-]	[kg/m ³]	[W/(mK)]	[m]	[W/(m ² K)]
Εξωτερικός Τοίχος	Παραδοσιακή Πέτρα (μαλακός ασβεστόλιθος)	1600	0.85	0.55	1.17
	Εσωτερική Επικάλυψη γύψου	1600	0.80	0.025	
Υπόστρωμα Δαπέδου	Πηλός	1200-1800	1.50		0.68
Δάπεδο	Πλάκες (μαρμάρινες)	2800	3.50		
Οροφή	Κεραμίδια	2000	1.00	0.02	0.219
	2 στρώματα ασφαλτικής στεγάνωσης (ενισχυμένα 4 χιλιοστά)	1100	0.23	0.004	
	12mm OSB (ξύλινη πλάκα)	600	0.14	0.012	
	120mm μόνωση πολυστερίνης	30	0.030	0.12	
	18mm MDF	600	0.14	0.018	
	Καλαμωτή	190	0.056	0.01	

Πίνακας 19 Χαρακτηριστικά παραθύρων

Επιφάνεια	Υλικό πλαισίου	Πάχος πλαισίου	Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος γυαλιού	g value	U value παραθύρου	Επιφάνεια [m ²]
1	ξύλινο	40-120 mm	μονός	4 mm	0.85	4.7	0.8*1=0.8
2	ξύλινο	40-120 mm	μονός	4 mm	0.85	4.7	1.7*1.1=1.87
3	ξύλινο	40-120 mm	μονός	4 mm	0.85	4.7	0.7*1.1=0.77
4	ξύλινο	40-120 mm	μονός	4 mm	0.85	4.7	1.45*1.05=1.53
5	ξύλινο	40-120 mm	μονός	4 mm	0.85	4.7	0.75*1.1=0.83
6	ξύλινο	40-120 mm	μονός	4 mm	0.85	4.7	0.45*0.8=0.36
7	μεταλλικό	20 mm	διπλός	6-12-6	0.60	2.8	2*2.4=4.8

3.2.1.4 Φυσικός αερισμός και μηχανικός εξαερισμός

Για την περίπτωση του φυσικού αερισμού υιοθετήθηκε αριθμός συναλλαγών 0,15 ανά ώρα ενώ για τον μηχανικό εξαερισμό 0,4 εναλλαγές ανά ώρα.

3.2.1.5 Θερμικά κέρδη

Για τα θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους προσφέρεται ο Πίνακας 20. Επίσης παρουσιάζεται ο Πίνακας 21 που περιέχει τα ηλεκτρικά κέρδη των συσκευών από τα οποία μόνο τα θερμικά κέρδη του φωτισμού υπολογίστηκαν και προστέθηκαν στο μοντέλο του Κτηρίου.

Πίνακας 20 Προφίλ πληρότητας (Occupancy) και αριθμός ατόμων Κτηρίου βάσει χρονοδιαγράμματος

Λειτουργία	Ημέρα	Ώρα	Αριθμός Ατόμων
Οργανωμένες Επισκέψεις	Δευτέρα, Τρίτη, Τετάρτη, Πέμπτη, Παρασκευή	08:00-12:00	20
Ελεύθερες Επισκέψεις	Τετάρτη, Σάββατο, Κυριακή	08:00-19:00	20
Αναγνωστήριο / βιβλιοθήκη	Δευτέρα, Τρίτη, Πέμπτη, Παρασκευή	12:00-19:00	20
Διαλέξεις	Διαθέσιμες όλη μέρα	19:00-21:00	60

Πίνακας 21 Φωτισμός και άλλα ηλεκτρικά φορτία (εγκατεστημένη ισχύς, χρονοδιάγραμμα χρήσης)

Περιγραφή	Μέσος Αριθμός		Χρονοδιάγραμμα Λειτουργίας	
	Watts	Ημέρες	Ώρες	
7 Οθόνες	7*200	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00	
7 ακουστικά		Δευτέρα, Τρίτη, Τετάρτη, Πέμπτη, Παρασκευή	08:00-19:00	
1 server	250	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00	
20 pc (Laptops)	50	Δευτέρα, Τρίτη, Πέμπτη, Παρασκευή	12:00-19:00	
1 προτζέκτορας	300	Διαθέσιμες όλη μέρα	19:00-21:00	
Πλήρες οπτικοακουστικό σύστημα	100	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00	
1 ξυπνητήρι		Διαθέσιμες όλη μέρα	00:00-24:00	
1 σύστημα ελέγχου	30	Διαθέσιμες όλη μέρα	00:00-24:00	
5 CO ₂ αισθητήρας		Διαθέσιμες όλη μέρα	00:00-24:00	
5 συστήματα πυρασφάλειας		Διαθέσιμες όλη μέρα	00:00-24:00	
1 πλυντήριο πιάτων	2400	Τετάρτη, Σάββατο	08:00-09:00	
1 στεγνωτήριο	2400	Σάββατο	08:00-10:00	
1 πλυντήριο ρούχων	2400	Σάββατο	08:00-09:00	
1 σιδερωτήριο	1000	Σάββατο	08:00-12:00	

1 φούρνος μικροκυμάτων	1300	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-08:30
1 κουζινάκι	2000	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-09:00
1 φούρνος μαγειρέματος	1800	Τετάρτη, Σάββατο, Κυριακή	08:00-11:00
1 ψυγείο	150	Διαθέσιμες όλη μέρα	00:00-24:00
1 ψύκτης	90	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00
1 καφετιέρα	600	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00
1 τoστιέρα	600	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-08:05
1 boiler	3000	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00
1 πιστολάκι μαλλιών	1000	Σάββατο	08:00-08:10
1 ηλεκτρική σκούπα	1500	Σάββατο	08:00-09:00
LED φωτισμός	6 or 15	Διαθέσιμες όλη μέρα	08:00-21:00
Πρίζες με wifi		Διαθέσιμες όλη μέρα	00:00-24:00

3.3 TRNSYS 17 (TRaNsient System Simulation program)

Το TRNSYS αποτελεί ένα ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση συστημάτων μεταξύ αυτών και πολυζωνικών κτηρίων [38]. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς και ερευνητές από όλο τον κόσμο για την εξακρίβωση ενεργειακών σεναρίων, από απλή μελέτη Ζεστού Νερού Χρήσης μέχρι τον σχεδιασμό και προσομοίωση κτηρίων και του εξοπλισμού αυτών, συμπεριλαμβάνοντας στρατηγικές ελέγχου, συμπεριφορά ενοίκων, εναλλακτικές μορφές ενεργειακών συστημάτων (αιολικά, ηλιακά, φωτοβολταϊκά, συστήματα με χρήση υδρογόνου) κ.α.

Η χρήση του συστήματος πραγματοποιείται εδώ και 35 χρόνια και βασικά χαρακτηριστικά που το ξεχωρίζουν μεταξύ άλλων προγραμμάτων είναι ανοιχτού κώδικα και έχει δομοστοιχειωτή δομή. Ο πηγαίος κώδικας του πυρήνα όπως επίσης και τα μοντέλα των συνιστωσών είναι διαθέσιμα για τον χρήστη, πράγμα το οποίο βοηθά σημαντικά στην προσαρμογή των δεδομένων μοντέλων στις ανάγκες του χρήστη.

Άλλη μια δυνατότητα του προγράμματος λόγω της DLL αρχιτεκτονικής του, είναι η προσθήκη νέων μοντέλων με την χρήση των συνηθισμένων γλωσσών προγραμματισμού (C, C++, PASCAL, FORTRAN, etc.). Επιπρόσθετα το TRNSYS μπορεί να συνεργαστεί και με άλλες εφαρμογές λογισμικού για την εκτέλεση διεργασιών, με επεξεργασία των διεργασιών του καθόλη τη διάρκεια των υπολογισμών(π.χ. MICROSOFT EXCEL, Matlab, COMIS, κ.α.) Εφαρμογές του TRNSYS αποτελούν:

- Ηλιακά συστήματα (ηλιοθερμικά και φωτοβολταϊκά)
- Χαμηλής ενέργειας κτήρια και θερμικά συστήματα με προχωρημένες σχεδιαστικές δυνατότητες (φυσικός εξαερισμός, θερμαινόμενες/ψυχόμενες πλάκες, διπλή πρόσοψη, κ.α.)
- Ενεργειακά συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Συμπαραγωγή, κυψέλες καυσίμων.
- Δυνατότητες δυναμικής προσομοίωσης.

3.3.1 Τυπική μορφή ενός συστήματος TRNSYS

Με τη χρήση του Simulation Studio, ένα από τα εργαλεία του προγράμματος [39] συνδέονται γραφικά οι συνιστώσες του συστήματος. Κάθε συνιστώσα [40] περιγράφεται από ένα μαθηματικό μοντέλο [41] στην μονάδα προσομοίωσης του προγράμματος και αποτελείται από πολλαπλές εκδόσεις που αντιστοιχούν στο Simulation Studio και αντίστοιχα χρησιμοποιείται η κατάλληλη έκδοση αυτών. Η συνιστώσες αναπαρίστανται με την μορφή ενός μαύρου κουτιού (black-box) με βασικά στοιχεία τις παραμέτρους, τις εισόδους, εξόδους κ.α. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η απλή περίπτωση project TRNSYS στο Simulation Studio. Οι συνιστώσες των συστημάτων του TRNSYS αναφέρονται ως TYPES (για παράδειγμα το TYPE 1 αποτελεί τον ηλιακό συλλέκτη). Το Simulation Studio παράγει ένα αρχείο εισόδου (Input file) το οποίο περιγράφεται και ως deck file.

3.3.2 Σειρά εργαλείων του TRNSYS

Το TRNSYS αποτελείται από μια σειρά εργαλείων. Όπως περιεγράφηκε παραπάνω και θα αναλυθεί περαιτέρω ένα από αυτά είναι το Simulation Studio. Επίσης η μηχανή προσομοίωσης (TRNDLL.dll) και το εκτελέσιμο αρχείο (TRNExe.exe), η οπτική απεικόνιση Κτηρίου με τα στοιχεία εισόδου (TRNBuild.exe), και το Editor που χρησιμοποιείται για την δημιουργία ανεξάρτητων αναδιανεμητέων προγραμμάτων γνωστά ως TRNSED applications (TRNEdit.exe) [42].

3.3.3 TRNSYS Simulation Studio

Το TRNSYS Simulation Studio αποτελεί το βασικό γραφικό περιβάλλον του πακέτου TRNSYS [39]. Με την χρήση του εργαλείου αυτού ο χρήστης έχει τη δυνατότητα της δημιουργίας συστημάτων (Projects) με την επιλογή από την λίστα των κατάλληλων αντικειμένων (TYPES). Στη συνέχεια κρατώντας πατημένη την επιλογή του και σέρνοντας στην επιφάνεια εργασίας εμφανίζεται η επιλογή. Στη συνέχεια με πολύ απλό τρόπο μπορεί να γίνει η σύνδεση των αντικειμένων και να γίνουν οι κατάλληλες συνδέσεις εισόδων/εξόδων και ο ορισμός των κατάλληλων παραμέτρων.

Η αποθήκευση του project γίνεται σε μορφή Trnsys Project File (*.tpf). Κατά την έναρξη οποιασδήποτε προσομοίωσης δημιουργείται και ένα αρχείο εισόδου, όπου περιέχει όλες τις πληροφορίες εισόδου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια γραφική απεικόνιση ενός τυπικού παραδείγματος ηλιακής υποβοήθησης για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).

Μεταξύ άλλων υπάρχει δυνατότητα χρήσης διαχειριστή εξόδων (Output Manager), όπου μπορεί να οριστεί ποιες μεταβλητές θα ολοκληρωθούν, θα τυπωθούν θα παρουσιαστούν γραφικά και ένας διαχειριστής λαθών/γεγονότων (error/log manager), όπου ενημερώνει το χρήστη για οτιδήποτε συνέβη κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

3.3.4 Μηχανή προσομοίωσης TRNSYS (TRNSYS Simulation Engine)

Η μηχανή προσομοίωσης είναι προγραμματισμένη σε μορφή FORTRAN και μεταφράζεται σε μια δυναμική βιβλιοθήκη DLL (Dynamic Link Library) TRNDll. Ο πυρήνας του TRNSYS (kernel) διαβάζει όλες της πληροφορίες της προσομοίωσης που περιέχονται στο αρχείο εισόδου (input file) (*.dck) . Επιπρόσθετα καλεί αρχεία εισόδου (π.χ. αρχεία καιρού) και δημιουργεί αρχεία εξόδου (output files).

Η κλήση της μηχανής γίνεται από ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα (TRNExe.exe), το οποίο υλοποιεί και τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων (Simulation Plotter), ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την αναπαράσταση ποικίλων μεταβλητών κατά την διάρκεια μιας προσομοίωσης. Υπάρχει δυνατότητα παύσης της προσομοίωσης, μεγέθυνση για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων, πολλαπλές γραφικές απεικονίσεις παράλληλα κ.α. όπως φαίνεται στο σχήμα. [42]

3.3.5 Γραφικό περιβάλλον απεικόνισης Κτηρίου (TRNBuild)

Το TRNBuild είναι εργαλείο που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή δεδομένων κτηρίων. Επιτρέπει στο χρήστη να προσδιορίσει όλες τις λεπτομέρειες της δόμησης του κτηρίου, όπως επίσης αυτά που χρειάζονται για την προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτηρίου, τα θερμικά και ψυκτικά χρονοδιαγράμματα κ.α. Έτσι δημιουργείται ένα αρχείο (*.bui) που περιέχει όλες τις πληροφορίες για την προσομοίωση.

3.3.6 TRNEdit και TRNSEd Εφαρμογές

Το TRNEdit είναι ένα εξειδικευμένο εργαλείο που χρησιμοποιείται σε δημιουργία-μετατροπή TRNSYS αρχείων εισόδου (decks) [43]. Η χρήση του δεν συστήνεται σε απλούς χρήστες αλλά μόνο σε προχωρημένους.

Το TRNEdit μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία εφαρμογών διανομής (TRANSED Applications) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από χρήστες που δεν διαθέτουν άδεια χρήσης για ένα απλοποιημένο τρόπο προσομοίωσης.

3.3.7 Google SketchUP pro και TRNSYS 3D plugin

Εκτός από την δημιουργία της γεωμετρίας μέσω του TRNBuild προσφέρεται και ένα εργαλείο το TRNSYS 3D™ plugin [44]. Το εργαλείο αυτό αποτελεί μια προέκταση του Google SketchUP pro [37] και έχει δημιουργηθεί από Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών.

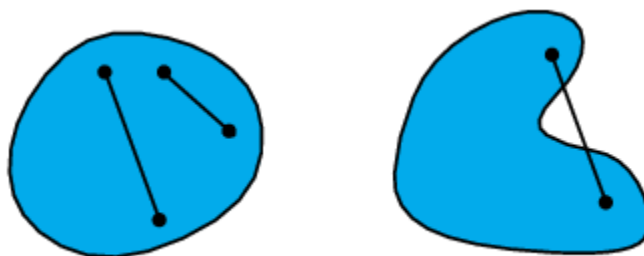
Το SketchUp αποτελεί ένα σχεδιαστικό εργαλείο της εταιρίας Google (βασισμένο στο OpenStudio™) που μπορεί να απεικονίσει τρισδιάστατη γεωμετρία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από χρήστες με μεγάλη ευκολία λόγω του απλοποιημένου γραφικού περιβάλλοντος του, προσφέροντας παράλληλα πολλές δυνατότητες για την δημιουργία κτηρίων μιας ή περισσότερων θερμικών ζωνών.

Για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το TRNSYS 3D plugin που εγκαταστάθηκε στο SketchUp Pro και αποτελεί την επαγγελματική έκδοση του πακέτου της Google.

Με τον προσδιορισμό της αναλυτικής γεωμετρίας του μοντέλου καθίσταται δυνατός ο αναλυτικός υπολογισμός της ακτινοβολίας για το υπάρχον κτήριο. Για την δημιουργία του μοντέλου ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων το ενεργειακό μοντέλο του Κτηρίου που πρόκειται να σχεδιάσει για να αποφύγει λανθασμένες εκτιμήσεις.

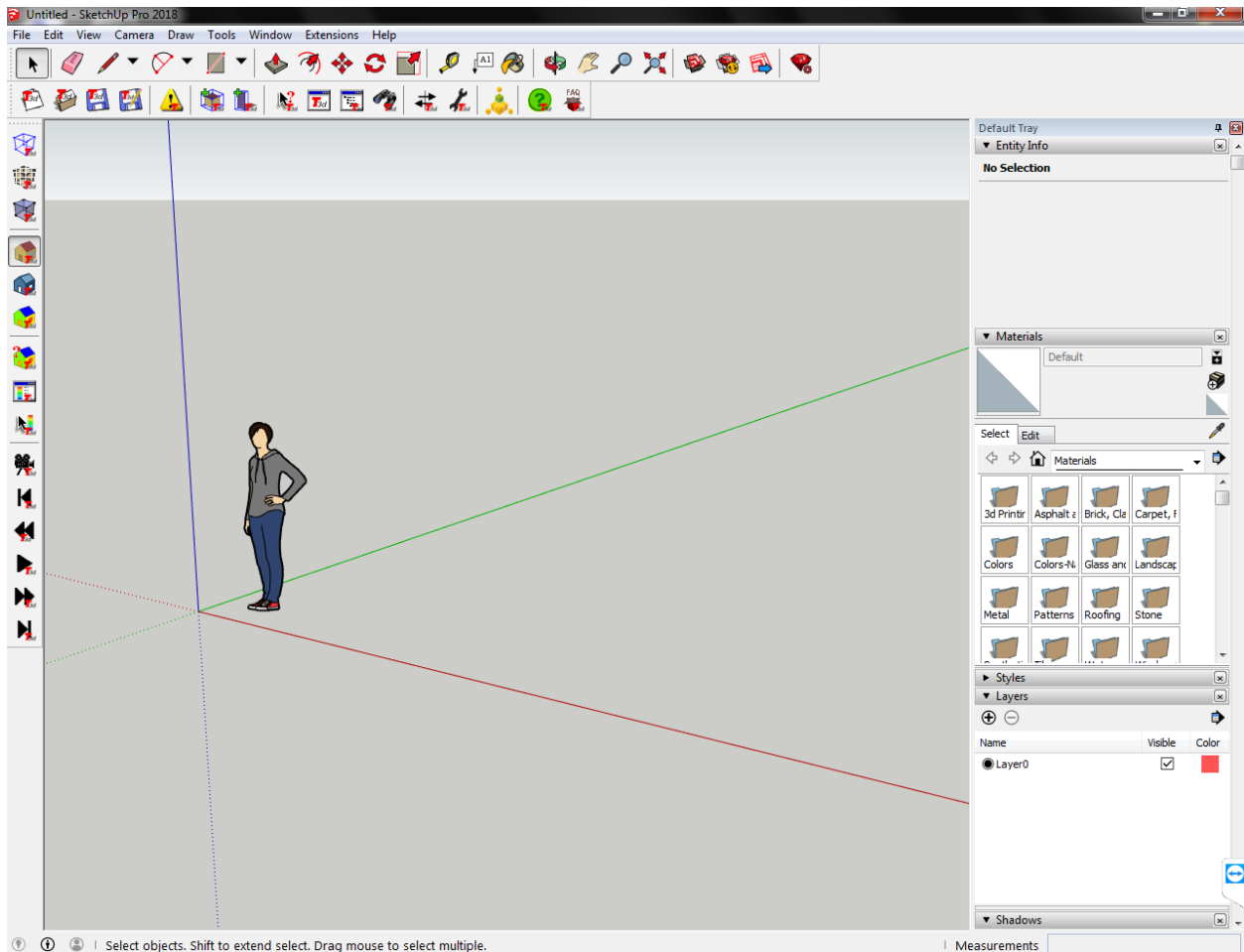
Βασική διαφορά μεταξύ του βασικού εργαλείου και της επέκτασης (και η ανάγκη χρήσης του κυρίως), είναι ότι το δεύτερο διαφέρει στον ορισμό των θερμικών ζωνών. Στο SketchUp οι ζώνες ορίζονται από τους εσωτερικούς τοίχους, ενώ με το Plugin ορίζονται θερμικές ζώνες με βάση την προσομοίωση της δυναμικής ροής της ενέργειας. Αυτό είναι σημαντικό για τον προσδιορισμό της διείσδυσης από την περίμετρο του Κτηρίου και τον πυρήνα, συμβάλλοντας στον υπολογισμό των ηλιακών κερδών στο κτήριο.

Οι θερμικές ζώνες που δημιουργούνται μέσω του plugin περιέχουν επιφάνειες στο ίδιο επίπεδο (convex) σε αντίθεση με το SketchUp, όπου υπάρχει ελευθερία σχεδιασμού επιφανειών ακόμα και σε διαφορετικό επίπεδο (concave), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 18.



Εικόνα 16 Επιφάνειες στο ίδιο επίπεδο (convex-αριστερά) και σε διαφορετικό (concave-δεξιά)[45]

Η δημιουργία της γεωμετρίας ξεκινά από την αναγνώριση των αξόνων όπως φαίνεται στην Εικόνα 17 με τους προσανατολισμούς ορισμένους από το πρόγραμμα. Η αρχική διαδικασία είναι η εισαγωγή νέας θερμικής ζώνης με το New Zone Tool και μέσα στην ζώνη ξεκινά η σχεδίαση τοίχων, πατωμάτων και οροφών. Η εισαγωγή νέας ζώνης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο στα όρια της προηγούμενης σε όποιο προσανατολισμό επιθυμεί ο χρήστης. Σχεδιάζοντας αρχικά ένα ορθογώνιο με το εργαλείο Draw-Rectangle εμφανίζεται ανάλογα το επίπεδο τοίχος (με εξωτερικό και εσωτερικό περίβλημα), οροφή ή πάτωμα.



Εικόνα 17 Αρχικό περιβάλλον σχεδίασης SketchUp

Η διαδικασία προχωρά με τον σχεδιασμό όλων των επιφανειών και υπάρχει επιπλέον δυνατότητα δημιουργίας σκιάσεων με το New Shading Group Tool και είναι παρόμοια με την προηγούμενη διαδικασία που αναφέρθηκε. Η δημιουργία παραθύρων/πορτών πραγματοποιείται μόνο σε υπάρχοντες τοίχους ακολουθώντας την ίδια διαδικασία. Η μόνη διαφορά είναι ότι για την δημιουργία πόρτας χρειάζεται να βρίσκεται στην βάση του τοίχου ενώ το παράθυρο πρέπει να περικλείεται μέσα στον τοίχο χωρίς να εφάπτεται.

Η διαφορά των επιφανειών είναι τα χρώματα που παρουσιάζονται, έτσι ο τοίχος είναι εξωτερικά σε κίτρινη απόχρωση, η οροφή κόκκινη, το πάτωμα γκρι και η σκίαση σε χρώμα μωβ. Άλλα εργαλεία που προσφέρονται είναι:

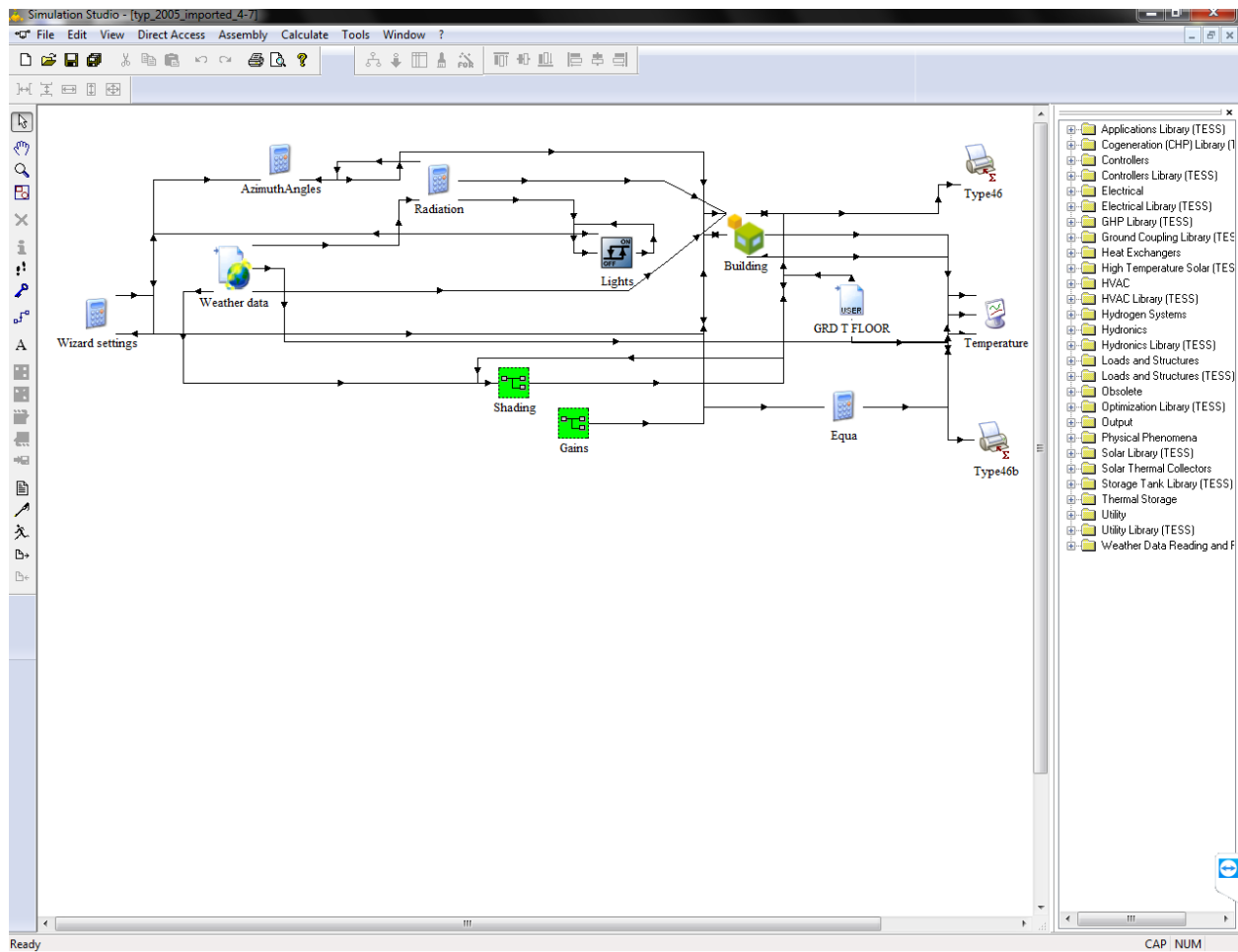
- Push-Pull: μια δισδιάστατη επιφάνεια σύροντας της προς μια κατεύθυνση δημιουργεί τρισδιάστατη επιφάνεια με τοίχο, οροφή και πάτωμα.
- Tape Measure: μέτρηση διαστάσεων μονοδιάστατα για επίβλεψη και διόρθωση λαθών.
- Object Info: πληροφορίες επιφάνειας (π.χ. τοίχος) για το μέγεθος της, την ζώνη που ανήκει κ.α.
- Delete Guides: δυνατότητα προσωρινής απόκρυψης οδηγών γραμμών για καλύτερη εποπτεία της γεωμετρίας.
- View Hidden Geometry: Εποπτεία με διακεκομμένες γραμμές επιφανειών που δεν γίνονται αντιληπτές λόγω της παρουσίας του εξωτερικού κελύφους.
- Hide: Απόκρυψη μιας επιφάνειας για επεξεργασία εσωτερικών επιφανειών ή επίβλεψη κρυφών περιοχών.

Καθ' όλη την διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου δημιουργείται και ανανεώνεται ένα αρχείο μορφής *.idf (συνετό είναι να αποθηκεύεται συχνά) που περιέχει όλες τις πληροφορίες της γεωμετρίας του και στη συνέχεια φορτώνεται αντίστοιχα στο TRNSYS Simulation Studio όπου παράγεται ένα βασικό σύστημα για την προσομοίωση του τελικού συστήματος. Παραπάνω φαίνονται τα τυπικά κτήρια Ελλάδας και Κύπρου στην Εικόνα 9 και Εικόνα 15 αντίστοιχα.

3.3.8 TRNSYS Simulation Studio

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί το βασικό γραφικό περιβάλλον του TRNSYS και σε αυτό πραγματοποιούνται οι σημαντικότερες διαδικασίες ενός συστήματος συμπεριλαμβανομένης της προσομοίωσης.

Για την αρχική εισαγωγή του αρχείου *.idf στο πρόγραμμα χρησιμοποιείται το 3D Building Wizard του Simulation Studio. Ο χρήστης επιλέγει από το New Project από την μπάρα των εικονιδίων και στην συνέχεια επιλέγεται το 3D Building Project. Στο αναδυόμενο παράθυρο αρχικά πρέπει να επιλεχθεί το αρχείο καιρού (*.tm2) για την εκάστοτε περιοχή που θα βρίσκεται το κτήριο (στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκε το αρχείο για τα δεδομένα καιρού του αεροδρομίου της Λάρνακας-Κύπρος ως κοντινότερου στην περιοχή που εξετάζουμε (Αγλαντζιά-Κύπρος) με όνομα CY-Larnaca-Larnax-Airp-176090.tm2. Στο βήμα αυτό μπορεί να ορισθεί και γωνία στροφής του Κτηρίου όπου δεν χρειάστηκε στην παρούσα εργασία. Στο επόμενο βήμα πρέπει να επιλεχθεί το αρχείο .idf που προηγουμένως έχει δημιουργηθεί στο SketchUp (aglagia.idf) και έτσι δημιουργείται από το πρόγραμμα το βασικό σενάριο προσομοίωσης με κάποια αρχικές συνιστώσες απαραίτητες για το σύστημα που εξετάζεται όπως φαίνεται και στο σχήμα. Από το πρόγραμμα παράγεται ένα νέο .idf αρχείο της μορφής Aglagia_B17.idf όπου είναι το εκτελέσιμο αρχείο για το Simulation Studio. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Building Wizard είναι ότι οι συνδέσεις για τους προσανατολισμούς γίνονται αυτόματα, εξοικονομώντας χρόνο και λάθη αν γίνουν χειροκίνητα.



Εικόνα 18 Μορφή Simulation Project για την περίπτωση του Κυπριακού Κτηρίου (απλοποιημένο σενάριο)

Με το βασικό αυτό σύστημα μπορεί να γίνει μια αρχική προσομοίωση και τα αποτελέσματα αυτής μπορούν να εικονισθούν με εργαλεία του Output Manager όπως το Online plotter που προσφέρει μια οπτική εικόνα των αποτελεσμάτων σε αρχείο ή μη.

Από τις βασικές συνιστώσες (components) που αρχικά δημιουργούνται είναι:

1. Unit 16 - TYPE 15: Αναφέρεται στα καιρικά δεδομένα και δημιουργείται με βάση την επιλογή του αρχείου CY-Larnaca-Larnax-Airp-176090.tm2 που επιλέχθηκε σε προηγούμενο βήμα. Ως παραμέτρους περιλαμβάνει τον αριθμό των επιφανειών ορισμένες από τον προσανατολισμό τους, την κλίση ως προς το επίπεδο και την γωνία αζιμούθιου. Είσοδοι στο συγκεκριμένο TYPE δεν περιλαμβάνονται και ως έξοδοι παράγονται μεγέθη ακτινοβολίας ως προς τις παραμέτρους, θερμοκρασία εξωτερικού αέρα (dry/wet bulb temperature), ποσοστό σχετικής υγρασίας κ.α. τα οποία συνδέονται στην συνέχεια με το TYPE 56 που αναφέρεται στο κτήριο.

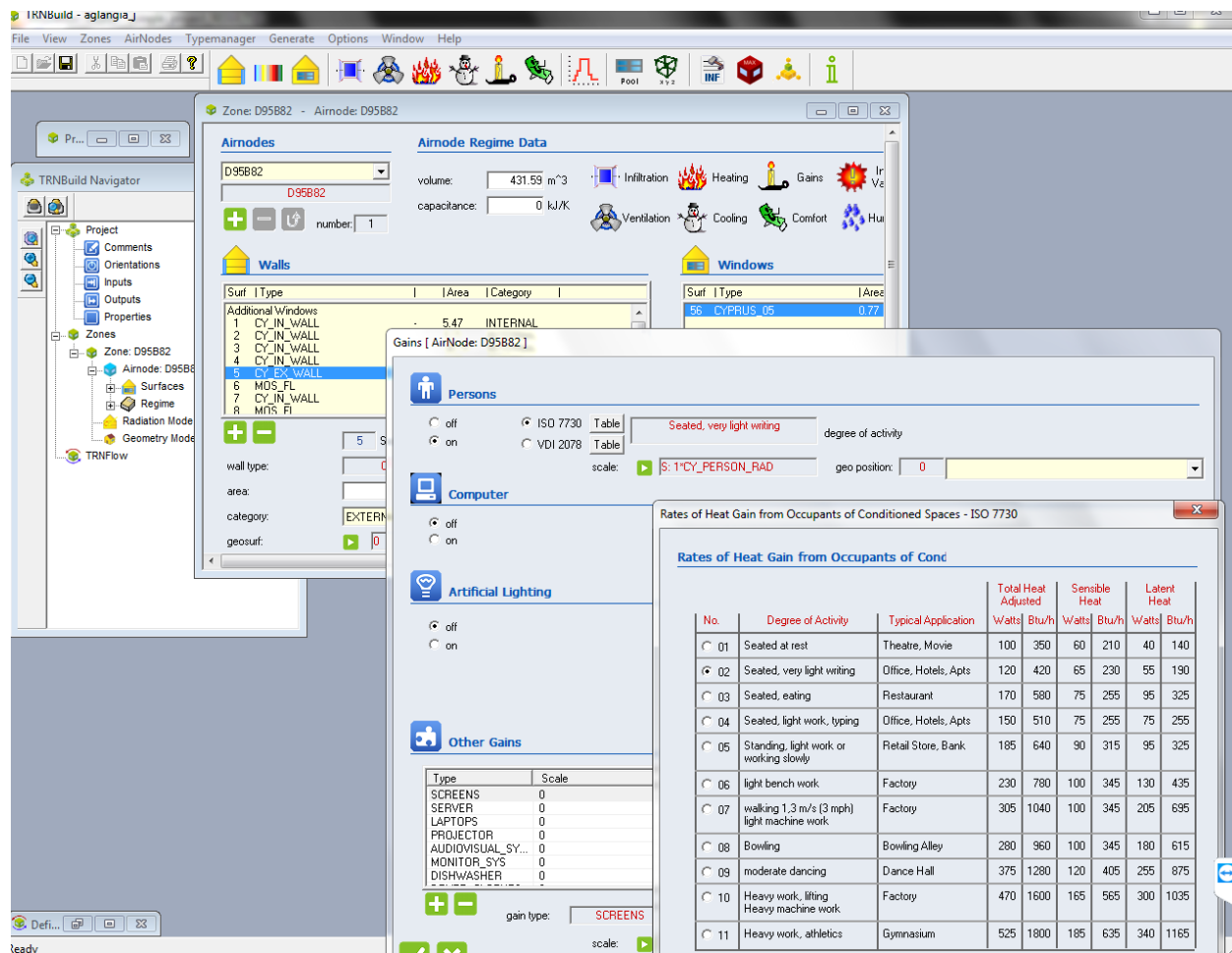
2. Radiation (equation): Δομείται από επιλογή του Simulation Studio για δημιουργία εξίσωσης (insert new equation από Assembly). Λαμβάνει πολλαπλές εισόδους-στην περίπτωση αυτή δεδομένα ακτινοβολίας από το Unit 16 - TYPE 15 – και τις μεταφράζει ως input για το μοντέλο του Κτηρίου.
3. Unit 56- TYPE 56: Αποτελεί το μοντέλο του υπάρχοντος Κτηρίου με βασικές εισόδους τα μεγέθη ακτινοβολίας ως προς τον προσανατολισμό, την γωνία κλίσης του επιπέδου και την γωνία αζιμούθιου. Άλλες εισοδοί είναι θερμοκρασίες, όπως η αισθητή θερμοκρασία ξηρής και υγρής σφαίρας, εξωτερική θερμοκρασία και άλλα. Το συγκεκριμένο TYPE παραπέμπει σε ένα άλλο πολύ σημαντικό εργαλείο του πακέτου TRNSYS με όνομα TRNBUILD και παράγεται ένα αρχείο χρήσης μορφής *.b17.

3.3.9 Μοντελοποίηση Κτηρίου με το TRNBUILD

Το TYPE 56 μοντελοποιεί την θερμική συμπεριφορά όλου του Κτηρίου με τη βοήθεια του προγράμματος TRNBUILD [46]. Η βασική δυνατότητα που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα προγράμματα θερμικής αποτύπωσης είναι η ευκολία διαχωρισμού των θερμικών ζωνών . Το TYPE 56 για την μοντελοποίηση της θέρμανσης, ψύξης, ύγρανσης και αφύγρανσης χρησιμοποιεί την μέθοδο του “energy rate” ενώ άλλα το θερμοκρασιακό εύρος. Τυπικά το “energy rate” μεταφράζεται ως μελέτη ενός απλοποιημένου μοντέλου του κλιματισμού του χώρου, όπου ο χρήστης καλείται να καθορίσει τις θερμοκρασίες όπου θα πραγματοποιείται η θέρμανση και η ψύξη, σταθερά σημεία ελέγχου υγρασίας και τα μέγιστα ποσά θέρμανσης και ψύξης. Σε κάθε ζώνη γίνεται να ορισθούν διαφορετικά σημεία ελέγχου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια μοντέλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα μοντέλα που θα δέχονται τις εξόδους του TYPE 56 και στην συνέχεια θα υπολογίζουν τα ποσά θερμότητας/ ψύξης και θα επιστρέφουν στο TYPE 56.

3.3.9.1 TRNBUILD

Το TRNBUILD, ένα από τα βασικά εργαλεία του πακέτου TRNSYS είναι προσβάσιμο και από εξωτερικό πρόγραμμα με το συγκεκριμένο όνομα είτε μέσω του TYPE 56 από το Simulation Studio. Τα αρχεία που διαχειρίζεται το εργαλείο είναι της μορφής *.BUI. Το άνοιγμα ή δημιουργία νέου αρχείου είναι το πρώτο βήμα για την δημιουργία και επεξεργασία των δομικών στοιχείων του Κτηρίου, θέρμανσης, ψύξης κ.α. Η είσοδος των δεδομένων γίνεται είτε από αρχείο κειμένου είτε από τρίτο πρόγραμμα (στην παρούσα εργασία από το αρχείο *.idf μέσω του Google Sketch Up™), όπου γίνεται άνοιγμα του παραθύρου Project των ζωνών (zones). Τα παραπάνω φαίνονται στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19 Γραφικό περιβάλλον TRNBuild

Για την εισαγωγή του Trnsys3d αρχείου στο περιβάλλον του προγράμματος επιλέγεται το Import TRNSYS3D FILE και η θέση του Κτηρίου (βόρειο/νότιο ημισφαίριο). Έτσι πραγματοποιούνται τα εξής βήματα [46] :

- Τακτοποίηση ζωνών και επιφανειών.
- Αρίθμηση επιφανειών.
- Υπολογισμός όγκου Κτηρίου (m^3).
- Δημιουργία αρχείου *.B17 και άνοιγμα αυτού του αρχείου για επεξεργασία στο TRNBuild.
- Η ύπαρξη εικονικών επιφανειών λαμβάνεται υπόψη μόνο στον υπολογισμό του όγκου.

Το παράθυρο του project παρέχει την δυνατότητα της καταχώρησης ονόματος στο project, τοποθεσία και άλλες πληροφορίες για το χρήστη. Επίσης περιέχει τους προσανατολισμούς των επιφανειών, τις εισόδους (ορισμένες από το σύστημα και από το χρήστη) και τις επιθυμητές εξόδους για περαιτέρω επεξεργασία. Επιγραμματικά αναφέρονται οι θερμοκρασίες του αέρα εσωτερικά του χώρου και στοιχεία ενεργειακής ισορροπίας θερμικών ποσών. Τα παραπάνω στην συνέχεια συνδέονται αντίστοιχα με το TYPE 56 του Simulation Studio.

Το παράθυρο των ζωνών περιέχει όλη την πληροφορία για τα δομικά στοιχεία του Κτηρίου. Στο τμήμα αυτό μπορεί να γίνει επεξεργασία των τοίχων, οροφών, παραθύρων, πατωμάτων που έχουν ορισθεί στο αρχείο και η διαμόρφωση των στρωμάτων που τα συνθέτουν. Μέσω της διαστρωμάτωσης τους προκύπτει και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-Value που θα χρειαστεί για τους θερμικούς υπολογισμούς. Μια θερμική ζώνη περιέχει έναν ή παραπάνω κόμβους αέρα (airnodes). Το airnode περιγράφεται από:

- Τα απαιτούμενα στοιχεία δόμησης
- Τους τοίχους (εσωτερικούς, εξωτερικούς, ενδιάμεσους μεταξύ ζωνών, " οριακών συνθηκών ")
- Τα παράθυρα
- Επιπλέον εξοπλισμός και λειτουργικά δεδομένα ψύξης, θέρμανσης , εξαναγκασμένου και φυσικού αερισμού, θερμικά κέρδη και συνθήκες άνεσης

Επιπρόσθετα η εισαγωγή γεωμετρικών λειτουργιών και ακτινοβολίας ορίζονται για όλη τη ζώνη (όχι για τους κόμβους). Για όλα τα γεωμετρικά μεγέθη και τις επιφάνειες προσφέρονται βιβλιοθήκες μέσω του TRNBuild, η μπορούν να δημιουργηθούν από τον χρήστη από την αρχή. Επιπρόσθετα όποια επιφάνεια η στοιχείο γενικά δημιουργείται από το χρήστη μπορεί να αποθηκευτεί σε προσωπική βιβλιοθήκη για διευκόλυνση του.

Μέσω του TRNBuild μπορούν να προστεθούν και μη γεωμετρικά χαρακτηριστικά λόγου χάρη χρονοδιαγράμματα συμπεριφοράς συστημάτων, εσωτερικά κέρδη θερμότητας, θέρμανση, ψύξη, ελέγχους, φυσική/εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα (ventilation/infiltration) κ.α. Όλες οι πληροφορίες που απαρτίζουν και χαρακτηρίζουν το υπάρχον κτήριο αποθηκεύονται σε αρχείο με την μορφή *.inf για συλλογική επίβλεψη των μεγεθών ή και των λαθών που μπορούν να παρουσιαστούν κατά την εισαγωγή δεδομένων. Για παράδειγμα ένα δομικό στοιχείο δεν γίνεται να έχει πάχος μεγαλύτερο από 1 m. Για την μετέπειτα επεξεργασία/αλλαγή οποιουδήποτε μεγέθους υπάρχουν στο παράθυρο των ζωνών διαχειριστές (managers) για τοίχους, παράθυρα, στρώματα, θέρμανση, ψύξη κ.α.

Για την επεξεργασία της ήδη υπάρχουσας γεωμετρίας που έχει δημιουργηθεί από την εισαγωγή του TRNSYS3d File δεν προσφέρεται η δυνατότητα από το TRNBuild. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρειάστηκε η αλλαγή της μορφής της γεωμετρίας μέσω του "geometry mode" από 3d data σε χειροκίνητο μοντέλο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία αυτόματου υπολογισμού της εξωτερικής και εσωτερικής ακτινοβολίας και πρέπει να γίνει αλλαγή επίσης του τρόπου υπολογισμού της ακτινοβολίας στο παράθυρο του project. Εκεί ορίζεται ότι ο υπολογισμός θα γίνεται από εξωτερικό μοντέλο και ορίζονται οι ακτινοβολίες μέσω του Simulation Studio.

Από το TRNBuild παράγονται αρχεία κάθε φορά που αποθηκεύεται το *.BUI αρχείο :

- *.BLD : περιέχει τις γεωμετρικές πληροφορίες του Κτηρίου εκτός της δόμησης των τοίχων.
- *.TRN : περιλαμβάνει τις συναρτήσεις μεταφοράς της ASHRAE για του τοίχους [47].

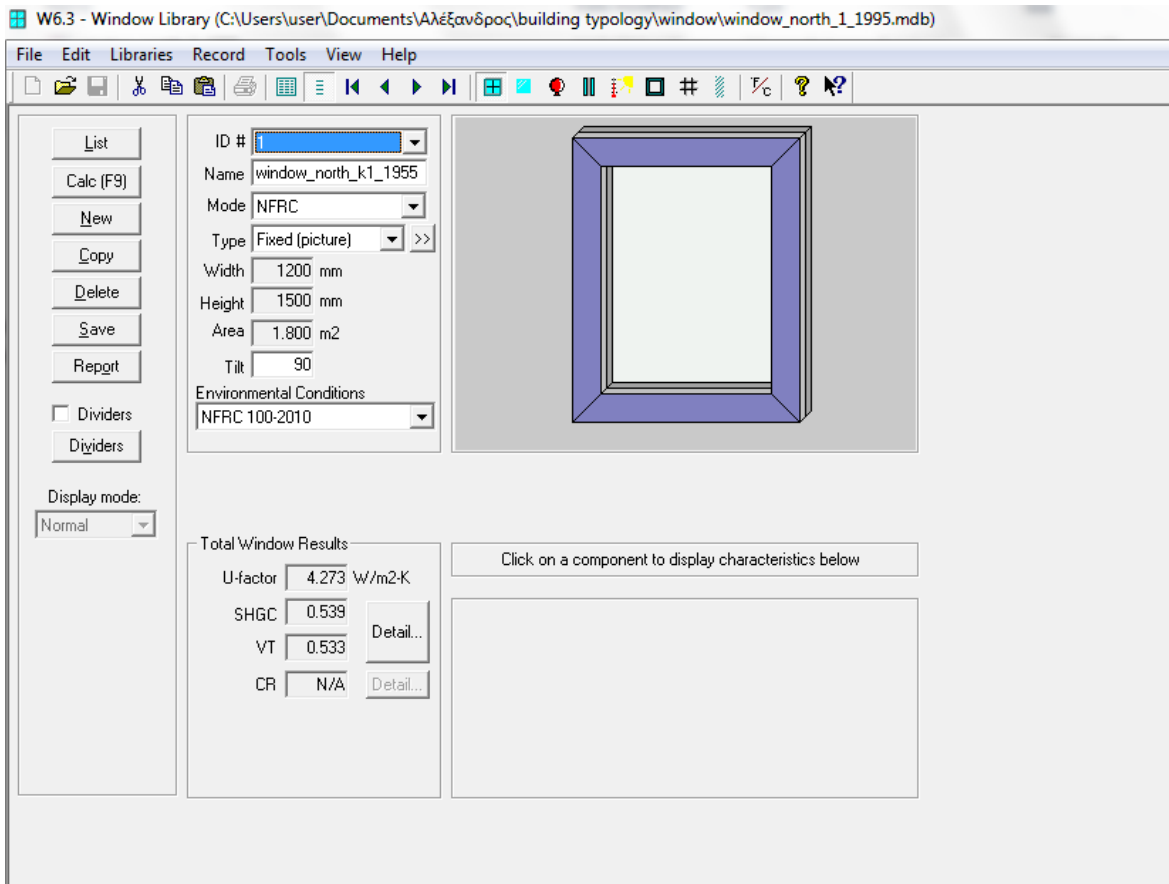
3.3.10 Δημιουργία παραθύρων

Η επιλογή παραθύρου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των ενσωματωμένων βιβλιοθηκών του TRNBuild. Για την εισαγωγή των παραθύρων που απαιτούνται για την παρούσα εργασία και για τα τυπικά κτήρια που μελετώνται σε Ελλάδα και Κύπρο, μετά από αρκετή διερεύνηση των βιβλιοθηκών δεν εντοπίστηκαν παράθυρα με τα απαιτούμενα U-Values/g-Values [20], [31].

Η δημιουργία των απαιτούμενων παραθύρων πραγματοποιήθηκε σε εξωτερικό πρόγραμμα που συνεργάζεται με το TRNBuild και το TYPE 56. Το πρόγραμμα αυτό ονομάζεται Windows 6.3 και έχει αναπτυχθεί από την ομάδα του Lawrence Berkeley National Labs. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει εξ' ολοκλήρου με βάση τις ανάγκες για κάθε παράθυρο κάθε συνιστώσας του παραθύρου (πλαίσιο, γυαλί κ.α.) και των υλικών που επιθυμεί. Προσφέρει την δυνατότητα δημιουργίας διπλού υαλοπίνακα, με προσδιορισμό της απόστασης κάθε τζαμιού, και της προέλευσης του αερίου που θα περιέχεται μεταξύ των επιφανειών.[48]

3.3.10.1 Περίπτωση τύπου παραθύρου Ελληνικού Κτηρίου

Για το συγκεκριμένο παράθυρο απαιτούνται $U = 4.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0.51$ (συντελεστής ηλιακής θερμοπερατότητας). Επίσης ορίζεται ότι είναι διπλός υαλοπίνακας (κενό 12 mm μεταξύ των υάλων) με μεταλλικό πλαίσιο. Με βάση αυτές τις απαιτήσεις δημιουργήθηκε κατάλληλο παράθυρο μέσω του προγράμματος. Αντίστοιχα έγινε και ο τύπος παραθύρου της Κύπρου με απαιτήσεις: $g = 0.9$ και πάχος πλαισίου (ξύλινο, μονός υαλοπίνακας) 40-120 mm. Εικόνα της μορφής του παραθύρου στο πρόγραμμα φαίνεται στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20 Μορφή και πληροφορίες παραθύρου για το Ελληνικό τυπικό κτήριο

Για την εισαγωγή του παραθύρου στο TRNBuild παράγεται ένα αρχείο text της μορφής DOE-2, που περιέχει την απαιτούμενη πληροφορία η οποία με κατάλληλη προσθήκη και τροποποίηση κάποιων στοιχείων σε τμήματα των αρχείων παραθύρων W4-lib.dat και prgwin.dat (αρχεία συστήματος) δίνει τελικά τη δυνατότητα για την εύρεση του επιθυμητού παραθύρου στις βιβλιοθήκες του TRNBuild. Έτσι εισάγεται τελικά στο κτήριο σαν γεωμετρία με όλες τις επιθυμητές ιδιότητες.

4 Κεφάλαιο - Αποτελέσματα Παραμετρικής Ανάλυσης

4.1 Σενάρια Ιδανικής Ψύξης/Θέρμανσης

Προκειμένου να δοθεί μια ευρύτερη εικόνα των απαιτήσεων του Κτηρίου και κατά συνέπεια να διαμορφωθεί η κατανάλωση, υπό διαφορετικές συνθήκες, εξετάζονται άλλες τρεις και άλλες δύο θερμοκρασίες για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα set points (σταθερά σημεία) που φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 22.

Πίνακας 22 Σενάρια μελέτης με βάση τα σημεία ελέγχου Ψύξης/Θέρμανσης (ιδανικής)

Σενάριο	Σημείο Ελέγχου Θέρμανσης [°C]	Σημείο Ελέγχου Ψύξης [°C]
1	19	25
2	20	25
3	21	25
4	22	25
5	20	24
6	20	26

Τα προφίλ υπολογίζονται σε ωριαία βάση. Ειδικότερα στην παρούσα έκθεση, τα στοιχεία για τις αιτήσεις για ενέργεια θέρμανσης και ψύξης και τις μέγιστες τιμές κορυφής θέρμανσης και ψύξης αναφέρονται σε κάθε σενάριο που αναλύεται, στην τυπολογία των κτηρίων και στις θερμοκρασίες των σημείων αναφοράς σε ετήσια βάση.

4.2 Σενάρια μεταβολής μόνωσης

Στο βασικά σενάρια ιδανικής ψύξης/ θέρμανσης μελετήθηκε και η μεταβολή των θερμικών/ψυκτικών φορτίων με αλλαγή της μόνωσης των επιφανειών (εξωτερικοί τοίχοι, οροφή, δάπεδο) στο σενάριο 2 όπως περιγράφεται στον Πίνακα 22. Οι μονώσεις που εξετάστηκαν (εκτός των μονώσεων των βασικών σεναρίων) είναι 3cm, 5cm και 7 cm. Για κάθε κτήριο μελετήθηκε επίσης το σενάριο να υιοθετηθεί η μόνωση τοιχοποιίας του εταίρου Κτηρίου για εποπτικούς σκοπούς. Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 23 .

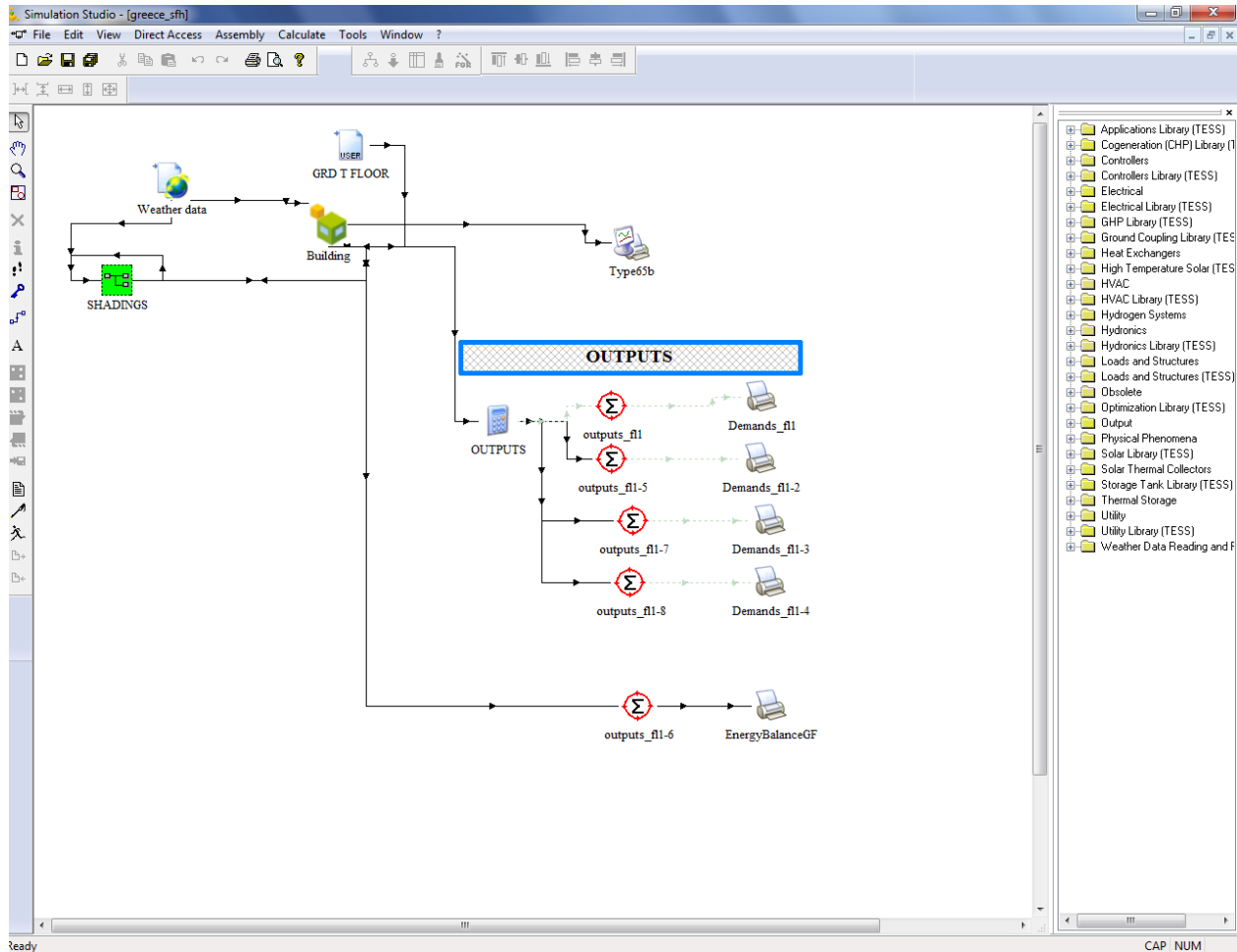
Πίνακας 23 Σενάρια διάφορων μονώσεων για την περίπτωση του Κτηρίου της Ελλάδας

Σενάριο	Σημείο Ελέγχου Θέρμανσης [20°C]	Σημείο Ελέγχου Ψύξης [25°C]
7	Τοίχος Οροφή 3cm Δάπεδο	Μόνωση
8	Τοίχος Οροφή 5cm Δάπεδο	Μόνωση
9	Τοίχος Οροφή 7cm Δάπεδο	Μόνωση

4.3 Τυπικό Κτήριο Ελλάδας

4.3.1 Περιγραφή συστήματος

Το πρώτο κτήριο που μελετήθηκε είναι για την περίπτωση της Ελλάδας (τυπική μονοκατοικία). Επειδή ήταν αδύνατον -λόγω έλλειψης αρχιτεκτονικού σχεδίου- να σχεδιαστούν εσωτερικοί τοίχοι, μια σταθερή θερμική μάζα της τάξης των 55800 kJ/K προστέθηκε στο TRNBuild. Αυτό προκύπτει από την παραδοχή που έχει γίνει από το Tabula και προσφέρεται σαν πληροφορία, ότι η εσωτερική θερμική χωρητικότητα (internal heat capacity) είναι $c = 45 \text{ Wh}/\text{m}^2\text{K}$ και πολλαπλασιασμένο με την συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια του Κτηρίου αποδίδει το ζητούμενο. Η μορφή του project στο TRANSYS Simulation Studio φαίνεται στην Εικόνα 21.



Εικόνα 21 Μορφή συστήματος ιδανικής θέρμανσης- Ψύξης για την περίπτωση του Ελληνικού Κτηρίου

4.3.1.1 Κινητά Σκίαστρα

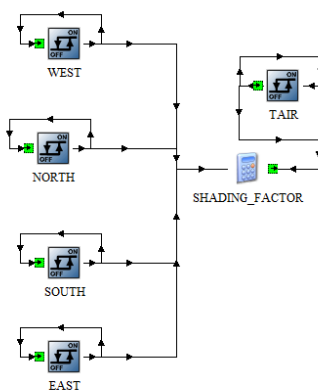
Για τον έλεγχο των κινητών σκιάστρων πραγματοποιήθηκε στο γραφικό περιβάλλον του Simulation Studio έλεγχος με το εργαλείο Insert New Equation. Το εικονίδιο με την ονομασία SHADINGS αποτελεί ένα σύνολο ελέγχων που φαίνεται ευκρινώς στην Εικόνα 22.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

- Σύνδεση των ακτινοβολιών από το Weather Data για τις επιφάνειες που περιέχουν παράθυρα (δυτικός, νότιος, βόρειος και ανατολικός προσδιορισμός) με εξίσωση $SHD_F_N = Y_ISHD * Y_GLARE_T_G_IF * IB_NORTH * SHD_F$, όπου υπολογίζει των συντελεστή σκίασης για το εύρος ανοίγματος/ κλεισίματος των κινητών σκιάστρων:

- SHD_F_N: συντελεστής σκίασης.
- Y_ISHD: 1
- Y_GLARE_T_G_IF: λογική μεταβλητή με τιμές 0 ή 1. Ελέγχεται από την θερμοκρασία δωματίου. Θερμοκρασία ανώτερη των 24 °C δίνει τιμή 0 ενώ κατώτερη 1.
- IB_NORTH: λογική μεταβλητή με τιμές 0 ή 1. Ελέγχεται από την Ακτινοβολία που δέχεται το παράθυρο του αντίστοιχου προσανατολισμού. Ακτινοβολία ανώτερη των $540 \frac{kJ}{hr m^2}$ δίνει τιμή 0 ενώ κατώτερη 1.
- SHD_F: ως μειωτικός συντελεστής λήφθηκε το 0,7
- Ένα εύρος ακτινοβολίας ορίστηκε άνω του οποίου τα σκίαστρα έκλειναν για μείωση της διερχόμενης ακτινοβολίας.
- Στη συγκεκριμένη εξίσωση ως είσοδος υπήρχε και η θερμοκρασία αέρα χώρου, η οποία λήφθηκε από το TYPE 56

Στη συνέχεια το Shading Factor επιστρέφει στο TYPE 56 σαν είσοδος. Το Shading Factor χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό της θερμικής συμπεριφοράς των παραθύρων.

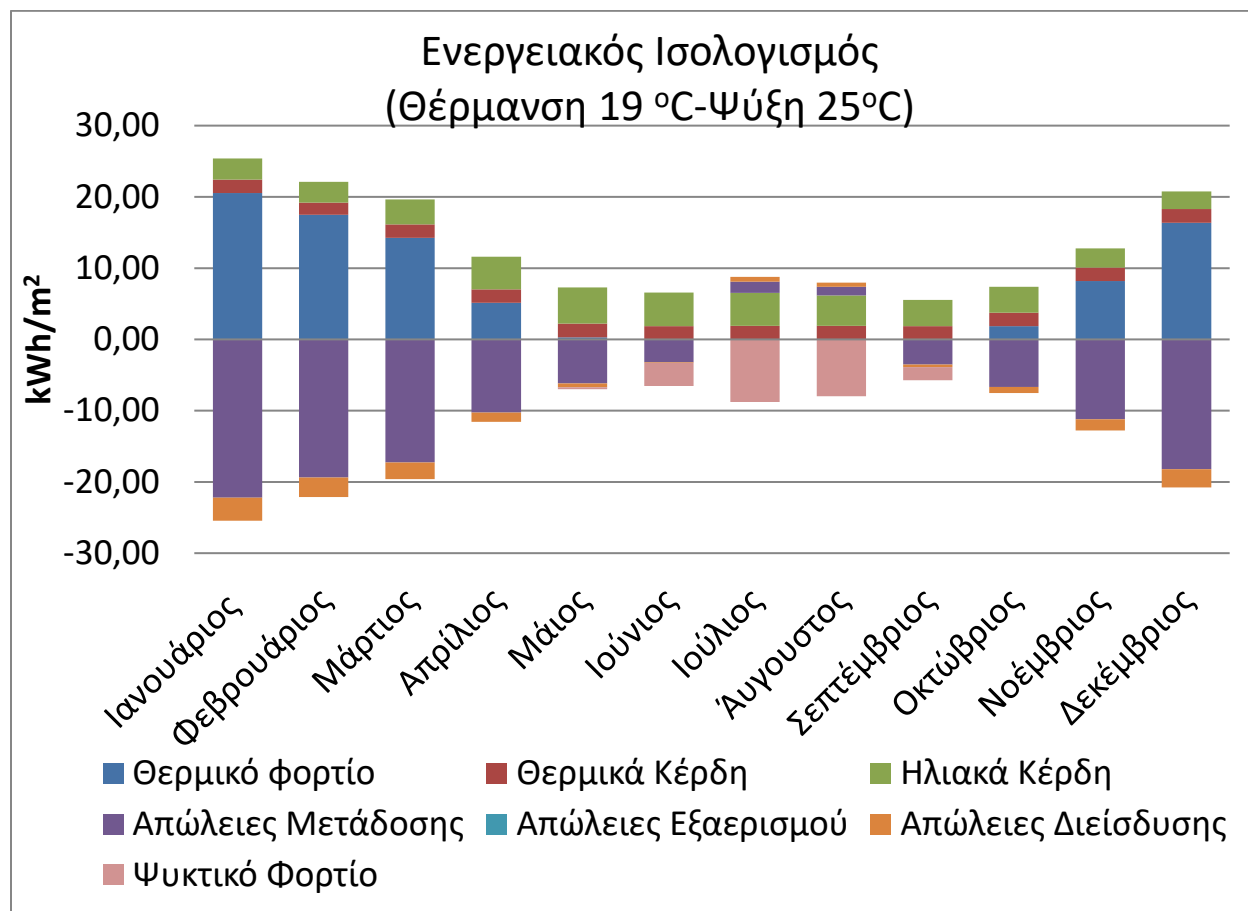


Εικόνα 22 Μορφή ελέγχου κινητών σκιάστρων

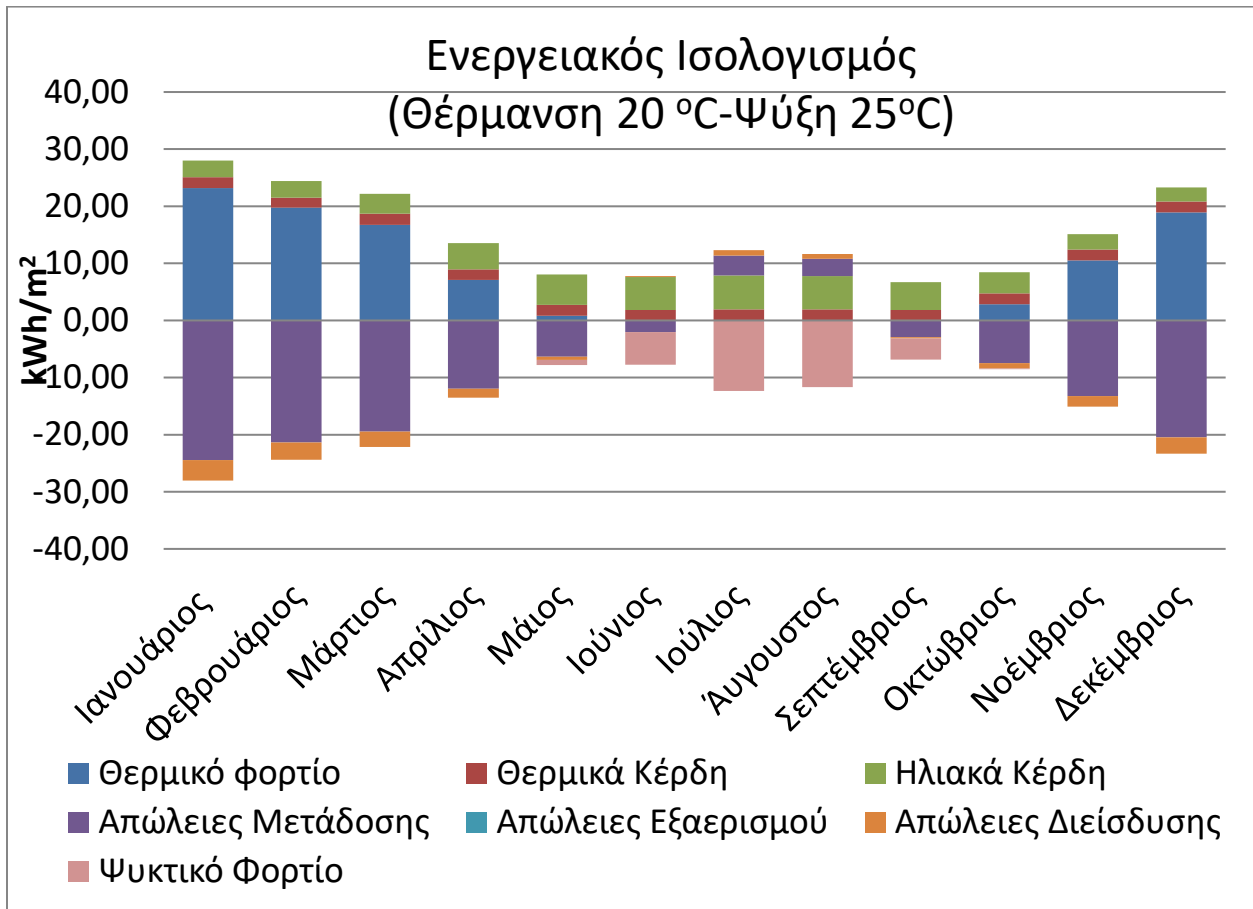
Η θερμοκρασία εδάφους (βλ. Εικόνα 21 -GRD T FLOOR) υπολογίστηκε μέσω των καιρικών δεδομένων και τη βοήθεια βιβλίου Excel που διαμορφώθηκε κατάλληλα από την οδηγία TOTEE KENAK (3^η ΕΚΔΟΣΗ) [49] ωριαία ανάλυση της θερμοκρασίας εδάφους στα -3,25 μέτρα για όλο το χρόνο με βήμα υπολογισμού ίσο με 1 ώρα. Η θερμοκρασία αυτή συνδέθηκε ως είσοδος στο TYPE 56 για την εκτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς του δαπέδου.

4.3.2 Παρουσίαση Διαγραμμάτων

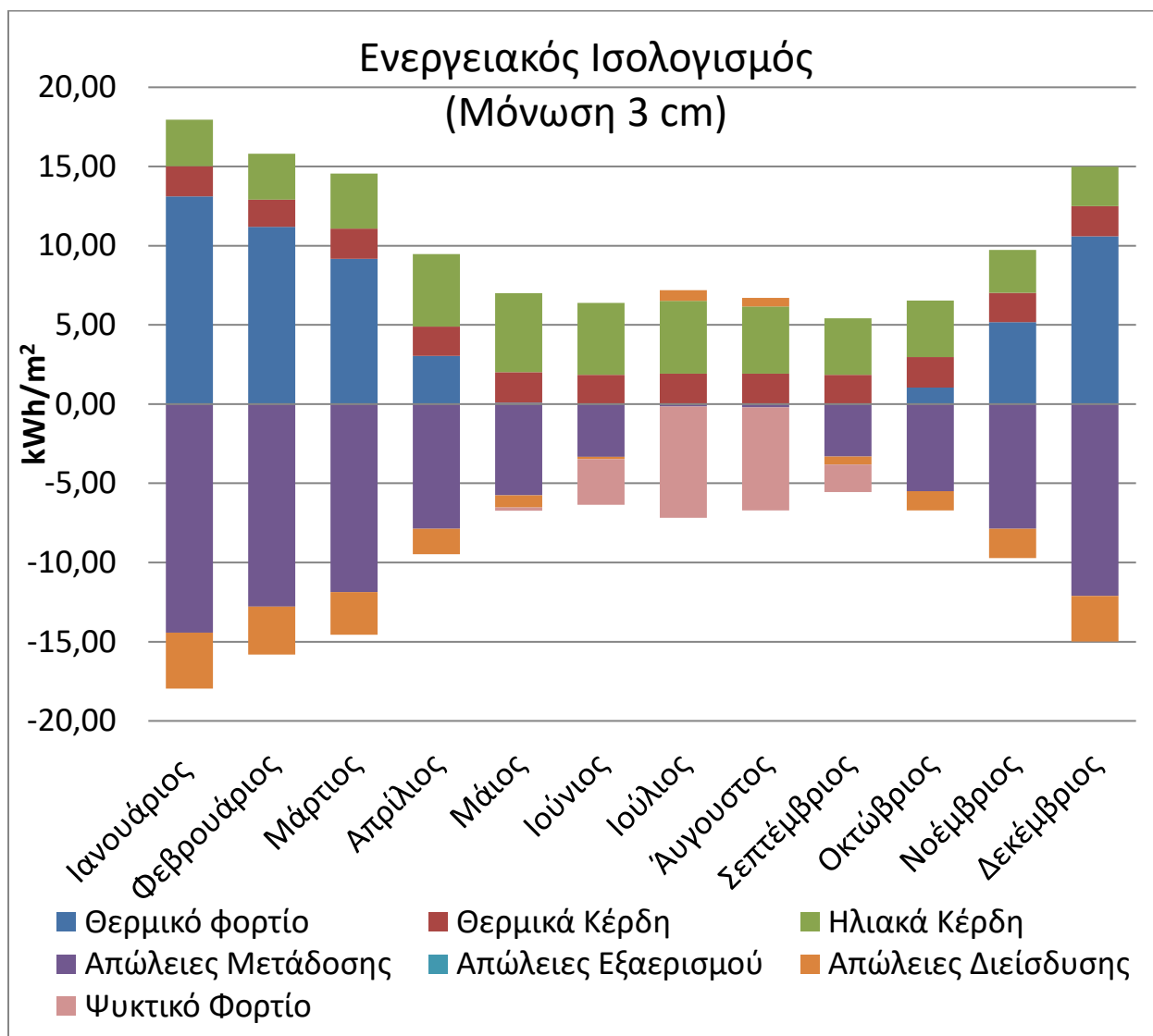
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα ενεργειακού ισολογισμού του Κτηρίου της Ελλάδας και τα setpoints που μελετήθηκαν.



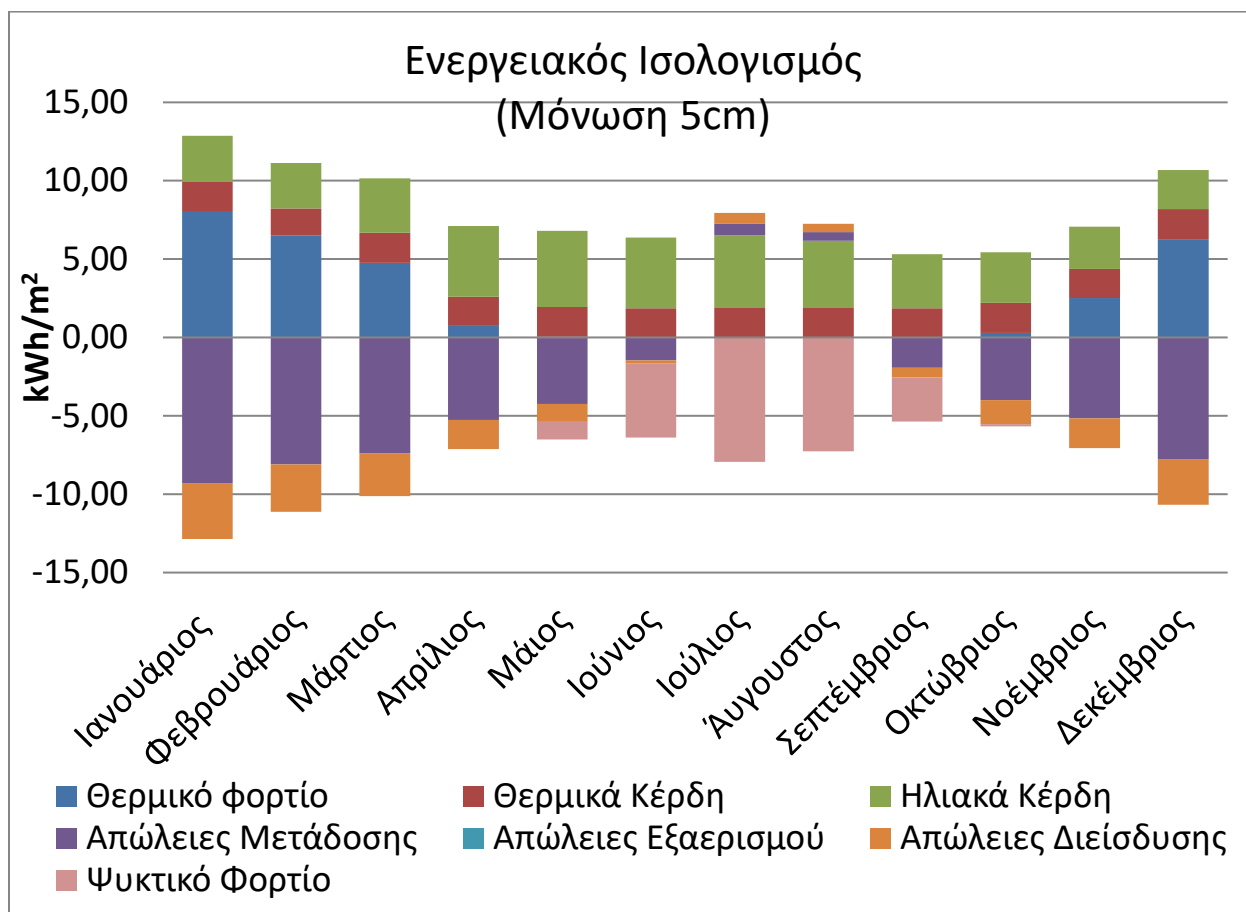
Γράφημα 15 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 1



Γράφημα 16 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 2



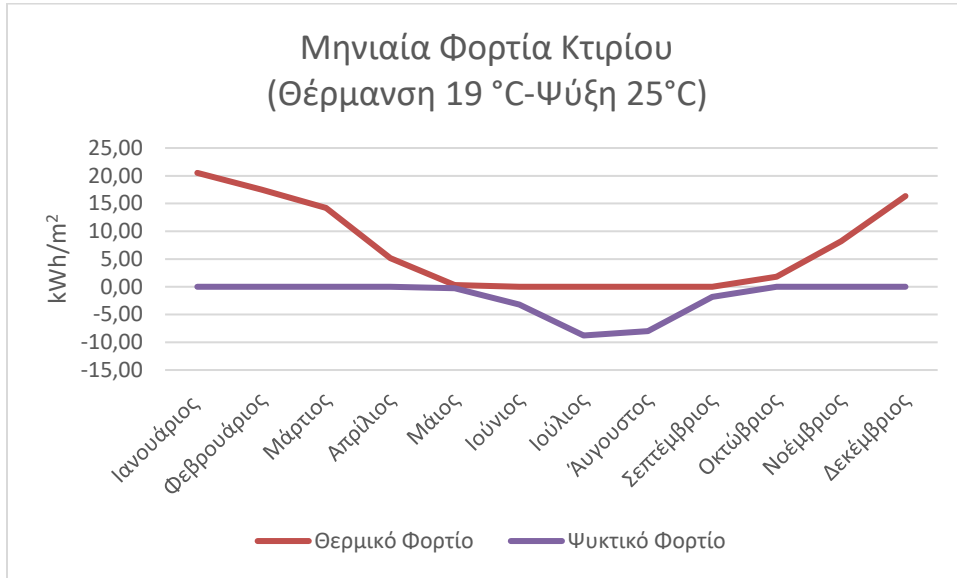
Γράφημα 17 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 7



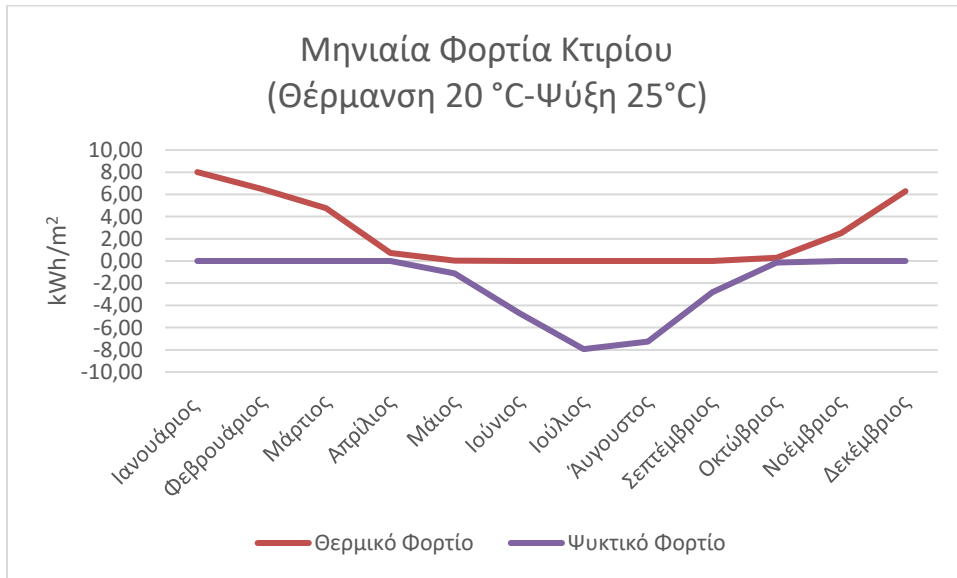
Γράφημα 18 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 8

Από τα διαγράμματα που προηγήθηκαν συμπεραίνουμε ότι η συμπεριφορά των φορτίων δείχνει να είναι ακριβής και ότι οι απώλειες καλύπτονται ακριβώς από το θερμικό φορτίο τα ηλιακά κέρδη και τα εσωτερικά κέρδη του χώρου. Επίσης παρατηρείται όπως είναι αναμενόμενο ότι τους μήνες του καλοκαιριού δεν χρειάζεται ποσό θέρμανσης για το χώρο, ενώ έχουμε μόνο ψυκτικό φορτίο που δεν συναντάται τον υπόλοιπο χρόνο.

Στα επόμενα διαγράμματα παρατηρείται η μηνιαία εξέλιξη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων για το βασικό σενάριο στα διάφορα setpoints και μονώσεις.



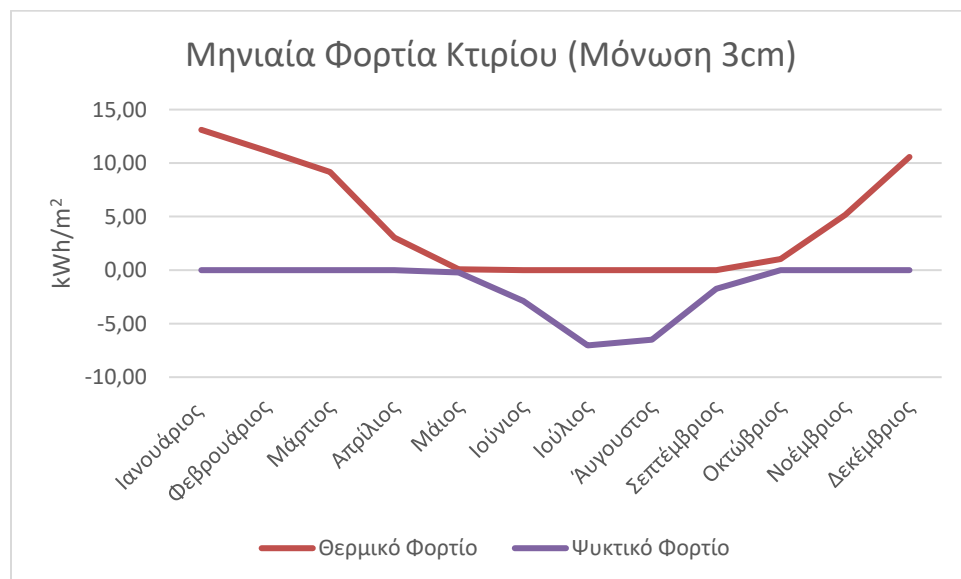
Γράφημα 19 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 1



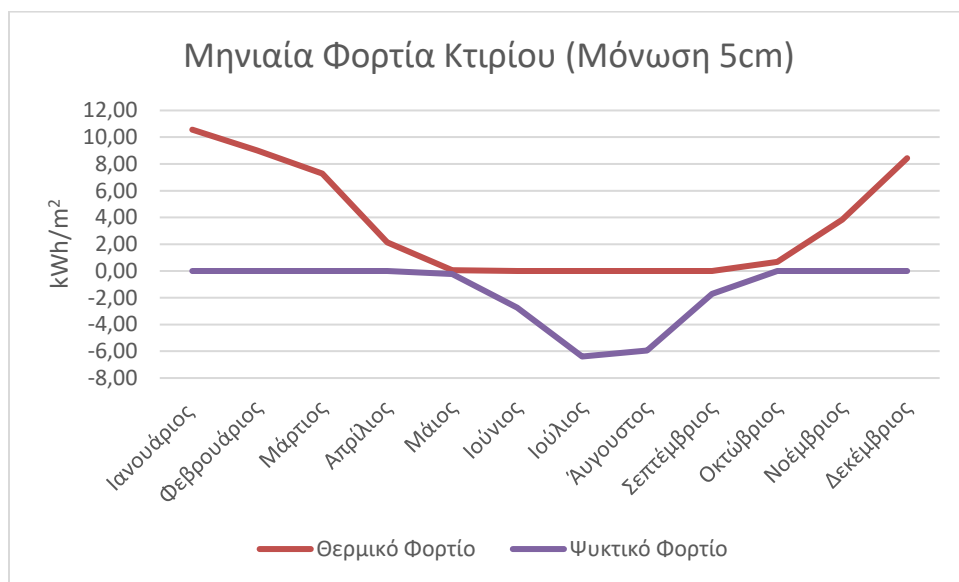
Γράφημα 20 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 2

Πίνακας 24 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 2

Μήνας	Μηνιαίο θερμικό φορτίο (kWh/m ²)	Μηνιαίο ψυκτικό φορτίο (kWh/m ²)
Ιανουάριος	10,96	0,00
Φεβρουάριος	10,55	0,00
Μάρτιος	9,36	0,00
Απρίλιος	2,81	0,00
Μάιος	0,18	0,28
Ιούνιος	0,00	4,08
Ιούλιος	0,00	10,48
Αυγустος	0,00	10,61
Σεπτέμβριος	0,00	5,42
Οκτώβριος	0,00	0,85
Νοέμβριος	0,60	0,00
Δεκέμβριος	8,65	0,00
Ετήσια	43,10	31,71



Γράφημα 21 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 7



Γράφημα 22 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 8

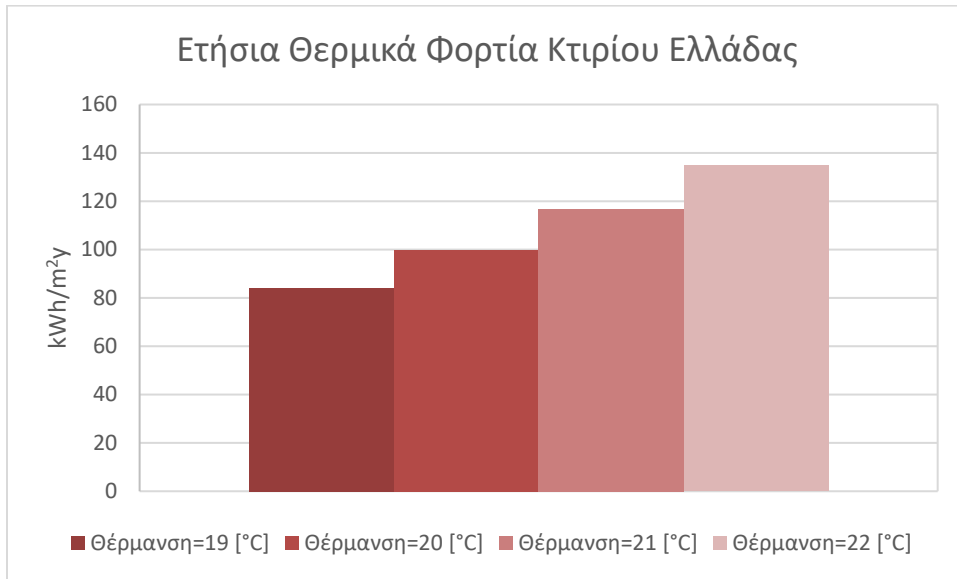
Στα διαγράμματα μηνιαίας κατανάλωσης θερμικού/ ψυκτικού φορτίου το ψυκτικό παρουσιάζεται με αρνητικές τιμές χάρη παρουσίασης μόνο και παρατηρείται ότι το ψυκτικό φορτίο υπολείπεται του θερμικού. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα μέγιστα ποσά θερμικών και ψυκτικών φορτίων μηνιαία για τα αντίστοιχα σενάρια των διαγραμμάτων.

Πίνακας 25 Μέγιστα μηνιαία φορτία Κτηρίου Ελλάδας

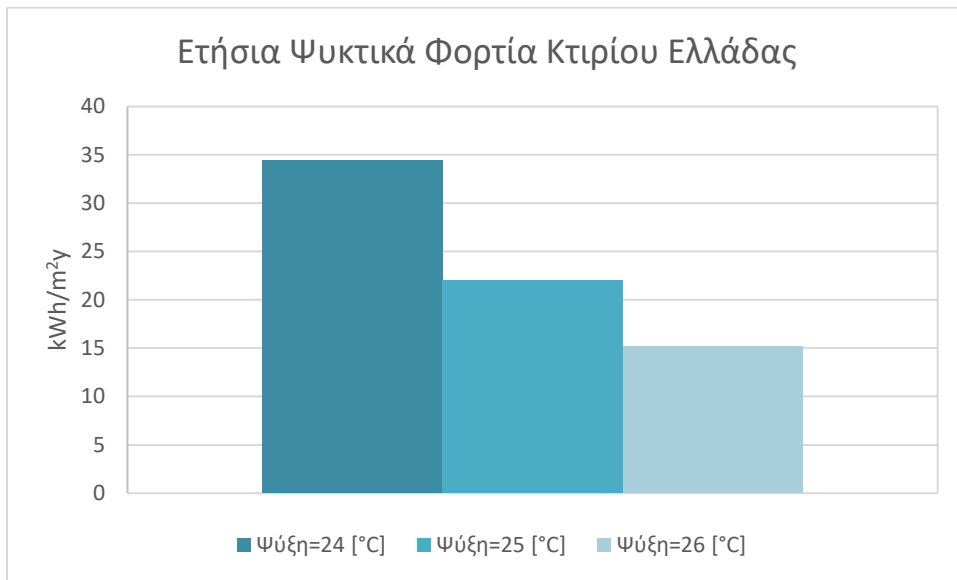
Σενάριο	Μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο (kW/m ²)	Μέγιστο μηνιαίο ψυκτικό φορτίο (kW/m ²)
1	20,52 (Ιανουάριος)	8,77 (Ιούλιος)
2	23,15 (Ιανουάριος)	8,77 (Ιούλιος)
7	13,11 (Ιανουάριος)	7,03 (Ιούλιος)
8	10,56 (Ιανουάριος)	6,39 (Ιούλιος)

Από τον πίνακα προκύπτει ότι ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος όπου απαιτείται η περισσότερη ψύξη ενώ ο Ιανουάριος είναι ο μήνας με την μεγαλύτερη κατανάλωση θερμότητας, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τα καιρικά δεδομένα της Αθήνας.

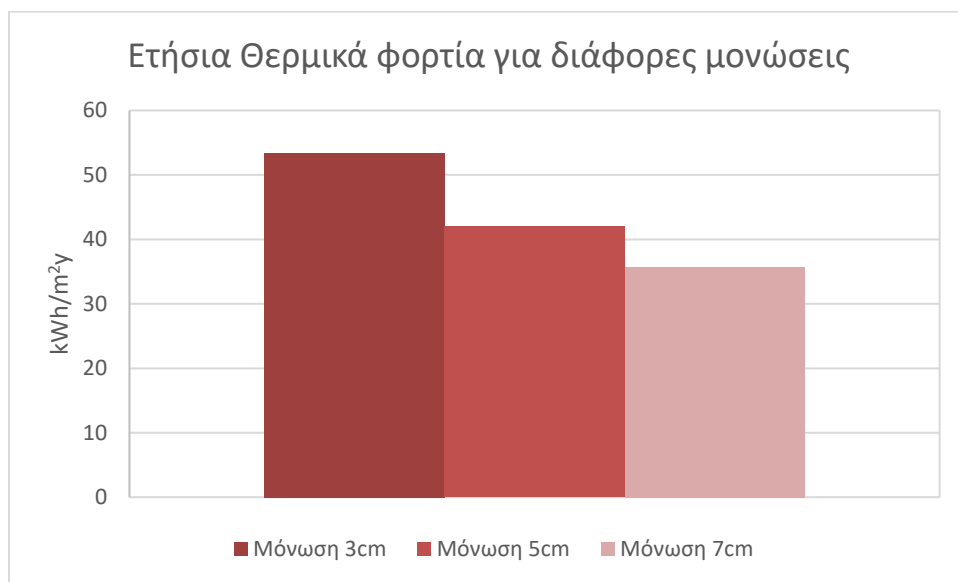
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις για τα διάφορα setpoints και μονώσεις που μελετώνται στο παρόν κτήριο της Ελλάδας.



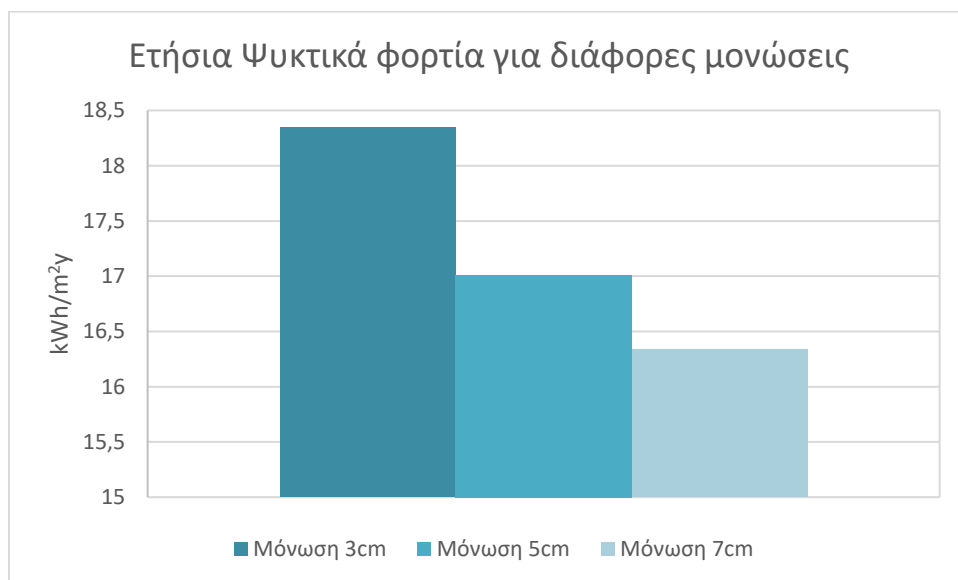
Γράφημα 23 Θερμικά φορτία Κτιρίου Ελλάδας για τα σενάρια 1-4



Γράφημα 24 Ψυκτικά φορτία Κτιρίου Ελλάδας για τα σενάρια 2,5,6



Γράφημα 25 Θερμικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-9



Γράφημα 26 Ψυκτικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-9

Για τα διαγράμματα που προηγούνται αποτυπώνεται για το θερμικό φορτίο ότι όσο αυξάνεται το σημείο ελέγχου θέρμανσης υπάρχει αύξηση του θερμικού φορτίου γιατί προστίθεται ένα εύρος θερμοκρασιών που απαιτείται θέρμανση. Το αντίστροφο συμβαίνει για το ψυκτικό φορτίο για τον ίδιο λόγο. Ενδεικτικά ποσοστά μεταξύ σεναρίων είναι για παράδειγμα η αύξηση του θερμικού φορτίου από το σενάριο 1-2 σε ποσοστό 15,7% ενώ στην ακραία περίπτωση της μετάβασης από το σενάριο 1 σε 4 αύξηση 37,6%. Για το ψυκτικό φορτίο αντίστοιχα παρατηρούμε μείωση (από το σενάριο 5 στο 6) 36% ενώ από το σενάριο 5 στο 7, μείωση 56% όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Για τις περιπτώσεις των μονώσεων παρατηρείται μείωση και των δύο τύπων φορτίων ως εξής :

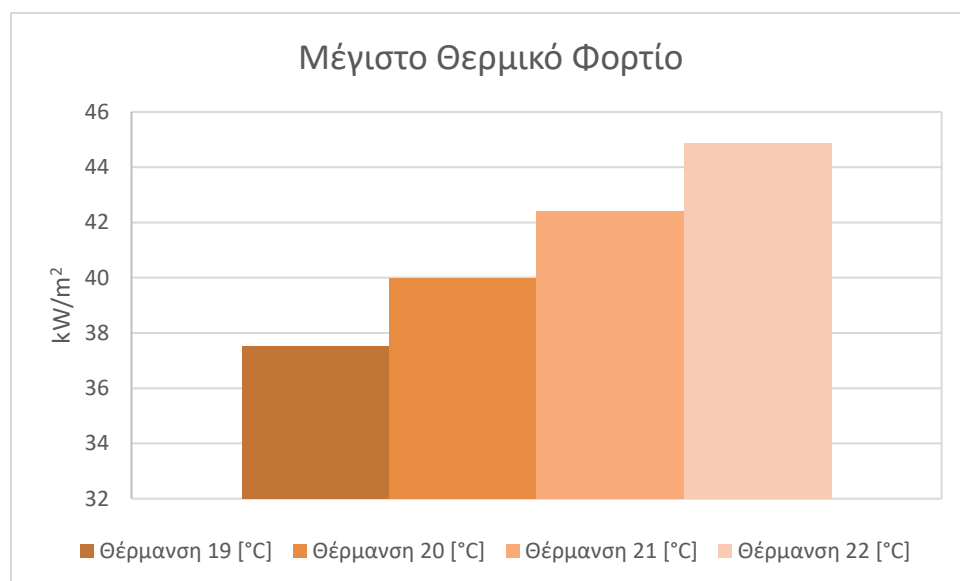
Πίνακας 26 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή σημείου θέρμανσης

Σενάρια	Ποσοστιαία αύξηση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
1->2	15,7	35,9
1->4	37,6	55,9

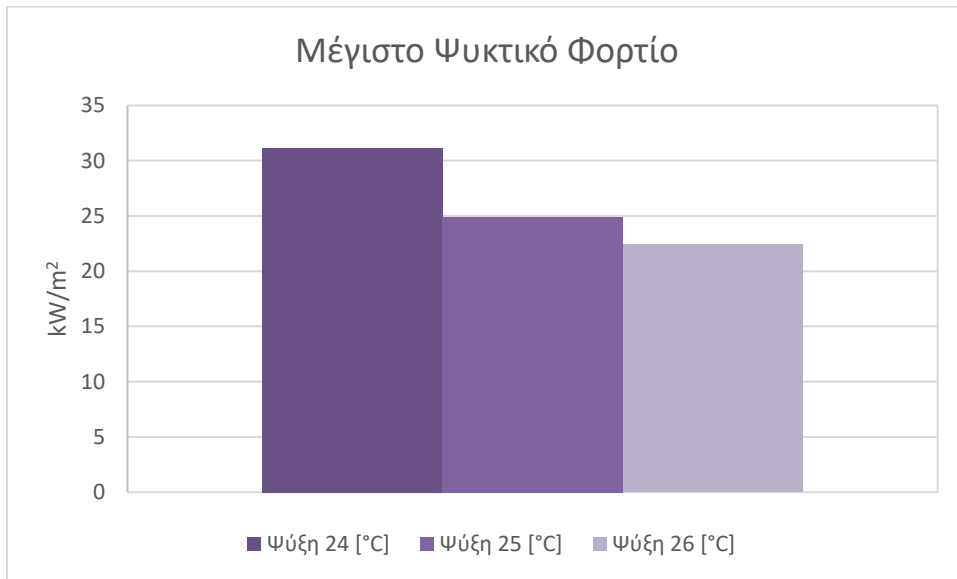
Πίνακας 27 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή μόνωσης

Σενάρια	Ποσοστιαία μείωση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
7->8	21,3	7,3
7->9	33,1	10,95

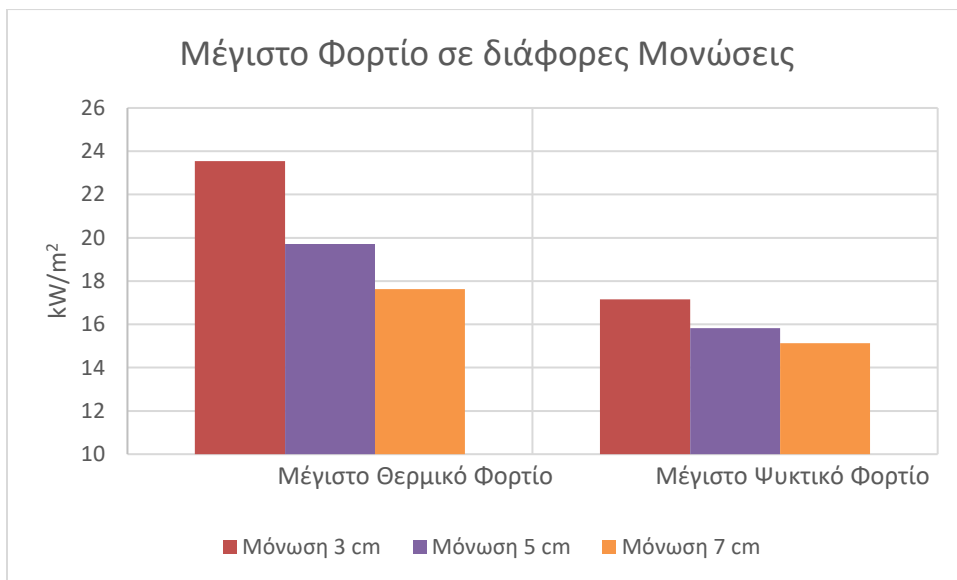
Στα επόμενα διαγράμματα αποτυπώνεται το μέγιστο θερμικό και ψυκτικό φορτίο που απαιτήθηκε για τη διάρκεια προσομοίωσης ενός έτους για το κτήριο της Ελλάδας στα αντίστοιχα setpoint και μονώσεις που μελετήθηκαν.



Γράφημα 27 Μέγιστο Θερμικό φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 1-4



Γράφημα 28 Μέγιστο φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 2,5,6



Γράφημα 29 Σύγκριση μέγιστων φορτίων για τις μελετώμενες μονώσεις.

Από το Γράφημα 28, Γράφημα 29 παρατηρείται μείωση του μέγιστου φορτίου θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα, όπως αναμενόταν και από τις ετήσιες καταναλώσεις, ενώ από το Γράφημα 29 τα φορτία για αύξηση μόνωσης μειώνονται αμφότερα.

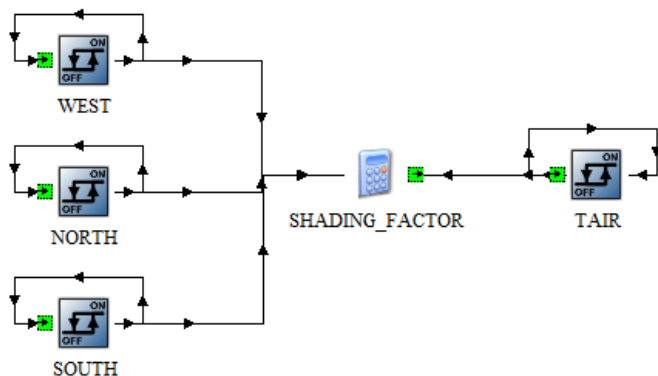
4.4 Τυπικό κτήριο Κύπρου

Για το παρόν κτήριο δεν χρειάστηκε να προστεθεί θερμική μάζα, λόγω της δυνατότητας σχεδιασμού των εσωτερικών τοίχων (Google SketchUp) από το αρχιτεκτονικό σχέδιο που αξιοποιήθηκε από τα δεδομένα του HYBUILD. Το κτήριο μοντελοποιήθηκε με βάση την περίπτωση του Ελληνικού και σχηματικά φαίνεται στην Εικόνα 21.

4.4.1 Περιγραφή Συστήματος

4.4.1.1 Κινητά σκίαστρα

Για τον έλεγχο των σκιάστρων πραγματοποιήθηκε στο γραφικό περιβάλλον του Simulation Studio έλεγχος με το εργαλείο Insert New Equation με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως έγινε και στη περίπτωση της Ελλάδας. Η μόνη διαφορά είναι στον βόρειο προσανατολισμό δεν έγινε κάποιος έλεγχος για την ακτινοβολία επειδή δεν περιέχεται σε αυτή την επιφάνεια παράθυρο. Έτσι έγινε έλεγχος στις νότιες, ανατολικές και δυτικές επιφάνειες όπως δείχνει η Εικόνα 23. Στη συνέχεια το Shading Factor επιστρέφει στο TYPE 56 σαν είσοδος. Το Shading Factor χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό της θερμικής συμπεριφοράς των παραθύρων.



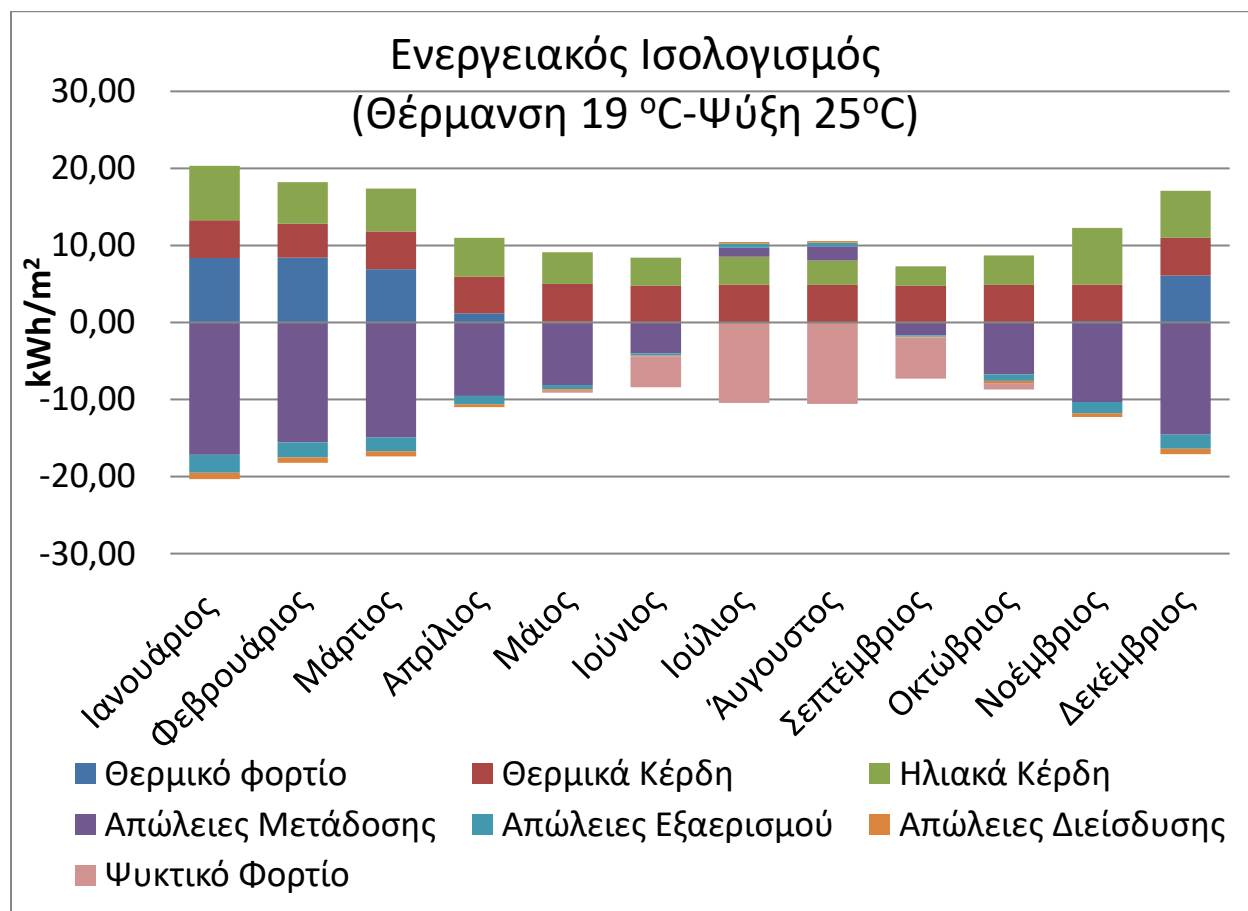
Εικόνα 23 Μορφή ελέγχου κινητών σκιάστρων Κτηρίου Κύπρου

Στο βασικό σενάριο ψύξης/ θέρμανσης (θέρμανση= 20°C και ψύξη= 25°C) μελετήθηκε και η μεταβολή των θερμικών/ψυκτικών φορτίων με αλλαγή της μόνωσης των επιφανειών (εξωτερικοί τοίχοι, οροφή, δάπεδο). Οι μονώσεις που εξετάστηκαν(εκτός των μονώσεων των βασικών σεναρίων) είναι 3cm, 5cm και 7 cm. Τα σενάρια μελέτης είναι όμοια με της περίπτωσης του ελληνικού Κτηρίου και περιγράφονται στον Πίνακα 22 και Πίνακα 23.

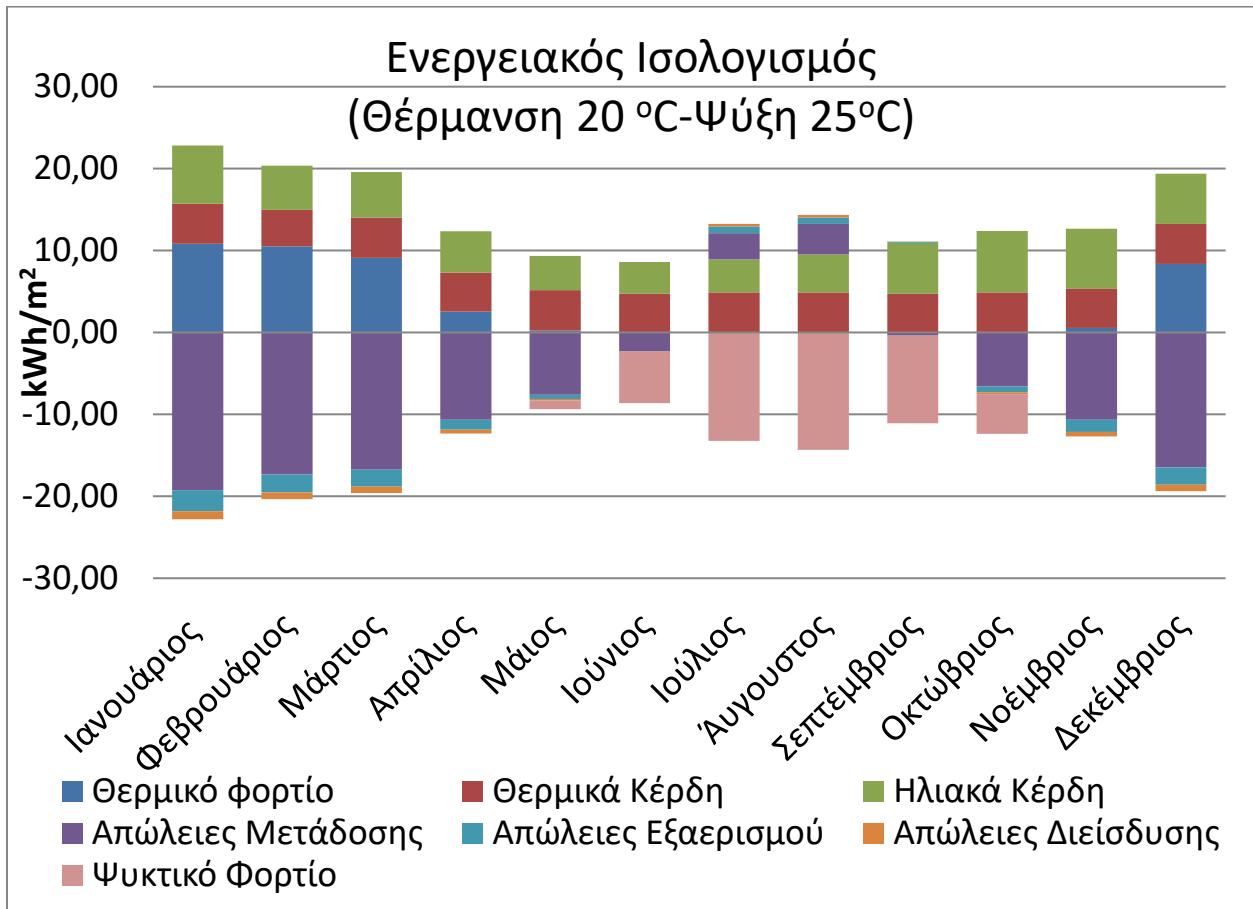
Η θερμοκρασία εδάφους (βλ. Εικόνα 21 GRD T FLOOR) υπολογίστηκε μέσω των καιρικών δεδομένων και τη βοήθεια βιβλίου Excel που διαμορφώθηκε κατάλληλα από την οδηγία ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ (3^η ΕΚΔΟΣΗ) [49] ωριαία ανάλυση της θερμοκρασίας εδάφους στα -0,25 μέτρα για όλο το χρόνο με βήμα υπολογισμού ίσο με 1 ώρα. Η θερμοκρασία αυτή συνδέθηκε ως είσοδος στο TYPE 56 για την εκτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς του δαπέδου.

4.4.2 Παρουσίαση Διαγραμμάτων

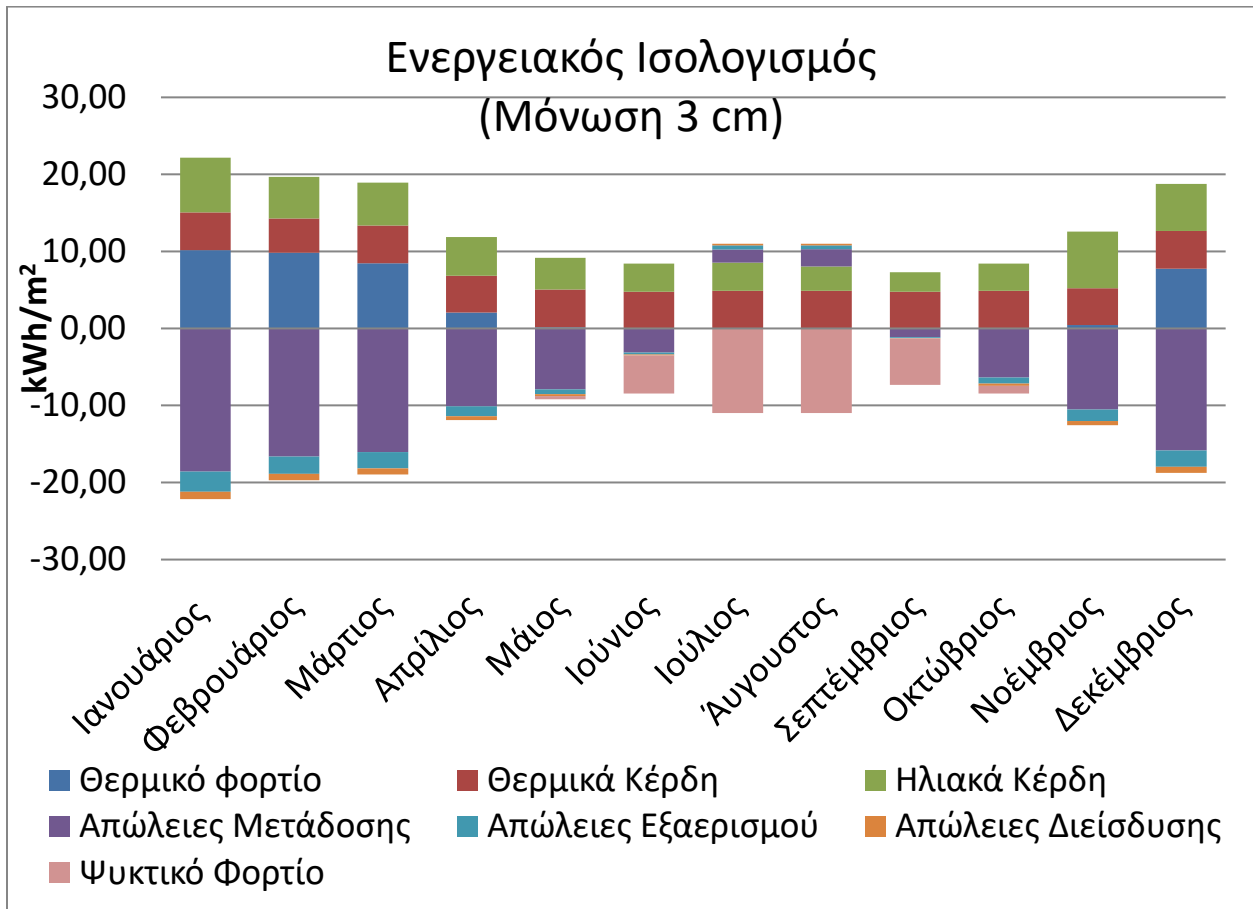
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα ενεργειακής ισορροπίας για το βασικό σενάριο και τα setpoints που χρησιμοποιήθηκαν.



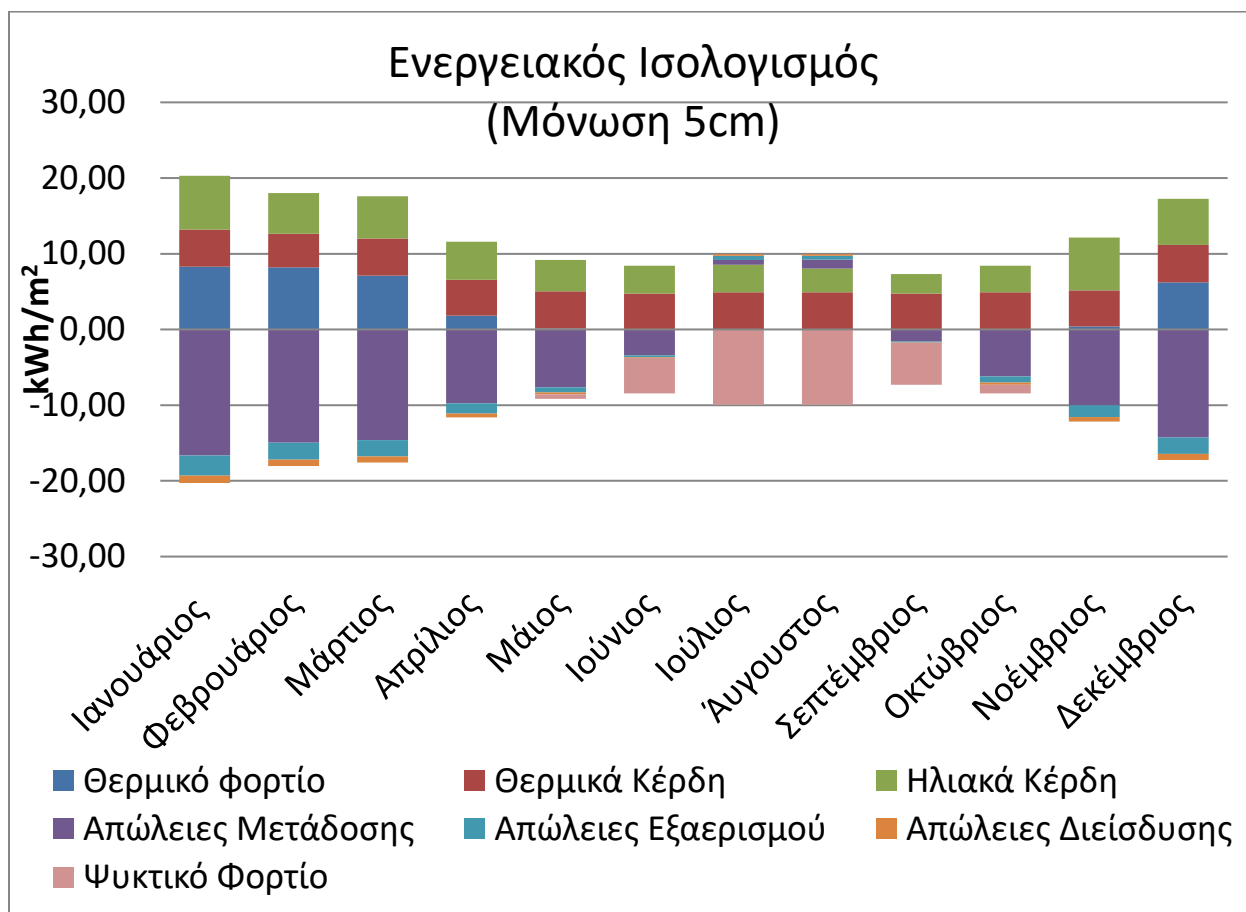
Γράφημα 30 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 1



Γράφημα 31 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 2



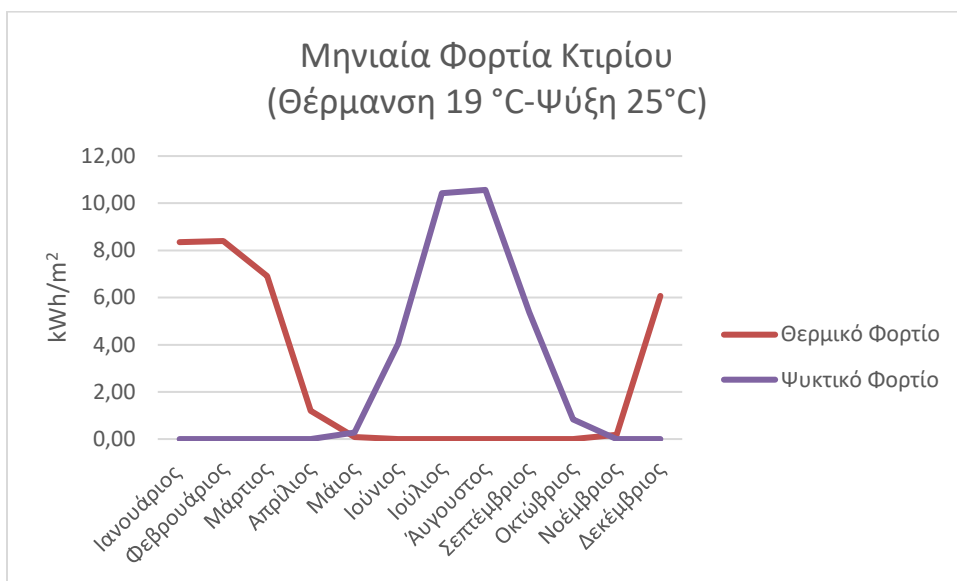
Γράφημα 32 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 7



Γράφημα 33 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για το σενάριο 8

Από τα διαγράμματα που προηγήθηκαν συμπεραίνουμε ότι η συμπεριφορά των φορτίων δείχνει να είναι ακριβής και ότι οι απώλειες καλύπτονται ακριβώς από το θερμικό φορτίο τα ηλιακά κέρδη και τα εσωτερικά κέρδη του χώρου. Επίσης παρατηρείται όπως είναι αναμενόμενο ότι τους μήνες του καλοκαιριού δεν χρειάζεται ποσό θέρμανσης για το χώρο, ενώ έχουμε μόνο ψυκτικό φορτίο που δεν συναντάται τον υπόλοιπο χρόνο.

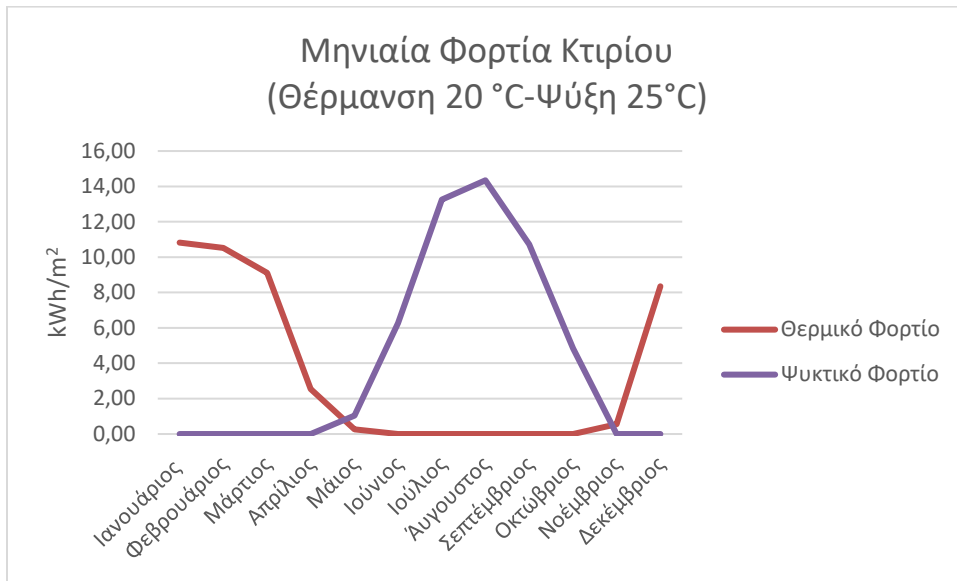
Στα επόμενα διαγράμματα παρατηρείται η μηνιαία εξέλιξη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων για το βασικό σενάριο στα διάφορα setpoints και μονώσεις.



Γράφημα 34 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 1

Πίνακας 28 Μηνιαία φορτία Κτηρίου Κύπρου για το σενάριο 2

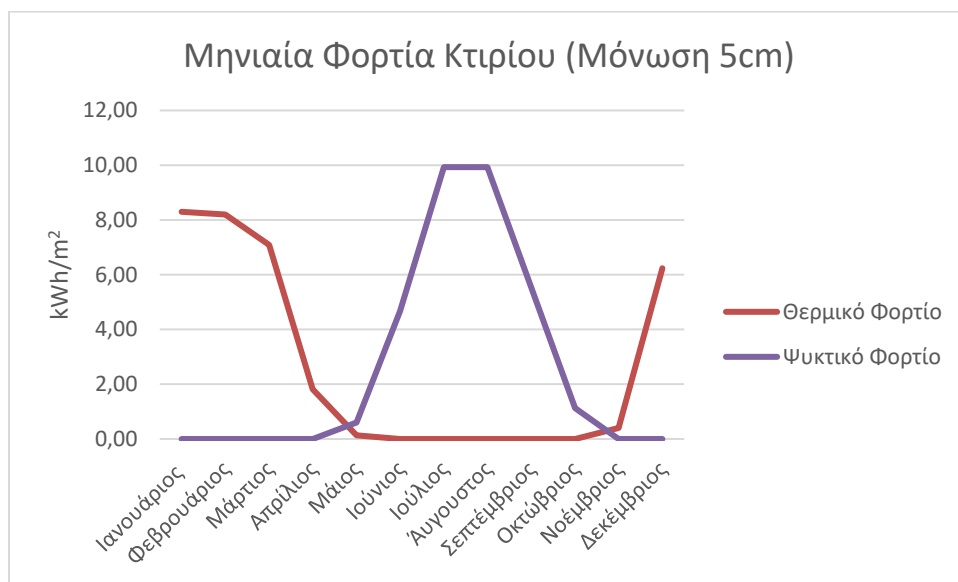
Μήνας	Μηνιαίο θερμικό φορτίο (kWh/m ²)	Μηνιαίο ψυκτικό φορτίο (kWh/m ²)
Ιανουάριος	10,82	0,00
Φεβρουάριος	10,52	0,00
Μάρτιος	9,10	0,00
Απρίλιος	2,54	0,00
Μάιος	0,26	0,28
Ιούνιος	0,00	4,04
Ιούλιος	0,00	10,43
Άγουστος	0,00	10,57
Σεπτέμβριος	0,00	5,38
Οκτώβριος	0,00	0,83
Νοέμβριος	0,57	0,00
Δεκέμβριος	8,35	0,00
Ετήσια	42,17	31,53



Γράφημα 35 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 2



Γράφημα 36 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 7



Γράφημα 37 Μηνιαία θερμική και ψυκτική ζήτηση για το σενάριο 8

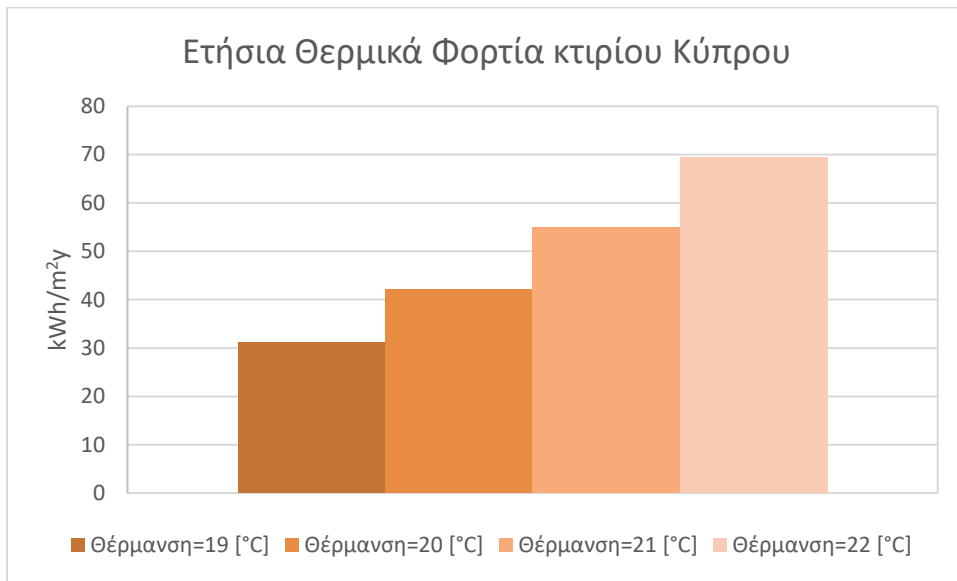
Στα διαγράμματα μηνιαίας κατανάλωσης θερμικού/ ψυκτικού φορτίου παρατηρείται ότι το θερμικό φορτίο είναι περίπου ίσο το ψυκτικό. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα μέγιστα ποσά θερμικών και ψυκτικών φορτίων μηνιαία για τα αντίστοιχα σενάρια των διαγραμμάτων.

Πίνακας 29 Μέγιστα μηνιαία φορτία Κτηρίου Κύπρου

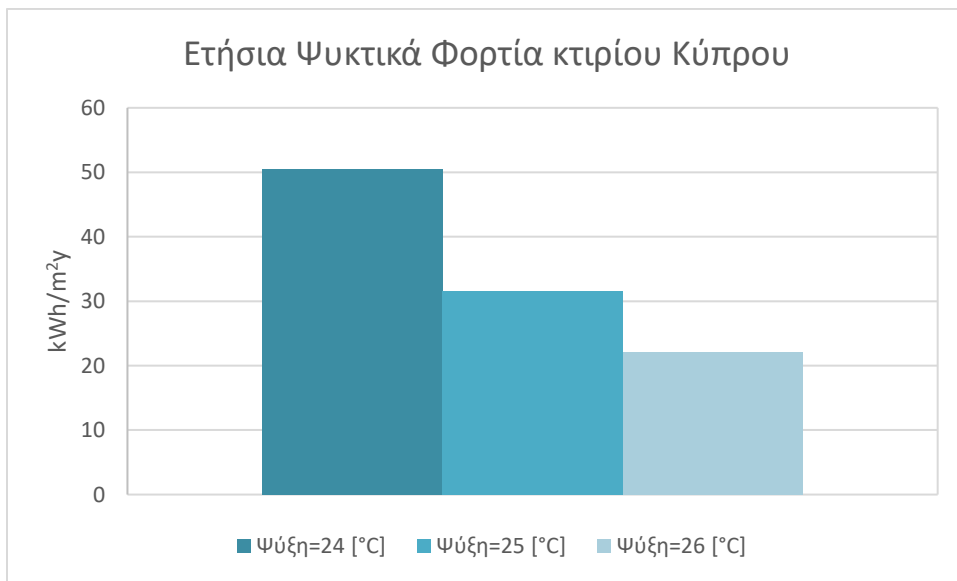
Σενάριο	Μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο (kW/m ²)	Μέγιστο μηνιαίο ψυκτικό φορτίο (kW/m ²)
1	8,39 (Φεβρουάριος)	10,56 (Αύγουστος)
2	10,82 (Ιανουάριος)	10,56 (Αύγουστος)
7	10,17 (Ιανουάριος)	10,98 (Αύγουστος)
8	8,29 (Ιανουάριος)	9,93 (Ιούλιος)

Από τον πίνακα προκύπτει ότι ο θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος όπου απαιτείται η περισσότερη ψύξη ,ενώ ο Ιανουάριος είναι ο μήνας με την μεγαλύτερη κατανάλωση θερμότητας, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τα καιρικά δεδομένα της Αθήνας.

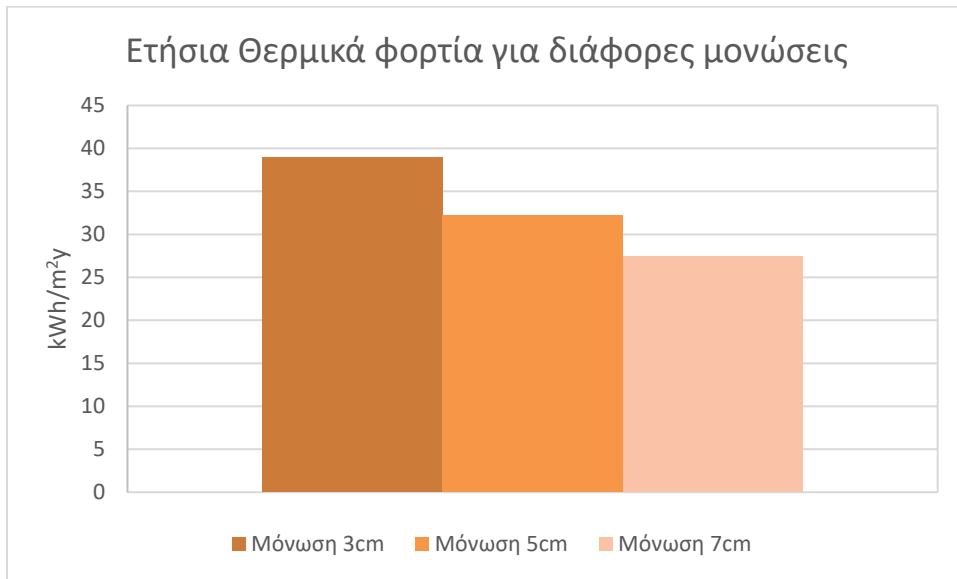
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις για τα διάφορα setpoints και μονώσεις που μελετώνται στην παρόν κτήριο της Κύπρου.



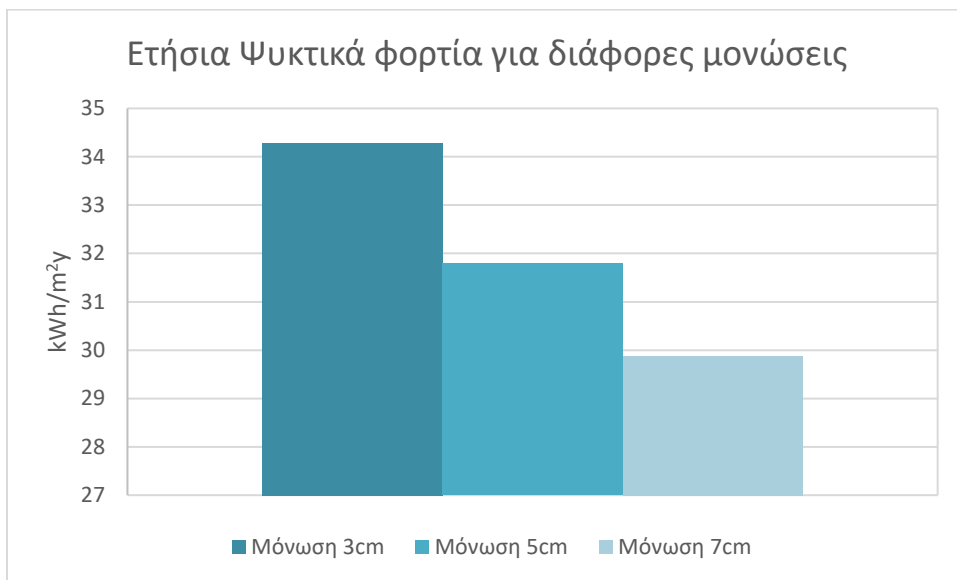
Γράφημα 38 Θερμικά φορτία Κτηρίου Κύπρου για τα σενάρια 1-4



Γράφημα 39 Ψυκτικά φορτία Κτηρίου Κύπρου για τα σενάρια 2,5,6



Γράφημα 40 Θερμικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-19 και 11



Γράφημα 41 Ψυκτικά Φορτία για τα σενάρια μονώσεων 6-9 και 11

Για τα διαγράμματα που προηγούνται αποτυπώνεται για το θερμικό φορτίο ότι όσο αυξάνεται το σημείο ελέγχου θέρμανσης υπάρχει αύξηση του θερμικού φορτίου γιατί προστίθεται ένα εύρος θερμοκρασιών που απαιτείται θέρμανση. Το αντίστροφο συμβαίνει για το ψυκτικό φορτίο για τον ίδιο λόγο. Ενδεικτικά ποσοστά μεταξύ σεναρίων είναι για παράδειγμα η αύξηση του θερμικού φορτίου από το σενάριο 1-2 σε ποσοστό 25,9% ενώ στην ακραία περίπτωση της μετάβασης από το σενάριο 1 σε 4 αύξηση 55,1%. Για το ψυκτικό φορτίο αντίστοιχα παρατηρούμε μείωση (από το σενάριο 5 στο 6) 37,5% ενώ από το σενάριο 5 στο 7, μείωση 56,3% όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 30 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή σημείου θέρμανσης

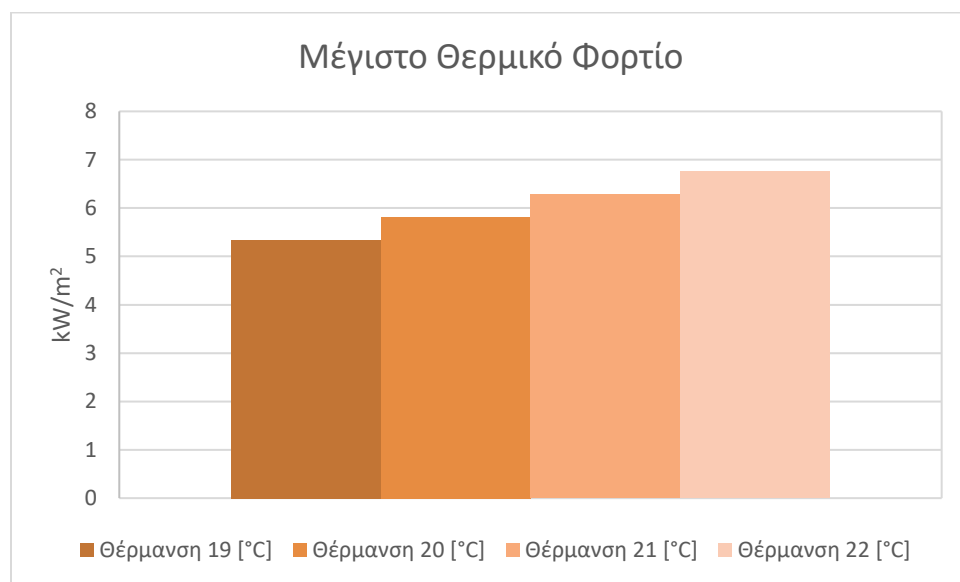
Σενάρια	Ποσοστιαία αύξηση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
1->2	26	37,5
1->4	55,1	56,3

Για τις περιπτώσεις των μονώσεων παρατηρείται μείωση και των δύο τύπων φορτίων ως εξής :

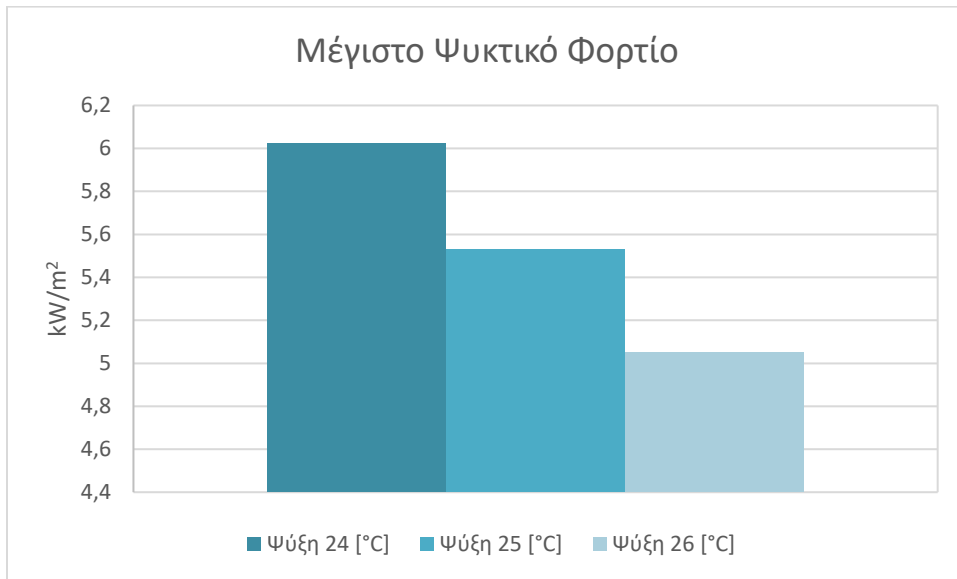
Πίνακας 31 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων με αλλαγή μόνωσης

Σενάρια	Ποσοστιαία μείωση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
7->8	17,3	7,3
7->9	29,6	12,9

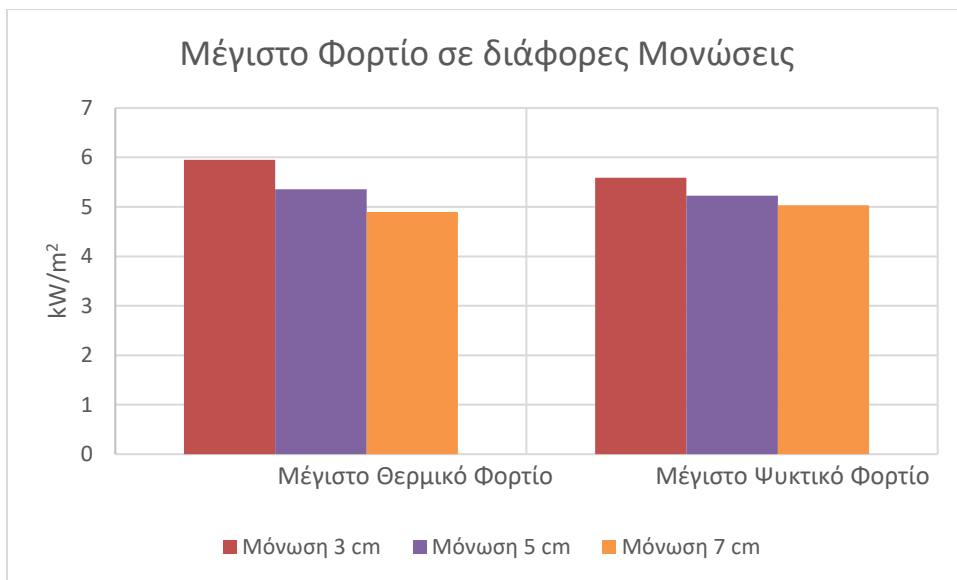
Στα επόμενα διαγράμματα αποτυπώνεται το μέγιστο θερμικό και ψυκτικό φορτίο που απαιτήθηκε για τη διάρκεια προσομοίωσης ενός έτους για το κτήριο της Κύπρου στα αντίστοιχα setpoint και μονώσεις που μελετήθηκαν.



Γράφημα 42 Μέγιστο Θερμικό φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 1-4



Γράφημα 43 Μέγιστο φορτίο ζήτησης για τα σενάρια 2,5,6

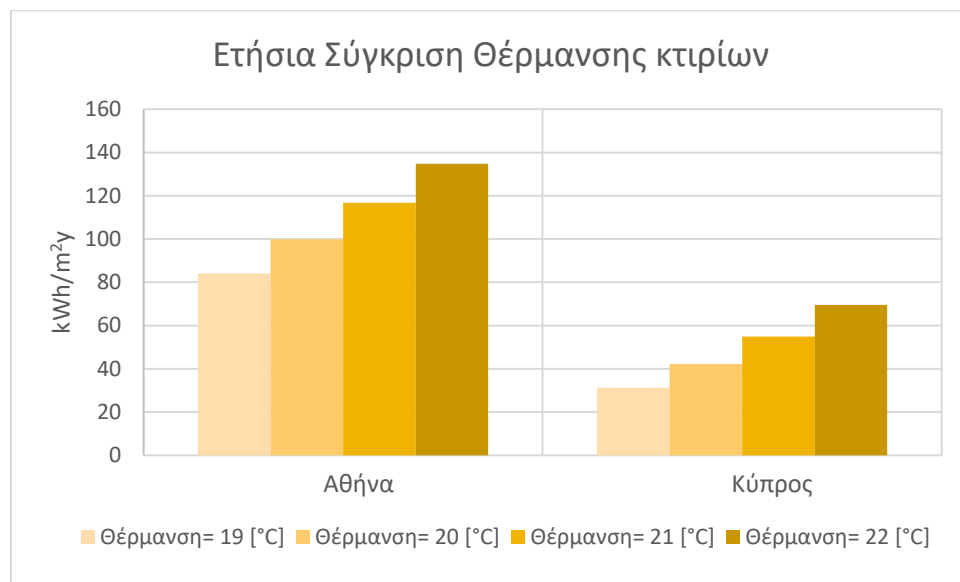


Γράφημα 44 Σύγκριση μέγιστων φορτίων για τις μελετώμενες μονώσεις.

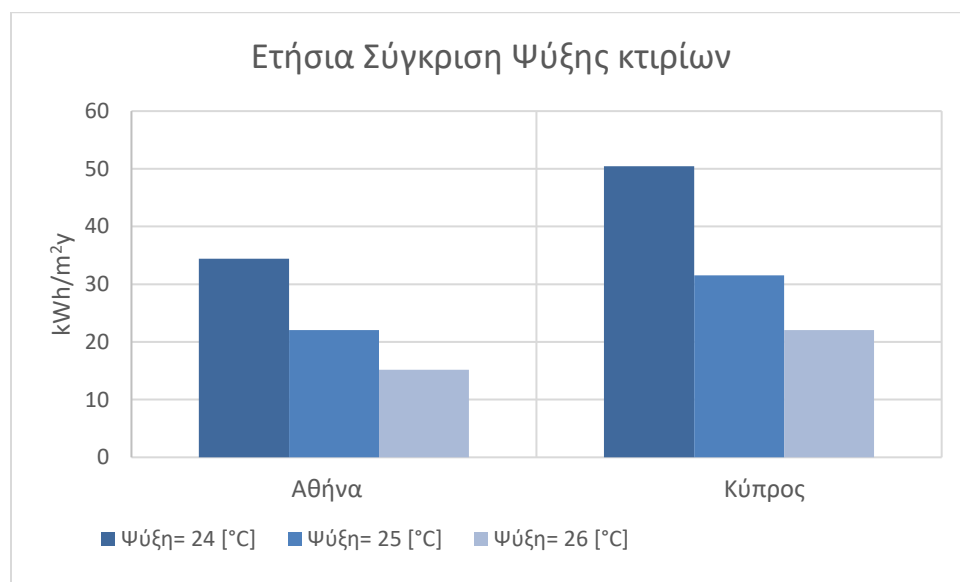
Από το Γράφημα 42, Γράφημα 43 παρατηρείται μείωση του μέγιστου φορτίου θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα, όπως αναμενόταν και από τις ετήσιες καταναλώσεις, ενώ από το Γράφημα 44 τα φορτία για αύξηση μόνωσης μειώνονται αμφότερα.

4.5 Σύγκριση Βασικών Σεναρίων για Ελλάδα και Κύπρο

Για καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων για τα θερμικά φορτία ετησίως, τα μέγιστα φορτία και τις μηνιαίες καταναλώσεις προσφέρονται τα παρακάτω διαγράμματα. Τα διαγράμματα συγκρίνουν ποσά και για τα δύο κτήρια στα setpoint που περιγράφονται στον Πίνακα 22

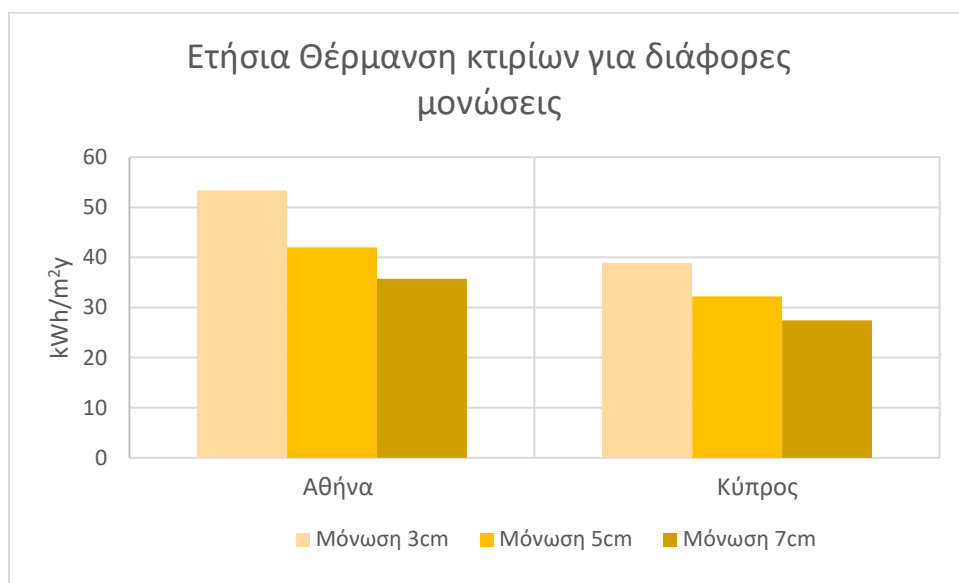


Γράφημα 45 Σύγκριση θερμικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 1-4

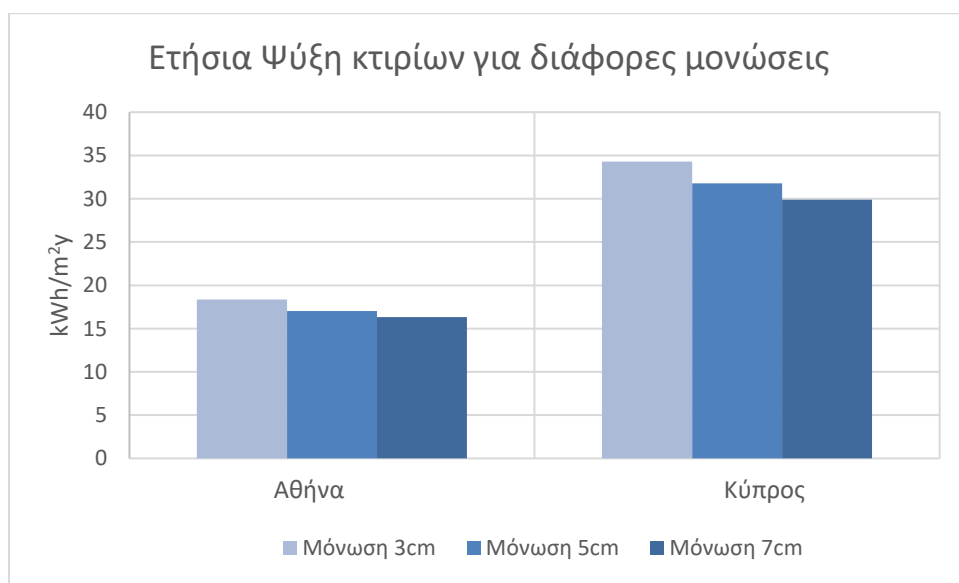


Γράφημα 46 Σύγκριση ψυκτικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 2,5,6

Από την ετήσια σύγκριση των 2 κτηρίων παρατηρείται μια σχεδόν γραμμική συμπεριφορά στη μετάβαση από το ένα σενάριο στο επόμενο, φθίνουσα για το ψυκτικό και αύξουσα για το θερμικό και για τα δύο κτήρια για τα διάφορα σημεία ελέγχου θερμοκρασίας. Για παράδειγμα σε θέρμανση 20 °C το θερμικό φορτίο του ελληνικού Κτηρίου είναι 62% μεγαλύτερο του κυπριακού ενώ το ψυκτικό διαφέρει σε ποσοστό 68% υπέρ του κυπριακού λόγω καιρικών δεδομένων.

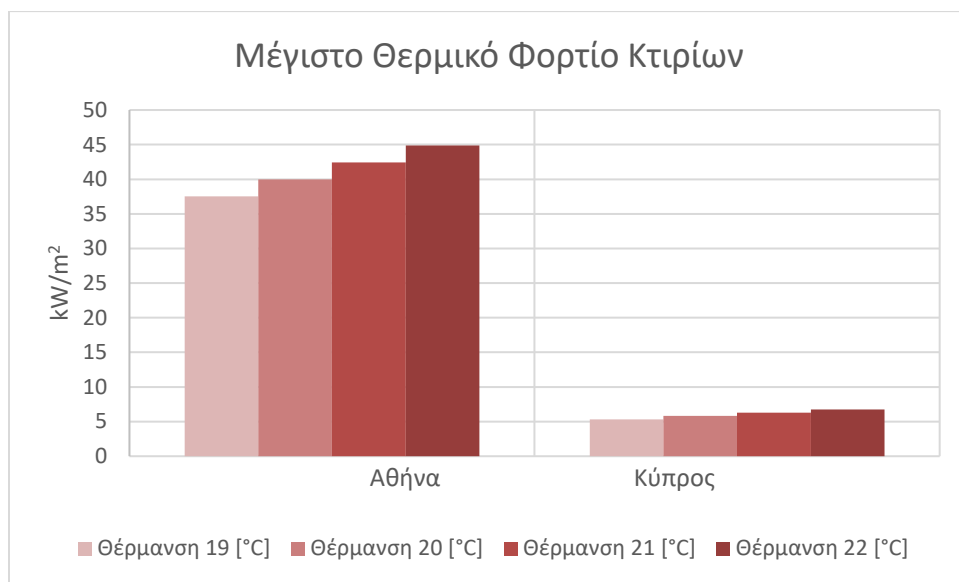


Γράφημα 47 Σύγκριση θερμικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 1-4

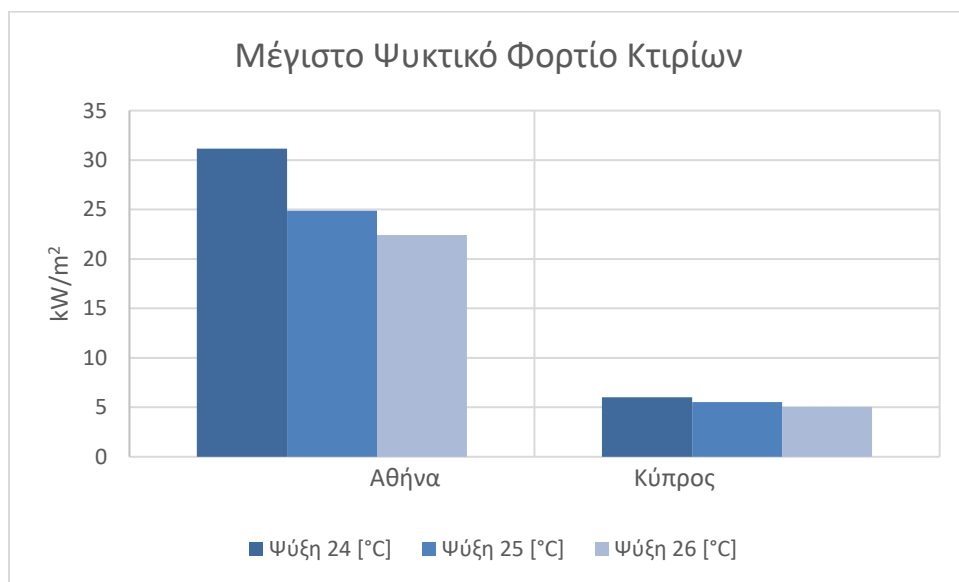


Γράφημα 48 Σύγκριση ψυκτικών φορτίων των κτηρίων για τα σενάρια 2,5,6

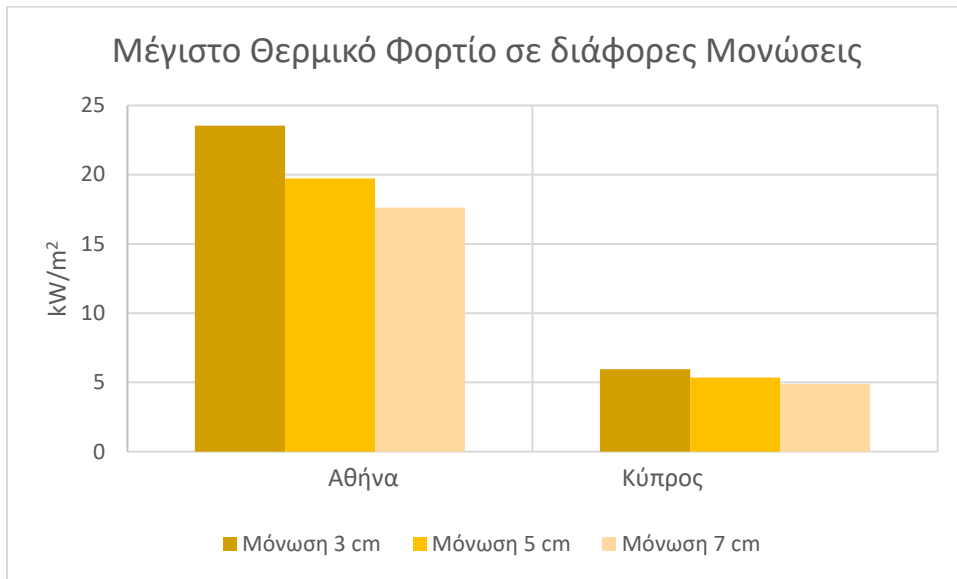
Για την περίπτωση εξέτασης των μονώσεων παρατηρείται όπως φαίνεται και στον Πίνακα 27 μεγαλύτερη μείωση των φορτίων από το σενάριο 7 στο 8 για την περίπτωση του Ελληνικού Κτηρίου. Από τον Πίνακα 31 για την μόνωση του Κυπριακού Κτηρίου ισχύουν τα ίδια αποτελέσματα.



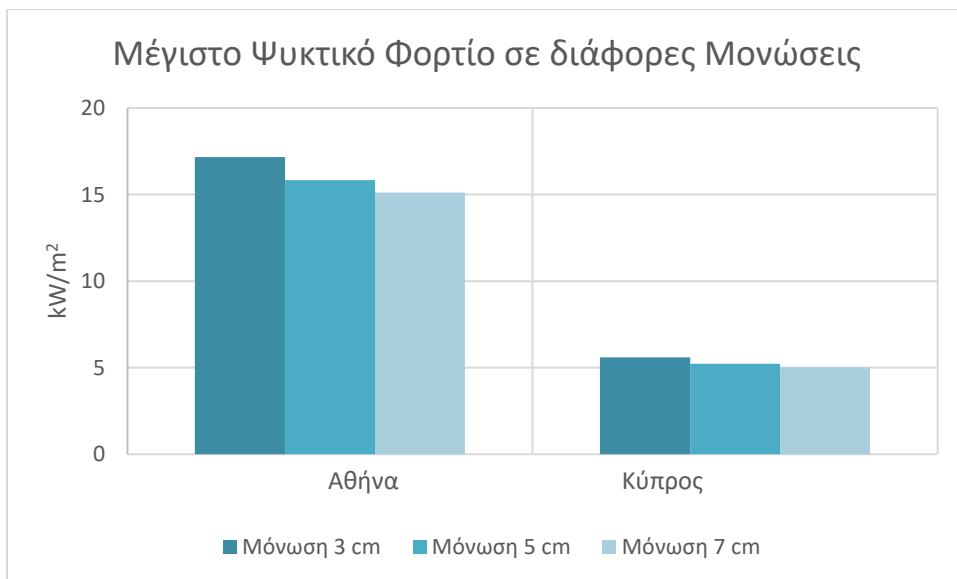
Γράφημα 49 Μέγιστα θερμικά φορτία για Ελλάδα και Κύπρο (Σενάρια 1-4)



Γράφημα 50 Μέγιστα ψυκτικά φορτία για Ελλάδα και Κύπρο (Σενάρια 2,5,6)



Γράφημα 51 Μέγιστα θερμικά φορτία σε Ελλάδα και Κύπρο για διάφορες μονώσεις (Σενάρια 7-9)



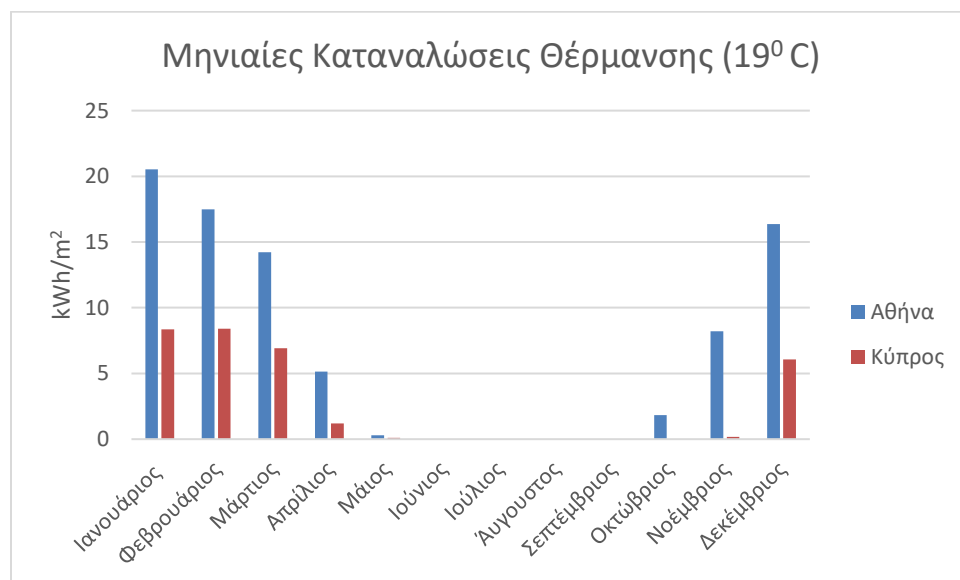
Γράφημα 52 Μέγιστα ψυκτικά φορτία σε Ελλάδα και Κύπρο για διάφορες μονώσεις (Σενάρια 7-9)

Για τα μέγιστα φορτία παρατηρείται μια αντίστοιχη συμπεριφορά των κτηρίων με τις διαφορές μεταξύ σεναρίων να παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

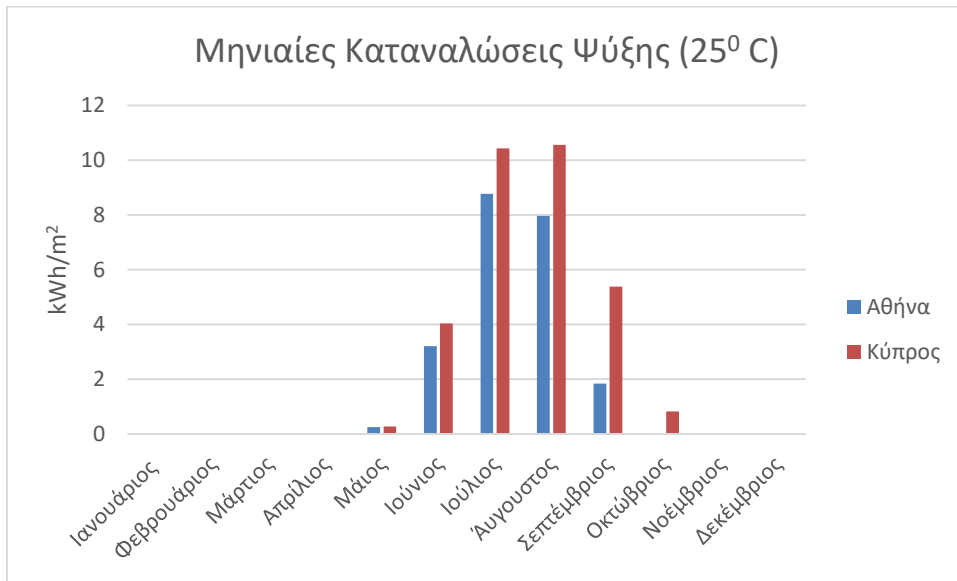
Πίνακας 32 Σύγκριση μέγιστων φορτίων σε Ελλάδα και Κύπρο

Σενάριο	Μέγιστο μηνιαίο θερμικό φορτίο [%]	Μέγιστο μηνιαίο ψυκτικό φορτίο [%]
1	85,77	77.77
2	85.45	80.65
7	74.7	67.4
8	72.8	66.9

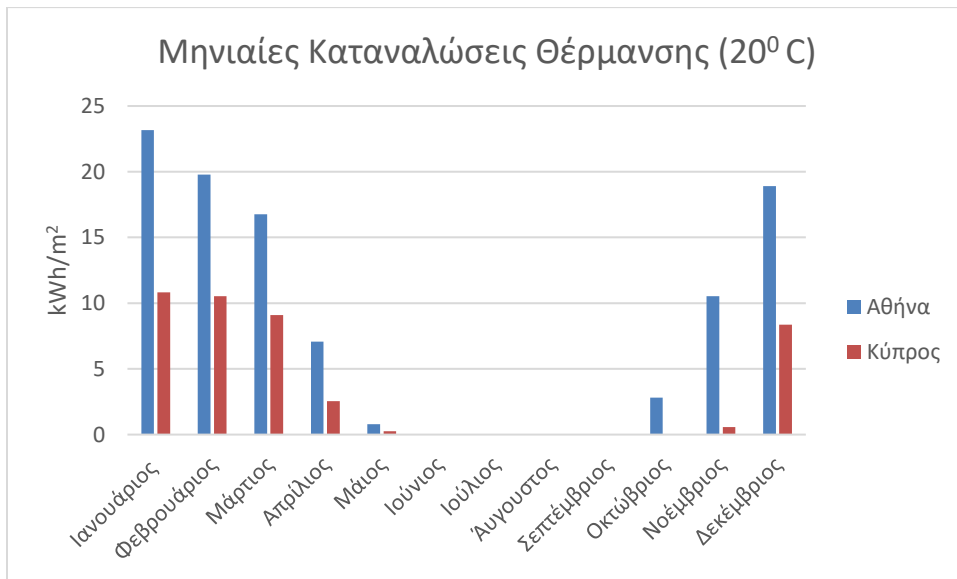
Στα επόμενα διαγράμματα περιέχονται οι μηνιαίες καταναλώσεις των κτηρίων Ελλάδας και Κύπρου και Σύγκριση αυτών, για τα setpoint και τις αντίστοιχες μονώσεις.



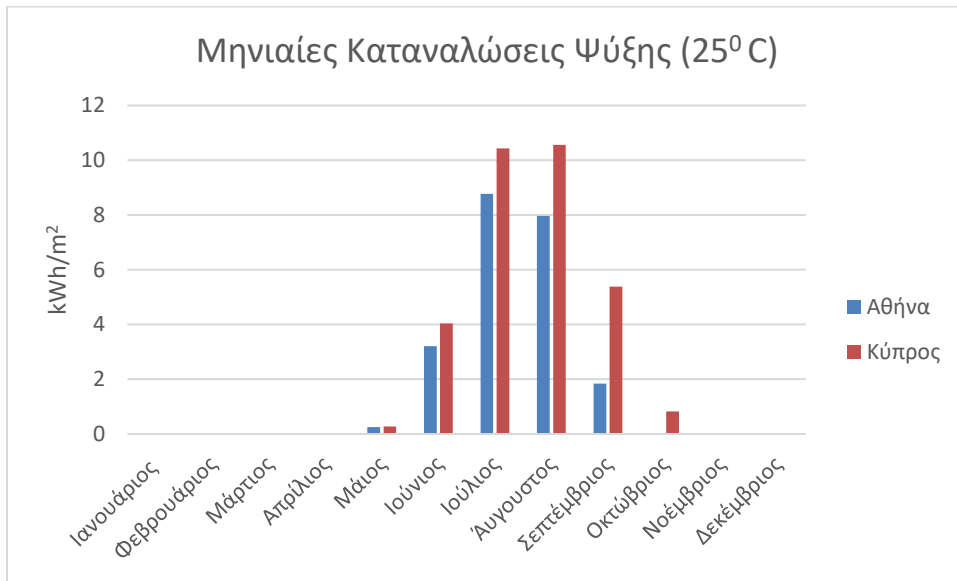
Γράφημα 53 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το σενάριο 1



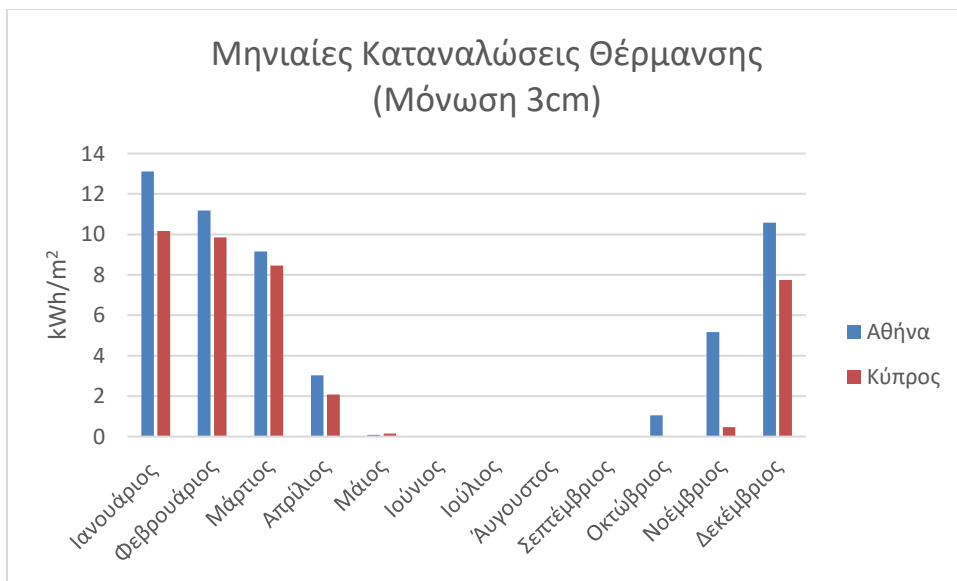
Γράφημα 54 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το σενάριο 1



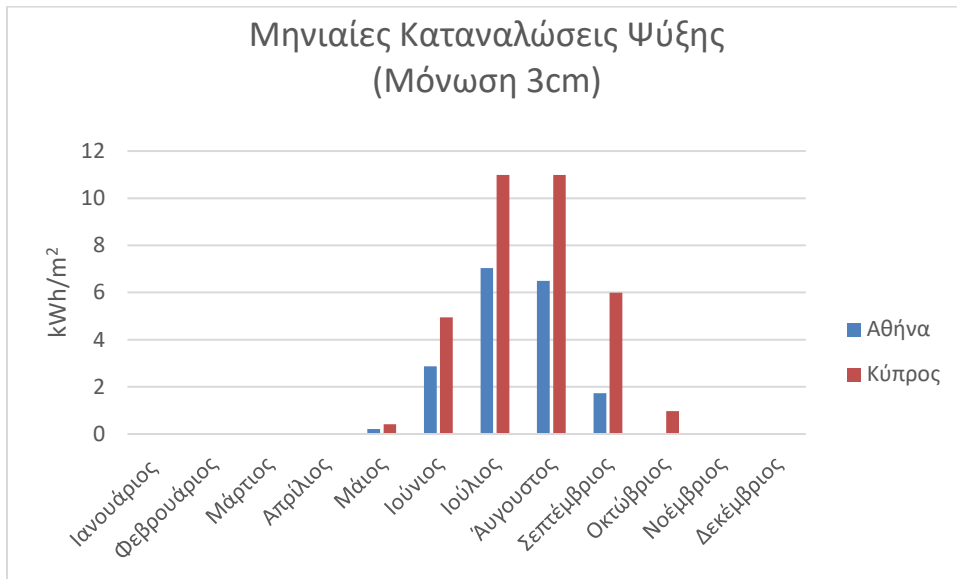
Γράφημα 55 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το σενάριο 2



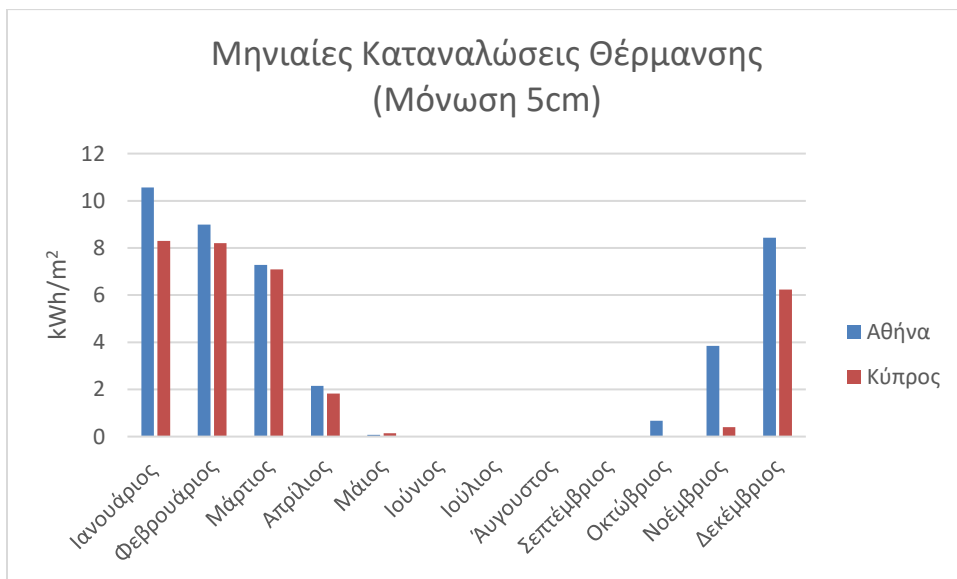
Γράφημα 56 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το σενάριο 2



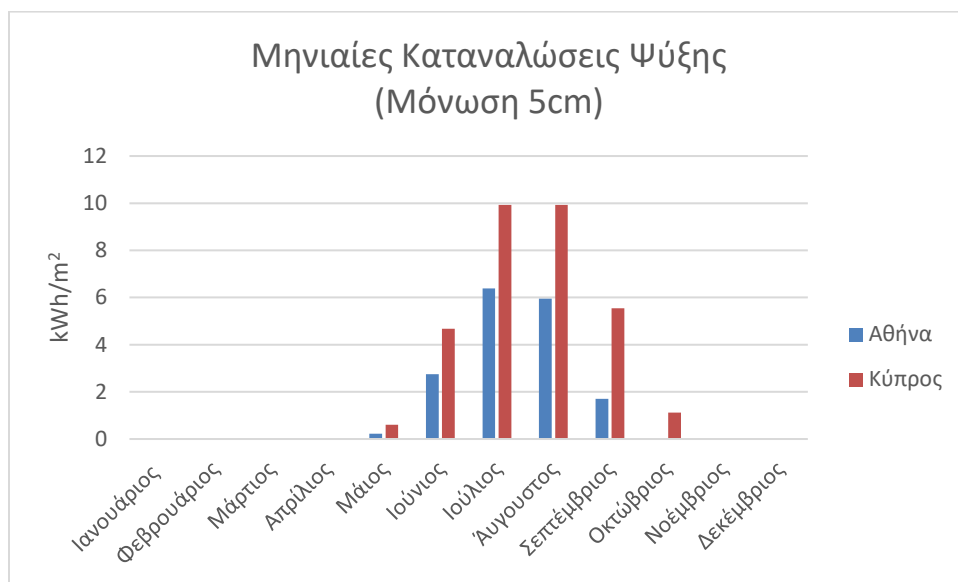
Γράφημα 57 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το σενάριο 7



Γράφημα 58 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το σενάριο 7



Γράφημα 59 Μηνιαίες καταναλώσεις θέρμανσης για το Σενάριο 8



Γράφημα 60 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για το Σενάριο 8

Για τις μηνιαίες καταναλώσεις που παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα αναφέρονται τα αποτελέσματα για τον μήνα Ιανουάριο και Ιούλιο οι ποσοστιαίες διαφορές θερμικού και ψυκτικού φορτίου. Παρατηρείται καλύτερη ρύθμιση του θερμικού φορτίου στην περίπτωση αύξησης μόνωσης στα 5 cm.

Πίνακας 33 Ποσοστιαίες μεταβολές φορτίων σε Ελλάδα και Κύπρο

Σενάριο	Μηνιαίο θερμικό φορτίο Ιανουαρίου (%)	Μέγιστο μηνιαίο ψυκτικό φορτίο Ιουλίου (%)
1	84,1	15,8
2	53,3	15,8
7	64,1	35,9
8	21,4	35,6

4.6 Εναλλακτικά Σενάρια με Λέβητα για Θέρμανση

Για την παρούσα μελέτη και την παρουσίαση των καταναλώσεων στα κτήρια αφαιρέθηκε η ιδανική θέρμανση, ενώ διατηρήθηκε η ιδανική ψύξη. Για την υλοποίηση της θέρμανσης χρησιμοποιήθηκε συμβατικός λέβητας πετρελαίου και ως θερμαντικό στοιχείο χρησιμοποιήθηκε καλοριφέρ. Η θέρμανση πραγματοποιείται και στα 2 κτήρια σε σταθερό σημείο στους 20 °C και η ψύξη στους 25 °C.

Τα προφίλ υπολογίζονται σε ωριαία βάση. Ειδικότερα στην παρούσα έκθεση, τα στοιχεία για τις αιτήσεις για ενέργεια θέρμανσης και ψύξης και τις μέγιστες τιμές κορυφής θέρμανσης και ψύξης αναφέρονται σε κάθε σενάριο που αναλύεται, στην τυπολογία των κτηρίων και στις θερμοκρασίες των σημείων αναφοράς σε ετήσια βάση.

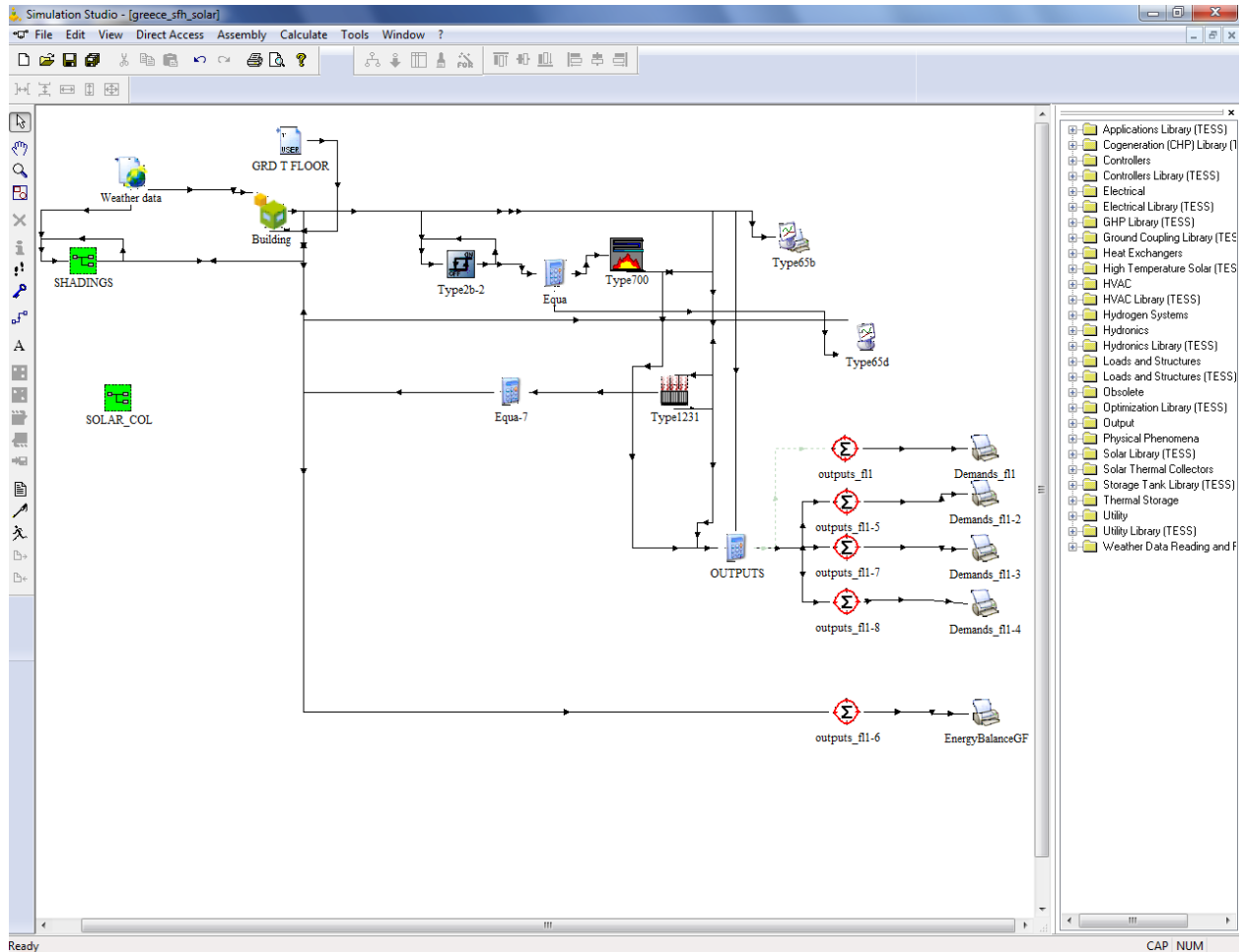
4.6.1 Κτήριο Ελλάδας

4.6.1.1 Θέρμανση Κτηρίου με Λέβητα

Για το παρόν σενάριο η θέρμανση του Κτηρίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση λέβητα με ονομαστική ισχύ 18kW και $Q = 300 \text{ kg/hr}$. Το Θερμαντικό στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε είναι συμβατικό radiator (θερμαντικό σώμα) με τα εξής στοιχεία:

- Ονομαστική ισχύς 13 kW
- Μέση Θερμοκρασία επιφάνειας 60 °C
- Τύπου AKAN τετράστυλο
- Χαλύβδινο
- Ύψους 905mm

Όλα τα δεδομένα που ήταν απαραίτητα για τα αντίστοιχα components (TYPE 700 – Λέβητας, TYPE 1231-Θερμαντικό στοιχείο) υπολογίσθηκαν και καταχωρήθηκαν από το βιβλίο 'Μελέτες και συστήματα κεντρικής θέρμανσης' [50] και την μαθηματική περιγραφή κάθε component [41].

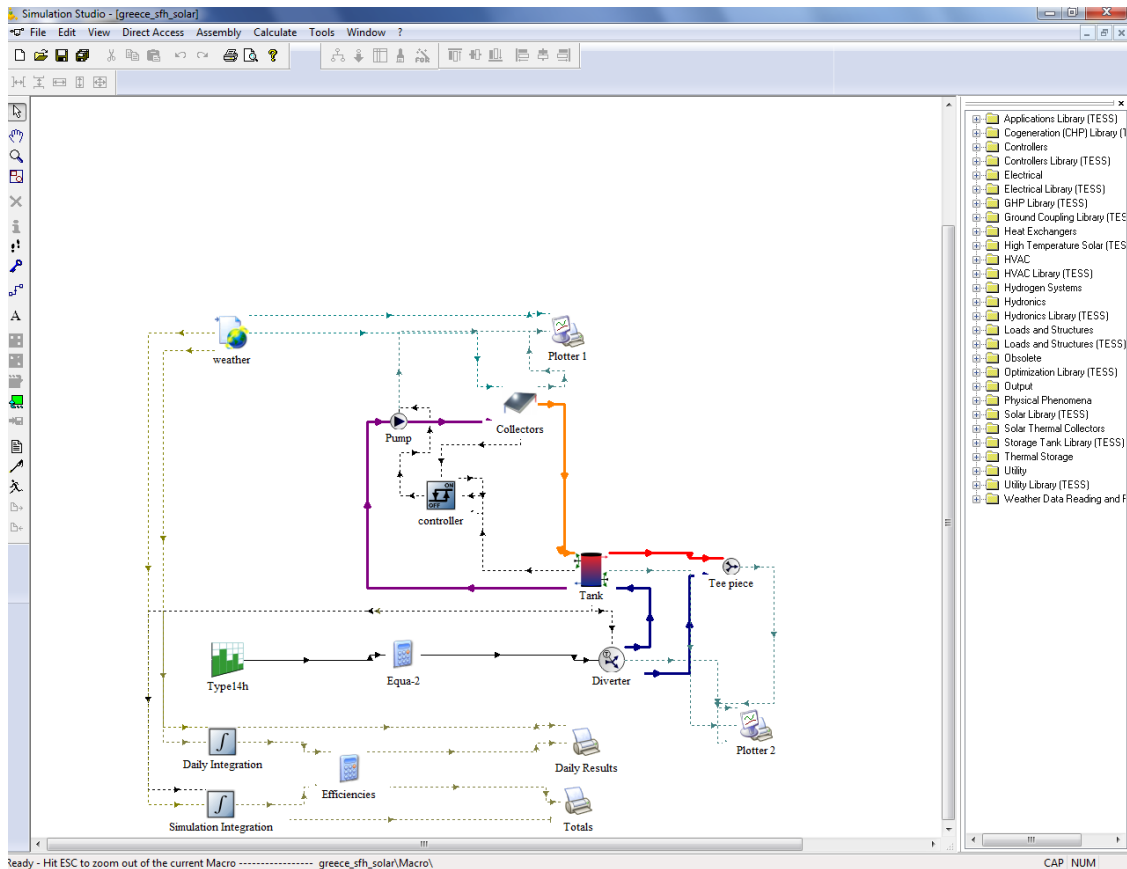


Εικόνα 24 Μορφή συστήματος για θέρμανση με Λέβητα

Το θερμικό φορτίο του θερμαντικού σώματος στη συνέχεια επιστρέφει στο TYPE 56 σαν είσοδος (θερμικό κέρδος) για την εκτίμηση της θερμικής κατανάλωσης του Κτηρίου.

4.6.1.2 Χρήση ηλιακών συστημάτων για Ζεστό Νερό Χρήσης

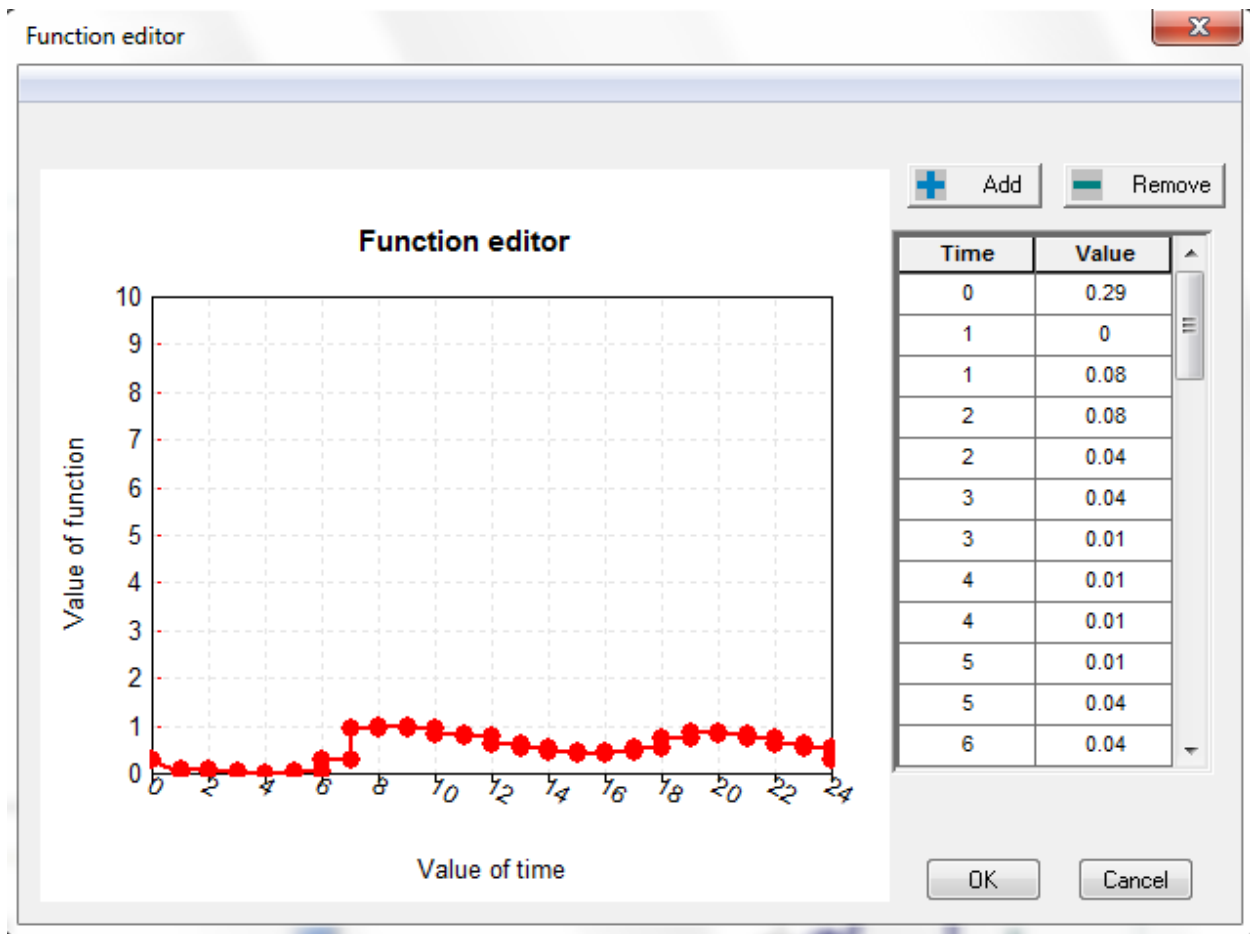
Για τα ηλιακά συστήματα χρησιμοποιήθηκαν 2 ηλιακοί συλλέκτες επιφάνειας $A_{col} = 6m^2$ ο καθένας. Η σύνδεση του γίνεται απευθείας σε δοχείο αποθήκευσης. Απεικόνιση του συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 25.



Εικόνα 25 Μορφή συστήματος για την παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης στο κτήριο (TRNSYS)

Για το ζεστό νερό χρήσης χρησιμοποιήθηκε προφίλ κατανάλωσης (TYPE14h) κατά ASHRAE όπως φαίνεται και το χρονοδιάγραμμα του στην Εικόνα 26 . Ο ηλιακός συλλέκτης (Collector- TYPE 1b) δέχεται παροχή από κυκλοφορητή (αντλία- TYPE 3b), η οποία σταματά να δουλεύει όταν η θερμοκρασία του δοχείου αποθήκευσης (TYPE 4c) υπερβεί τους 45⁰ C (μέσω ελέγχου που δημιουργήθηκε) για θερμική ασφάλεια του ηλιακού συλλέκτη και σε περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία του συλλέκτη είναι χαμηλότερη των 45⁰ C να μην ψύχει το δοχείο χάνοντας θερμότητα. Το δοχείο αποθήκευσης στη συνέχεια είναι συνδεδεμένο με βρύση (Tee piece- TYPE 11h), το οποίο προσφέρει την επιλογή για ζεστό και κρύο νερό. Για το προφίλ ζεστού νερού χρήσης προσφέρεται χρονοδιάγραμμα λειτουργίας το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το προφίλ ΖΝΧ για να μπορεί να αξιοποιηθεί και να συνδεθεί στο δοχείο αποθήκευσης πολλαπλασιάζεται επί την ημερήσια κατανάλωση (69 lt/person) και ορίζεται σταθερή θερμοκρασία παροχής στους 19⁰ C (βλ. Εικόνα 25, Equation 2).

Το δοχείο αποθήκευσης (TYPE 4C – Stratified storage tank/ 2 είσοδοι ρευστού), είναι κυλινδρικό κάθετο με ύψος 1,2m και ονομαστική χωρητικότητα 300 lt. Αποτελείται από 6 επίπεδα θέρμανσης για καλύτερη διαστρωμάτωση της θέρμανσης του νερού (stratification) και για την κάλυψη των αναγκών όταν δεν υπάρχει αρκετή ενέργεια από τον συλλέκτη περιλαμβάνει 2 ηλεκτρικές αντιστάσεις ενσωματωμένες ισχύος 2500 W.

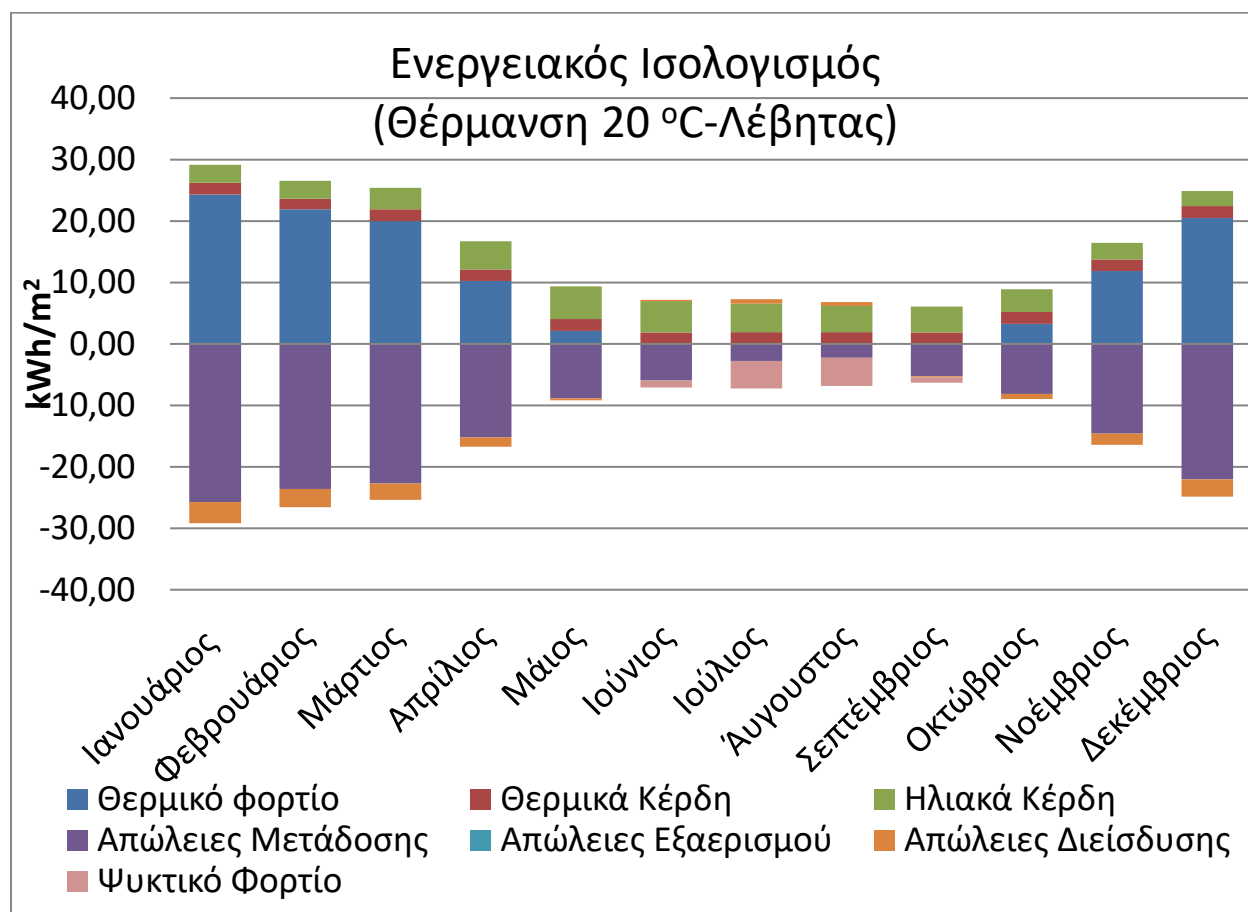


Εικόνα 26 Ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης ZNX (TRNSYS)

Στο σενάριο αυτό διατηρήθηκε ιδανική ψύξη για τα εσωτερικά κέρδη διατηρήθηκαν οι τιμές του ιδανικού σεναρίου για την Ελλάδα.

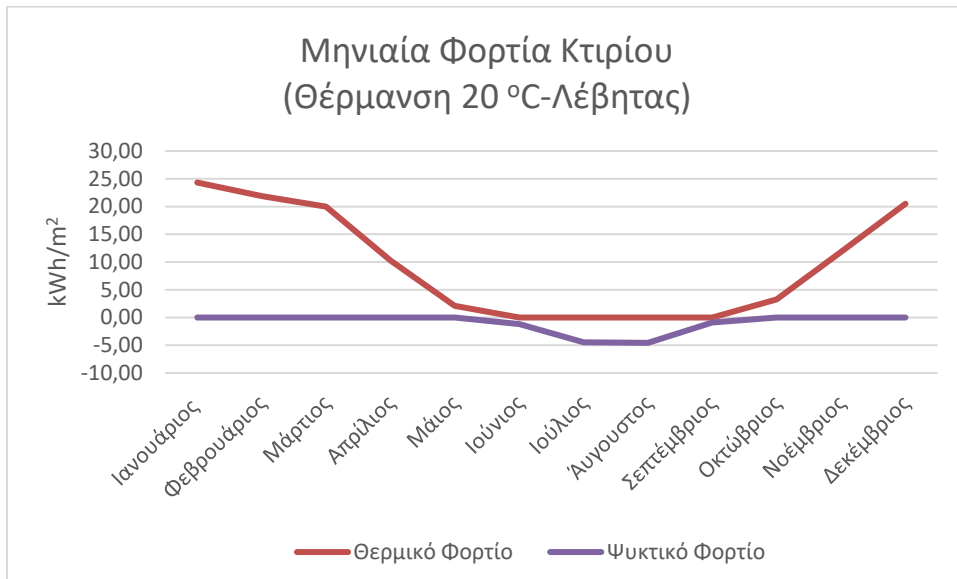
4.6.1.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Η απεικόνιση των αποτελεσμάτων για τα θερμικά φορτία ετησίως , τα μέγιστα φορτία και τις μηνιαίες καταναλώσεις προσφέρονται τα παρακάτω διαγράμματα. Τα διαγράμματα συγκρίνουν ποσά και για τα δύο κτήρια (περίπτωση λέβητα-περίπτωση σεναρίου 2 για την Ελλάδα) με θέρμανση στους 20 ° C .



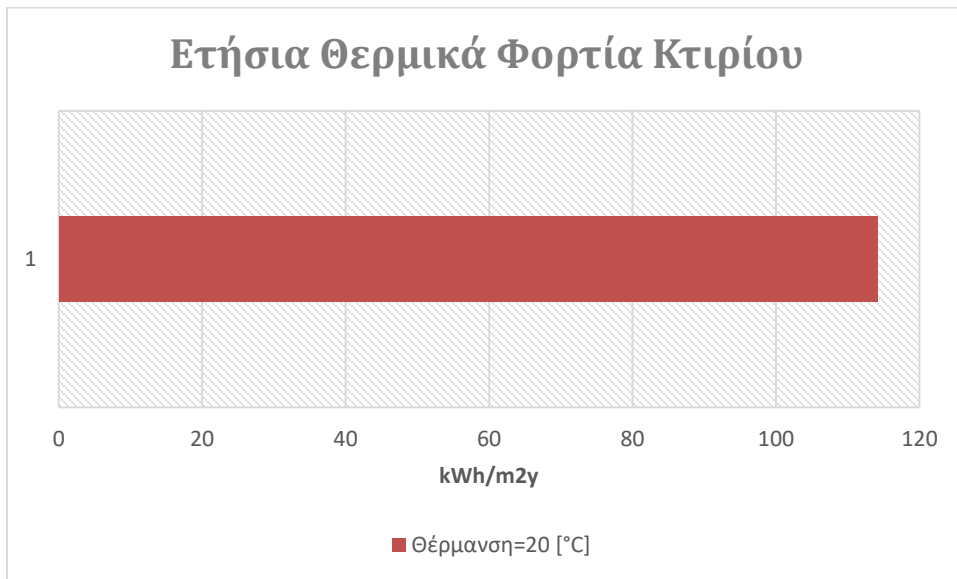
Γράφημα 61 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για την θέρμανση με λέβητα

Για το παραπάνω διάγραμμα αναφέρεται η πιστότητα των αποτελεσμάτων για τις καταναλώσεις του Κτηρίου και τα φορτία που συμμετέχουν στην ενεργειακή συμπεριφορά.

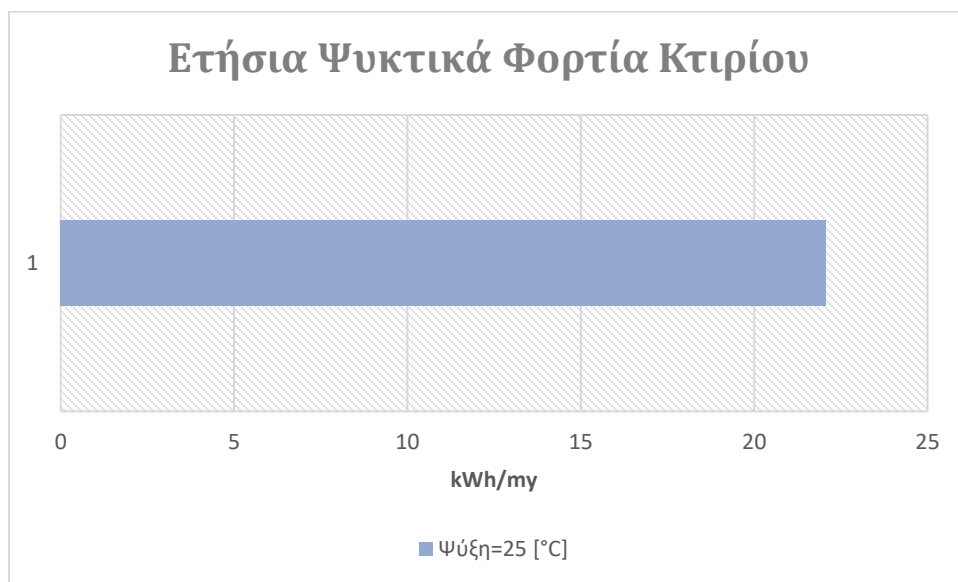


Γράφημα 62 Μηνιαία φορτία Κτηρίου για θέρμανση με λέβητα

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις του Κτηρίου για θέρμανση με λέβητα στους 20 °C.



Γράφημα 63 Ετήσια θερμική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα



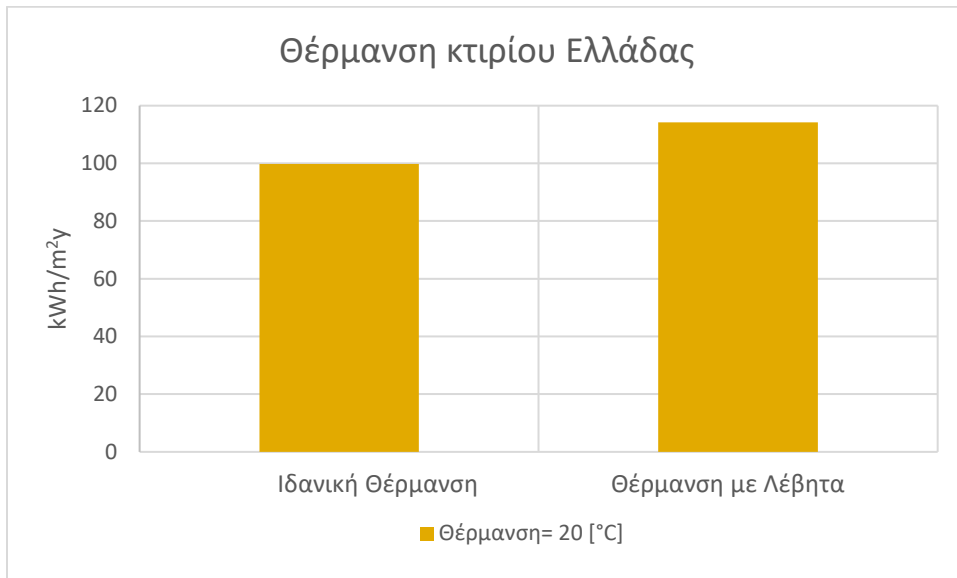
Γράφημα 64 Ετήσια ψυκτική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα

Στα διαγράμματα μηνιαίας κατανάλωσης θερμικού/ ψυκτικού φορτίου παρατηρείται ότι το ψυκτικό φορτίο υπολείπεται του θερμικού όπως και στο ιδανικό σενάριο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα μέγιστα ποσά θερμικών και ψυκτικών φορτίων μηνιαία για τα αντίστοιχα σενάρια των διαγραμμάτων.

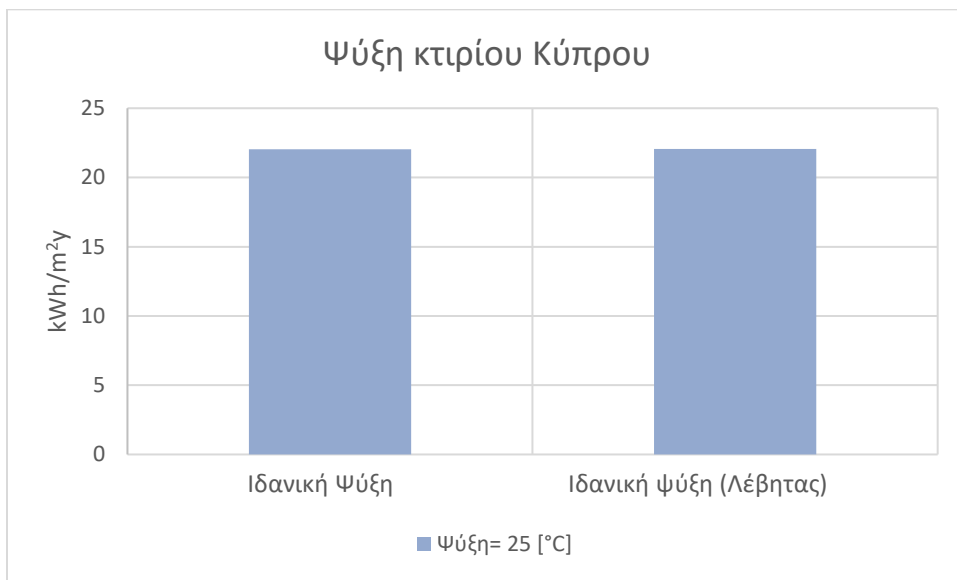
Πίνακας 34 Μηνιαία φορτία Κτηρίου Ελλάδας για θέρμανση με λέβητα

Μήνας	Μηνιαίο θερμικό φορτίο (kWh/m ²)	Μηνιαίο ψυκτικό φορτίο (kWh/m ²)
Ιανουάριος	24,32	0,00
Φεβρουάριος	21,91	0,00
Μάρτιος	20,00	0,00
Απρίλιος	10,27	0,00
Μάιος	2,12	0,25
Ιούνιος	0,00	3,21
Ιούλιος	0,00	8,79
Άγουστος	0,00	7,97
Σεπτέμβριος	0,00	1,85
Οκτώβριος	3,25	0,00
Νοέμβριος	11,86	0,00
Δεκέμβριος	20,49	0,00
Ετήσια	114,21	22,07

Το θερμικό φορτίο του Ιανουαρίου είναι σε μεγαλύτερη κλίμακα από τα υπόλοιπα και υπάρχει η μεγαλύτερη κατανάλωση θερμότητας, ενώ το μεγαλύτερο μηνιαίο ποσό ψύξης παρατηρείται τον Ιούλιο.



Γράφημα 65 Σύγκριση διαφορετικού τύπου θέρμανσης Ελληνικού Κτηρίου



Γράφημα 66 Ψυκτικές καταναλώσεις έτους για τις δυο περιπτώσεις θέρμανσης

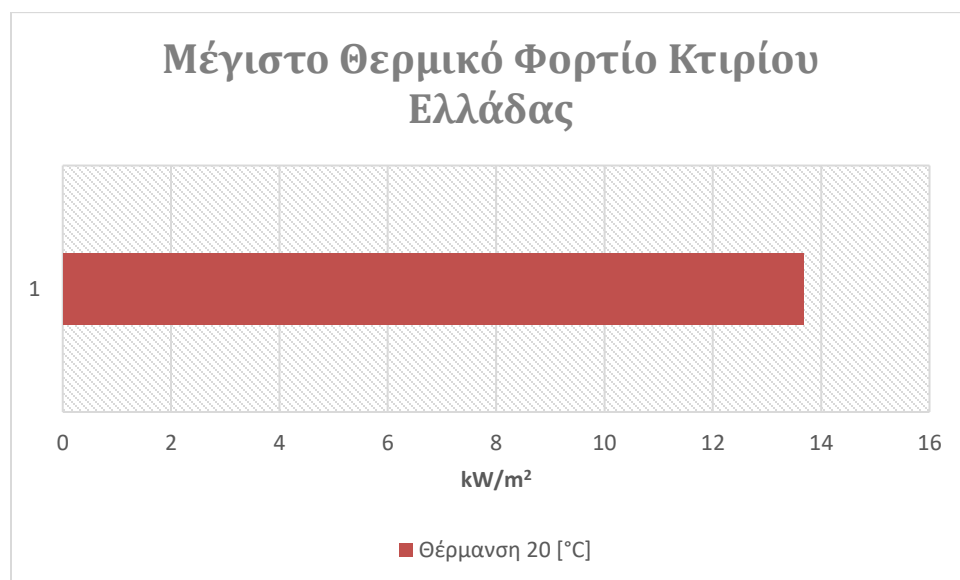
Για την θέρμανση και ψύξη του Κτηρίου από το σενάριο θέρμανσης με λέβητα και με ιδανική θέρμανση προκύπτει ο παρακάτω ποσοστιαίος πίνακας.

Πίνακας 35 Ποσοστιαίες ετήσιες μεταβολές φορτίων με αλλαγή συστήματος θέρμανσης

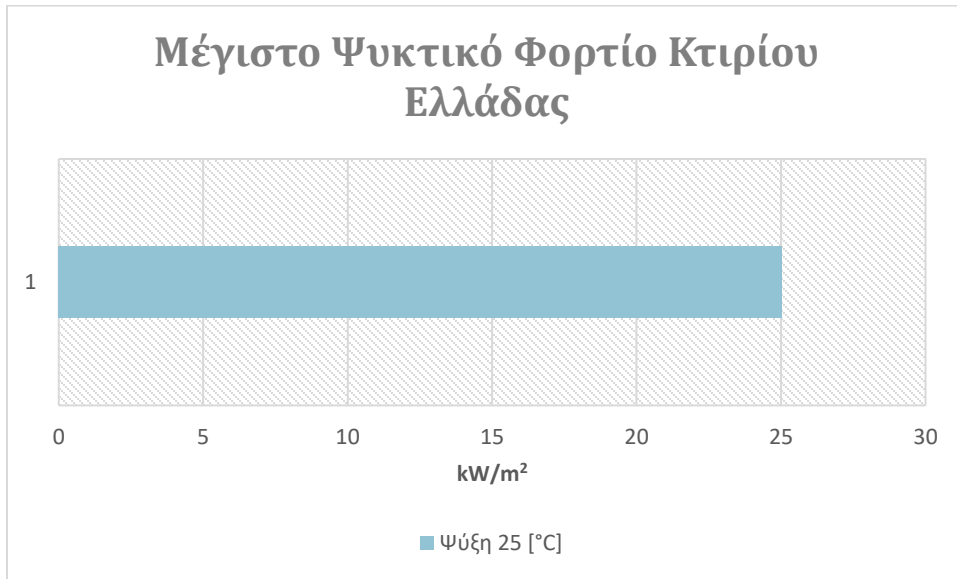
Σύστημα	Ποσοστιαία αύξηση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
Ιδανική θέρμανση σε Χρήση Λέβητα	12,6	0,13 (αμετάβλητη σχεδόν)

Παρατηρείται μια αλλαγή 12,6% στα θερμικά φορτία μεταξύ ιδανικής θέρμανσης και λέβητα που οφείλεται σε απώλειες του συστήματος θέρμανσης λόγω βαθμού απόδοσης του λέβητα και απώλειες καύσης.

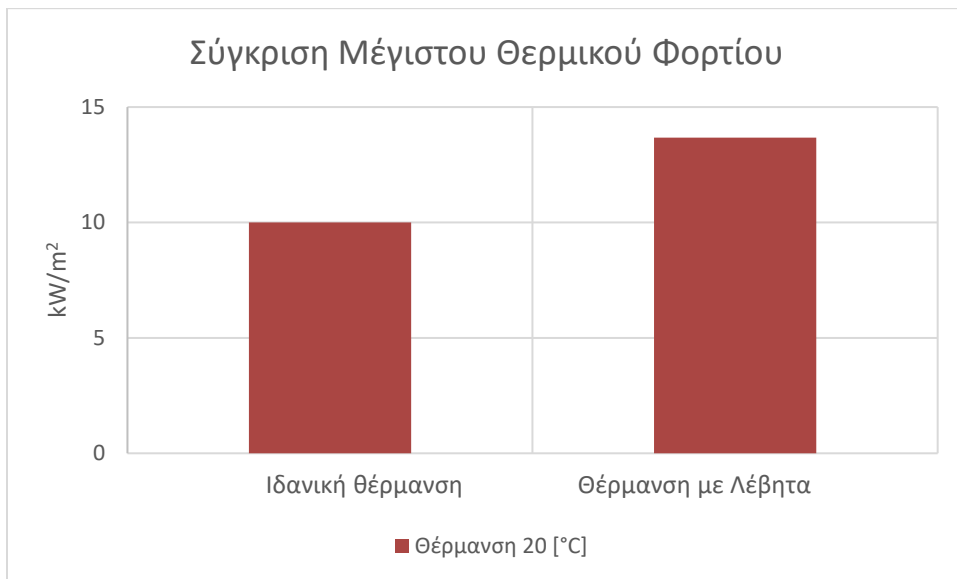
Στα επόμενα διαγράμματα αποτυπώνεται το μέγιστο θερμικό και ψυκτικό φορτίο για το κτήριο της Ελλάδας στα αντίστοιχες περιπτώσεις θέρμανσης που μελετήθηκαν.



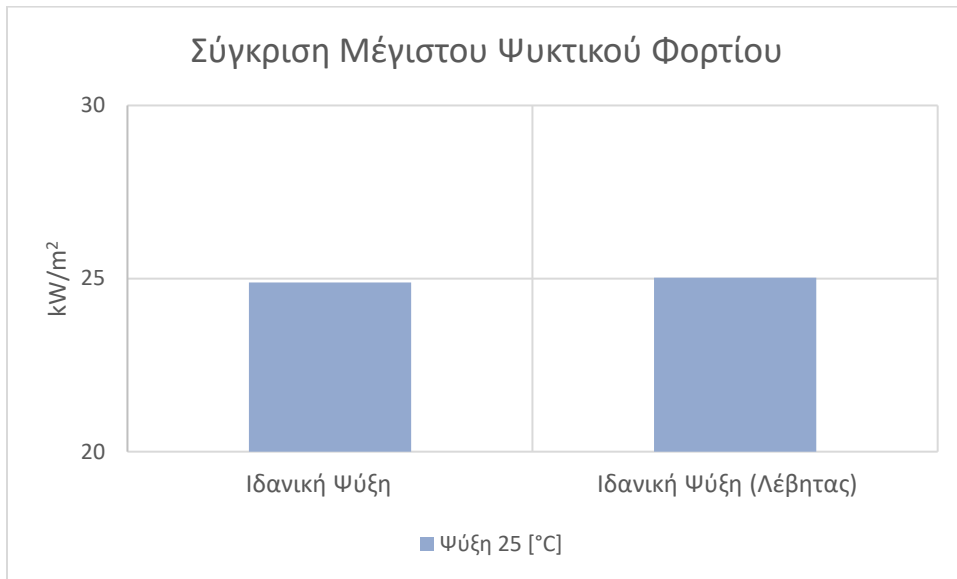
Γράφημα 67 Μέγιστο θερμικό φορτίο για την περίπτωση θέρμανσης με λέβητα



Γράφημα 68 Μέγιστο ψυκτικό φορτίο στην περίπτωση χρήσης λέβητα



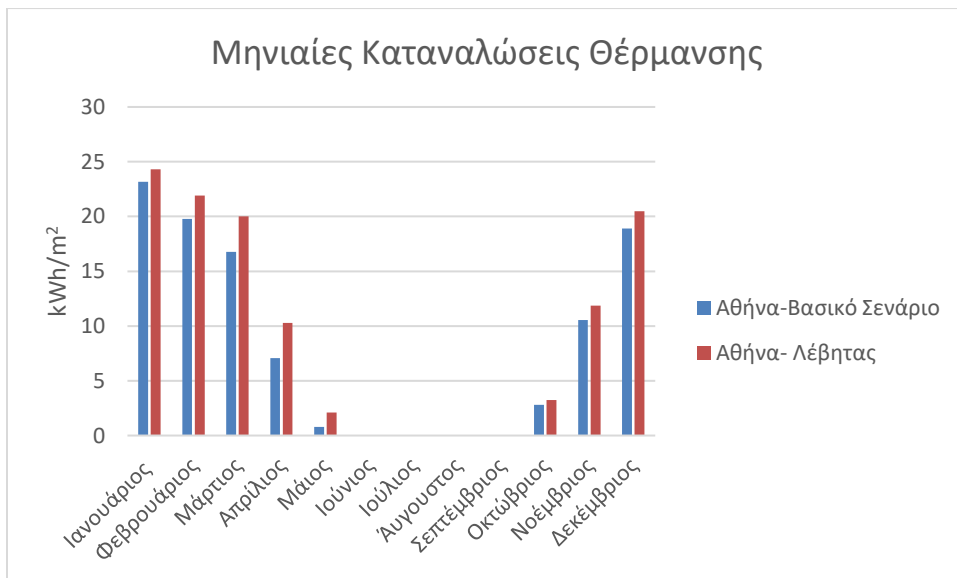
Γράφημα 69 Σύγκριση μέγιστου θερμικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης



Γράφημα 70 Σύγκριση μέγιστου ψυκτικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης

Από την σύγκριση του μέγιστου θερμικού φορτίου προκύπτει μια μείωση ανάλογη της ετήσιας κατανάλωσης που περιγράφηκε ενώ το ψυκτικό φορτίο δεν παρουσιάζει αισθητή αλλαγή.

Στα επόμενα διαγράμματα περιέχονται οι μηνιαίες καταναλώσεις των κτηρίων για τις δύο περιπτώσεις θέρμανσης του ελληνικού Κτηρίου.



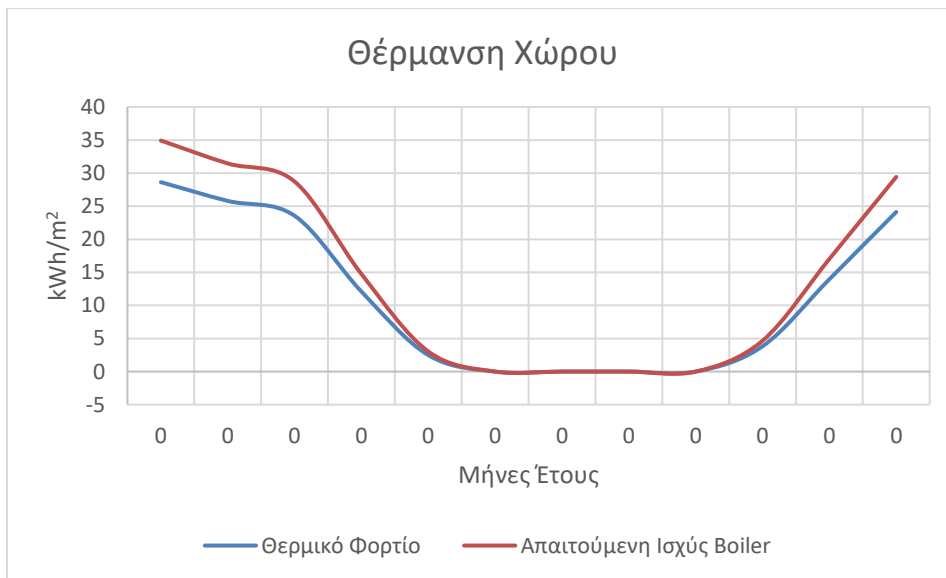
Γράφημα 71 Σύγκριση καταναλώσεων θέρμανσης για του τύπους θέρμανσης



Γράφημα 72 Σύγκριση καταναλώσεων ψύξης για του τύπους θέρμανσης

Τα παραπάνω διαγράμματα επιβεβαιώνουν την εικόνα που δίνει ο Πίνακας 34 με παράλληλη παράθεση των μηνιαίων ποσών για το σύστημα ιδανικής θέρμανσης.

Για την απαίτηση ισχύος από το λέβητα παρουσιάζεται το παρακάτω διάγραμμα που δείχνει την μηνιαία κατανάλωση ισχύος για την θέρμανση του χώρου.

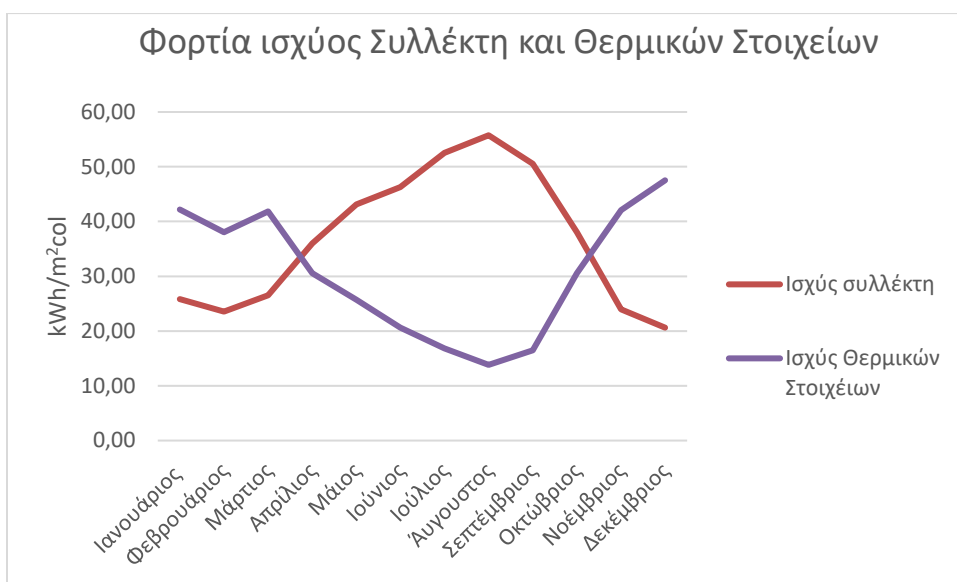


Γράφημα 73 Θερμικό φορτίο και απαίτηση ισχύος λέβητα για θέρμανση

Στην παραπάνω καμπύλη παρατηρείται μια παρόμοια συμπεριφορά φορτίων για τα 2 συστήματα θέρμανσης με την απαιτούμενη ισχύ boiler μεγαλύτερη για την κάλυψη των απωλειών του συστήματος λέβητα- θερμαντικού σώματος και μετάδοσης ενέργειας στο χώρο.

4.6.1.3.1 Ηλιακά Συστήματα Ζεστού Νερού Χρήσης

Για τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης Ζεστού Νερού Χρήσης παρουσιάζονται διαγράμματα κατανάλωσης θερμότητας για την θέρμανση του θερμοδοχείου σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της θερμότητας από τον ηλιακό συλλέκτη σε μηνιαία και ετήσια βάση όπως και το μέγιστο φορτίο που παρατηρήθηκε.



Γράφημα 74 Απεικόνιση μηνιαίας ισχύος συλλέκτη και θερμικών στοιχείων.

Πίνακας 36 Μηνιαία φορτία συλλέκτη και θερμαντικών στοιχείων

Μήνας	Μηνιαίο φορτίο συλλέκτη (kWh/m ²)	Μηνιαίο φορτίο θερμαντικών στοιχείων (kWh/m ²)
Ιανουάριος	25,85	42,17
Φεβρουάριος	23,57	38,05
Μάρτιος	26,53	41,84
Απρίλιος	35,99	30,55
Μάιος	43,14	25,74
Ιούνιος	46,26	20,60
Ιούλιος	52,54	16,86
Άγουστος	55,75	13,82
Σεπτέμβριος	50,57	16,49
Οκτώβριος	38,03	30,59
Νοέμβριος	23,95	42,09
Δεκέμβριος	20,62	47,52
Ετήσια	442,80	366,31

Για τα παραπάνω στοιχεία παρατηρείται μια διαφορά ετησίως από τον συλλέκτη στα θερμαντικά στοιχεία 17,3% ενώ παρατηρείται όπως είναι αναμενόμενο τους χειμερινούς μήνες μεγαλύτερη συνεισφορά των θερμαντικών στοιχείων ενώ το αντίστροφο συμβαίνει στην περίπτωση των θερινών μηνών.

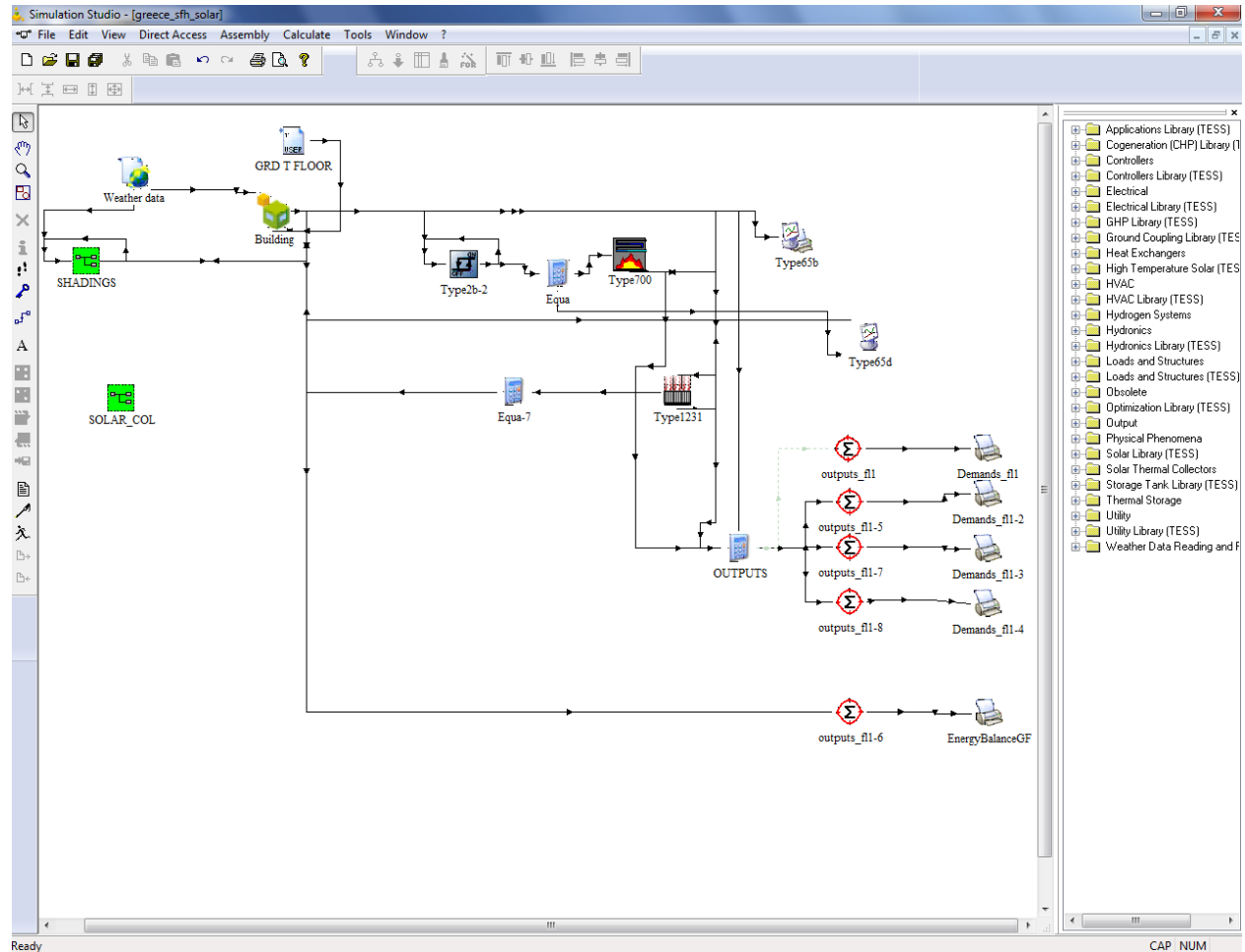
4.6.2 Κτήριο Κύπρου

4.6.2.1 Σύστημα θέρμανσης

Για το παρόν σενάριο η θέρμανση του Κτηρίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση λέβητα με ονομαστική ισχύ $P = 12 \text{ kW}$ και $Q = 120 \text{ kg/hr}$. Το Θερμαντικό στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε είναι συμβατικό radiator (θερμαντικό σώμα) με τα εξής στοιχεία:

- Ονομαστική ισχύς 8 kW
- Μέση Θερμοκρασία επιφάνειας 60 °C
- Τύπου ΑΚΑΝ τετράστυλο
- Χαλύβδινο
- Ύψους 905mm

Όλα τα δεδομένα που ήταν απαραίτητα για τα αντίστοιχα components (TYPE 700 – Λέβητας, TYPE 1231-Θερμαντικό στοιχείο) υπολογίσθηκαν και καταχωρήθηκαν από το βιβλίο ‘Μελέτες και συστήματα κεντρικής θέρμανσης’ [50] και την μαθηματική περιγραφή κάθε component [41].

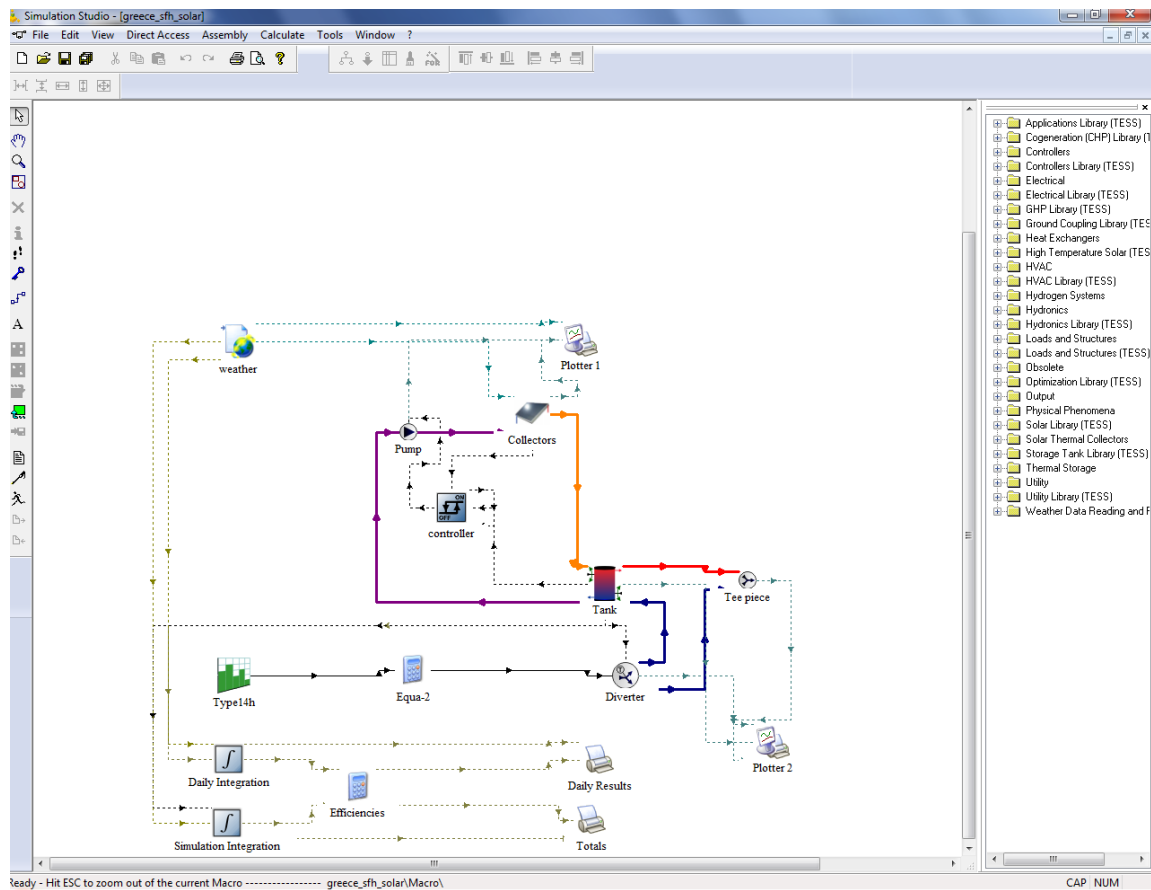


Εικόνα 27 Μορφή συστήματος για θέρμανση με Λέβητα

Το θερμικό φορτίο του θερμαντικού σώματος στη συνέχεια επιστρέφει στο TYPE 56 σαν είσοδος (θερμικό κέρδος) για την εκτίμηση της θερμικής κατανάλωσης του Κτηρίου.

4.6.2.2 Χρήση ηλιακών συστημάτων για Ζεστό Νερό Χρήσης

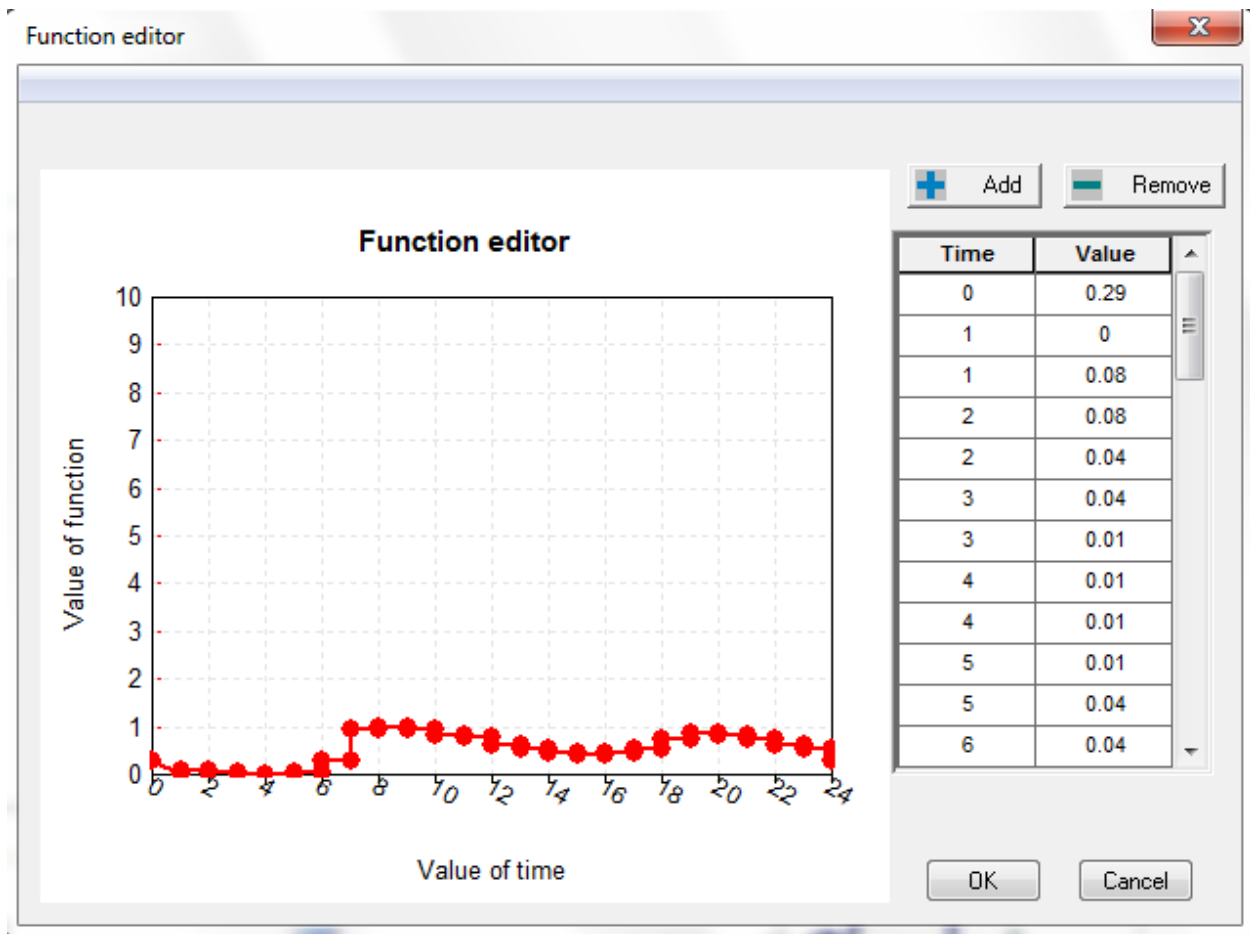
Για τα ηλιακά συστήματα χρησιμοποιήθηκε ηλιακός συλλέκτης συνολικής επιφάνειας $A_{col} = 6$. Η σύνδεση του γίνεται απευθείας σε δοχείο αποθήκευσης. Απεικόνιση του συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 25.



Εικόνα 28 Μορφή συστήματος για την παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης στο κτήριο (TRNSYS)

Για το ζεστό νερό χρήσης χρησιμοποιήθηκε προφίλ κατανάλωσης (TYPE14h) κατά ASHRAE όπως φαίνεται και το χρονοδιάγραμμα της στην Εικόνα 26 . Ο ηλιακός συλλέκτης (Collector- TYPE 1b) δέχεται παροχή από κυκλοφορητή (αντλία- TYPE 3b), η οποία σταματά να δουλεύει όταν η θερμοκρασία του δοχείου αποθήκευσης (TYPE 4c) υπερβεί τους 45⁰ C (μέσω ελέγχου που δημιουργήθηκε) για θερμική ασφάλεια του ηλιακού συλλέκτη και σε περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία του συλλέκτη είναι χαμηλότερη των 450 C να μην ψύχει το δοχείο χάνοντας θερμότητα. Το δοχείο αποθήκευσης στη συνέχεια είναι συνδεδεμένο με βρύση (Tee piece- TYPE 11h), το οποίο προσφέρει την επιλογή για ζεστό και κρύο νερό. Για το προφίλ ζεστού νερού χρήσης προσφέρεται χρονοδιάγραμμα λειτουργίας το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το προφίλ ZNX για να μπορεί να αξιοποιηθεί και να συνδεθεί στο δοχείο αποθήκευσης πολλαπλασιάζεται επί την ημερήσια κατανάλωση (28 lt/person) και ορίζεται σταθερή θερμοκρασία παροχής στους 19⁰ C (Equation 2).

Το δοχείο αποθήκευσης (TYPE 4C – Stratified storage tank/ 2 είσοδοι ρευστού), είναι κυλινδρικό κάθετο με ύψος 1,2m και ονομαστική χωρητικότητα 300 lt. Αποτελείται από 6 επίπεδα θέρμανσης για καλύτερη διαστρωμάτωση της θέρμανσης του νερού (stratification) και για την κάλυψη των αναγκών όταν δεν υπάρχει αρκετή ενέργεια από τον συλλέκτη περιλαμβάνει 2 ηλεκτρικές αντιστάσεις ενσωματωμένες ισχύος 2500 W.

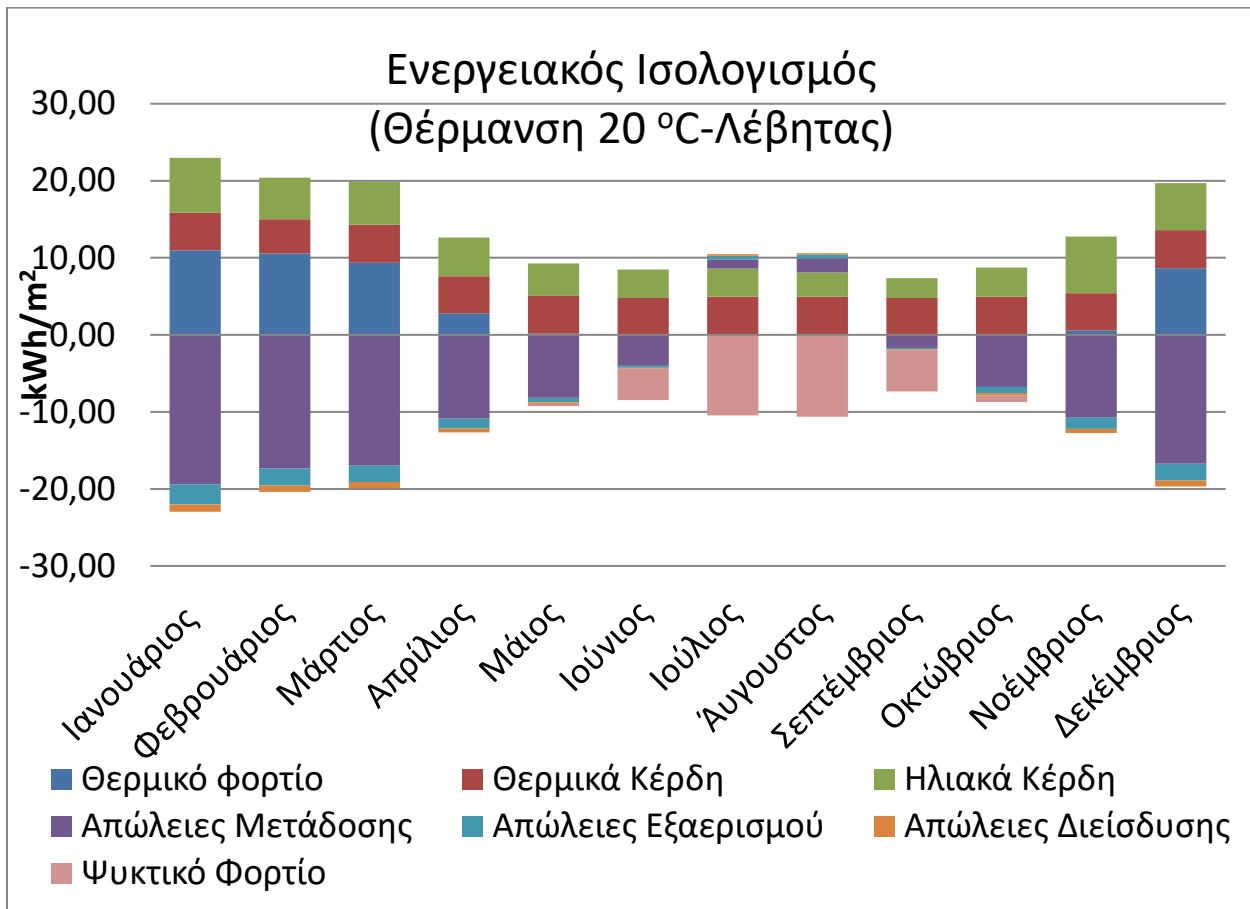


Εικόνα 29 Ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης ZNX (TRNSYS)

Στο σενάριο αυτό διατηρήθηκε ιδανική ψύξη για τα εσωτερικά κέρδη διατηρήθηκαν οι τιμές του ιδανικού σεναρίου για την Ελλάδα.

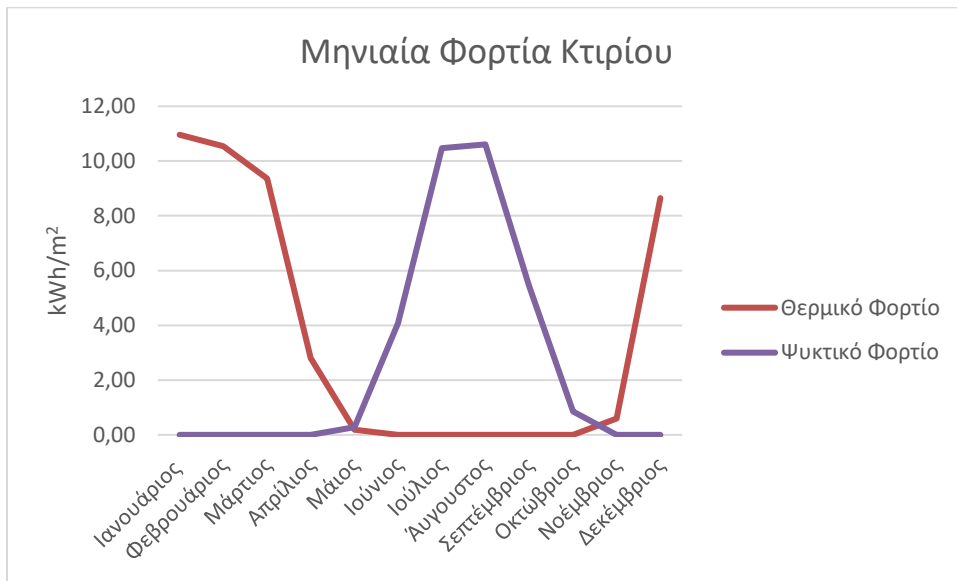
4.6.2.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Η απεικόνιση των αποτελεσμάτων για τα θερμικά φορτία ετησίως , τα μέγιστα φορτία και τις μηνιαίες καταναλώσεις προσφέρονται τα παρακάτω διαγράμματα. Τα διαγράμματα συγκρίνουν ποσά και για τα δύο κτήρια (περίπτωση λέβητα-περίπτωση σεναρίου 2 για την Κύπρο) με θέρμανση στους 20 ° C .



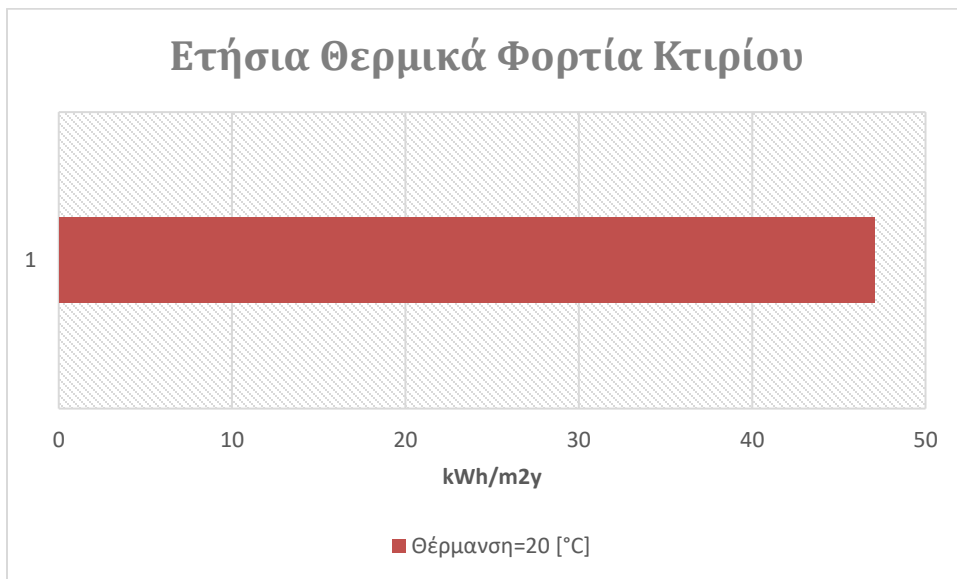
Γράφημα 75 Διάγραμμα ενεργειακής ισορροπίας για την θέρμανση με λέβητα

Για το παραπάνω διάγραμμα αναφέρεται η πιστότητα των αποτελεσμάτων για τις καταναλώσεις του Κτηρίου και τα φορτία που συμμετέχουν στην ενεργειακή συμπεριφορά.

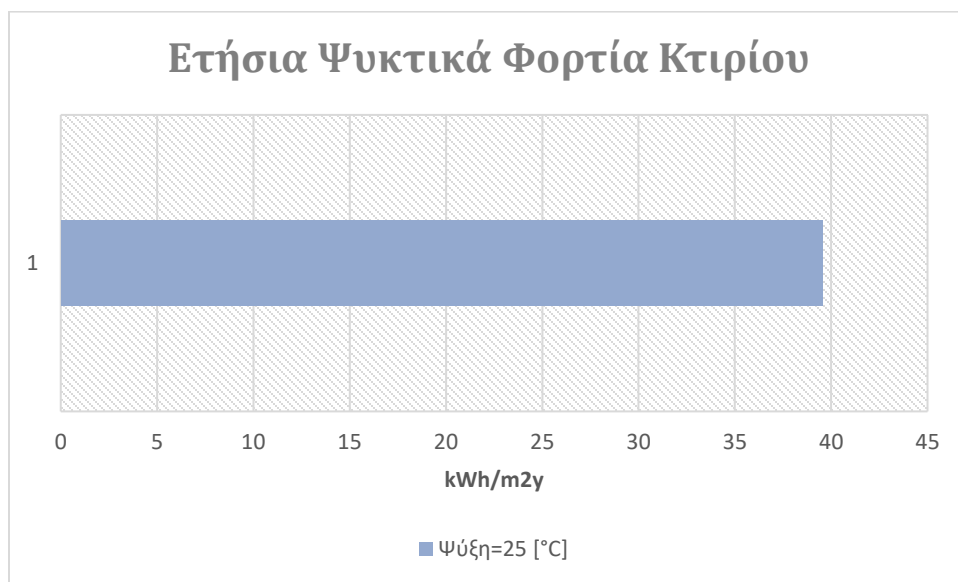


Γράφημα 76 Μηνιαία φορτία Κτηρίου για θέρμανση με λέβητα

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις του Κτηρίου για θέρμανση με λέβητα στους 20 °C.



Γράφημα 77 Ετήσια θερμική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα



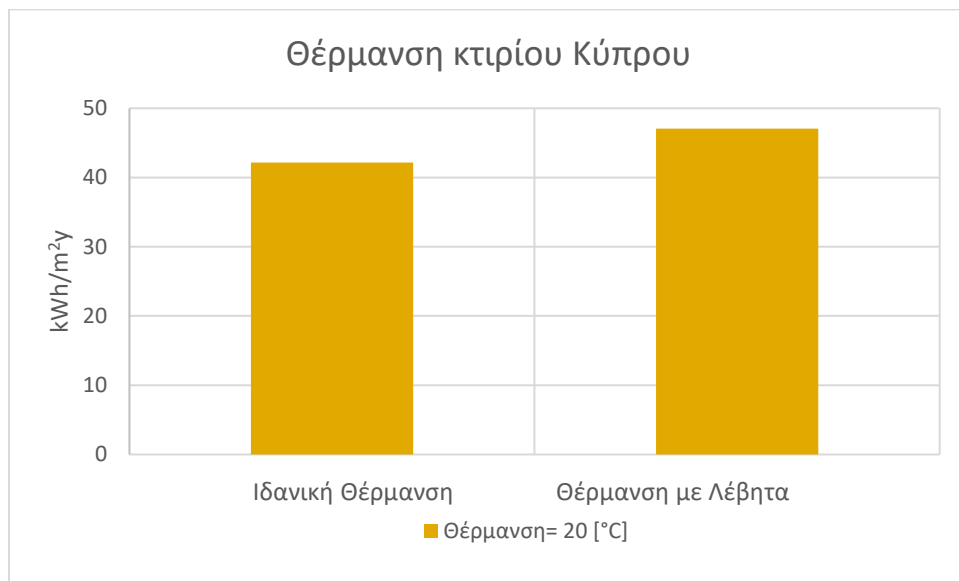
Γράφημα 78 Ετήσια ψυκτική κατανάλωση περίπτωσης λέβητα

Στα διαγράμματα μηνιαίας κατανάλωσης θερμικού/ ψυκτικού φορτίου παρατηρείται ότι το ψυκτικό φορτίο υπολείπεται του θερμικού όπως και στο ιδανικό σενάριο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα μέγιστα ποσά θερμικών και ψυκτικών φορτίων μηνιαία για τα αντίστοιχα σενάρια των διαγραμμάτων.

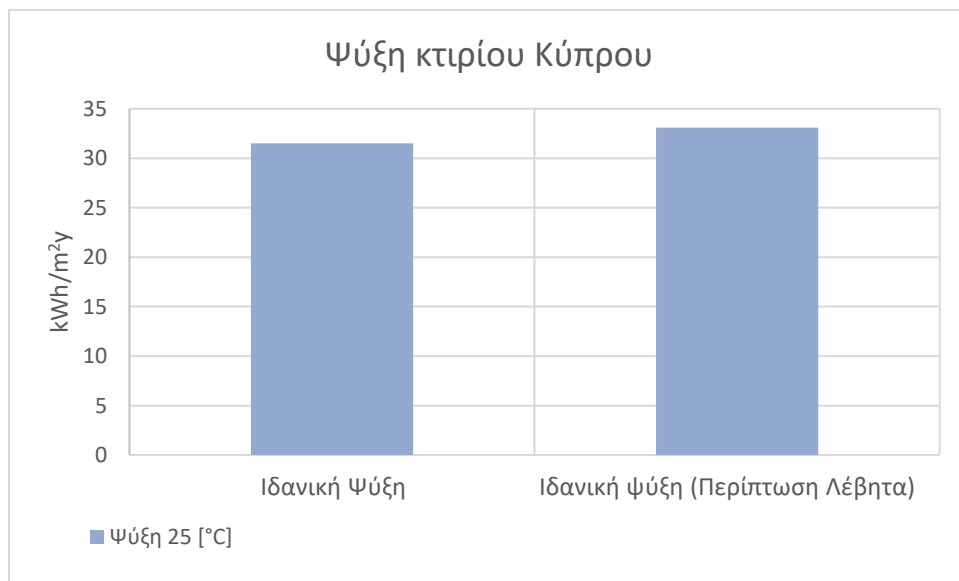
Πίνακας 37 Μηνιαία φορτία Κτηρίου Κύπρου για θέρμανση με λέβητα

Μήνας	Μηνιαίο θερμικό φορτίο (kWh/m ²)	Μηνιαίο ψυκτικό φορτίο (kWh/m ²)
Ιανουάριος	10,96	0,00
Φεβρουάριος	10,55	0,00
Μάρτιος	9,36	0,00
Απρίλιος	2,81	0,00
Μάιος	0,18	0,28
Ιούνιος	0,00	4,08
Ιούλιος	0,00	10,48
Άγουστος	0,00	10,61
Σεπτέμβριος	0,00	5,42
Οκτώβριος	0,00	0,85
Νοέμβριος	0,60	0,00
Δεκέμβριος	8,65	0,00
Ετήσια	43,10	31,71

Το θερμικό φορτίο του Ιανουαρίου είναι σε μεγαλύτερη κλίμακα από τα υπόλοιπα όπως παρατηρείται και στην Ελλάδα και υπάρχει η μεγαλύτερη κατανάλωση θερμότητας, ενώ το μεγαλύτερο μηνιαίο ποσό ψύξης παρατηρείται τον Αύγουστο.



Γράφημα 79 Σύγκριση διαφορετικού τύπου θέρμανσης Ελληνικού Κτηρίου



Γράφημα 80 Ψυκτικές καταναλώσεις έτους για τις δυο περιπτώσεις θέρμανσης

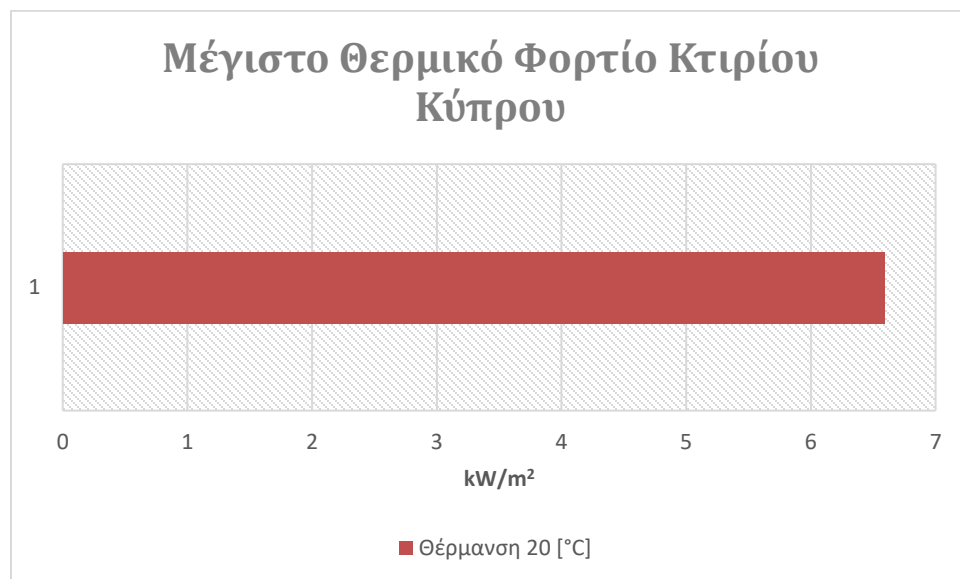
Για την θέρμανση και ψύξη του Κτηρίου από το σενάριο θέρμανσης με λέβητα και με ιδανική θέρμανση προκύπτει ο παρακάτω ποσοστιαίος πίνακας.

Πίνακας 38 Ποσοστιαίες ετήσιες μεταβολές φορτίων με αλλαγή συστήματος θέρμανσης

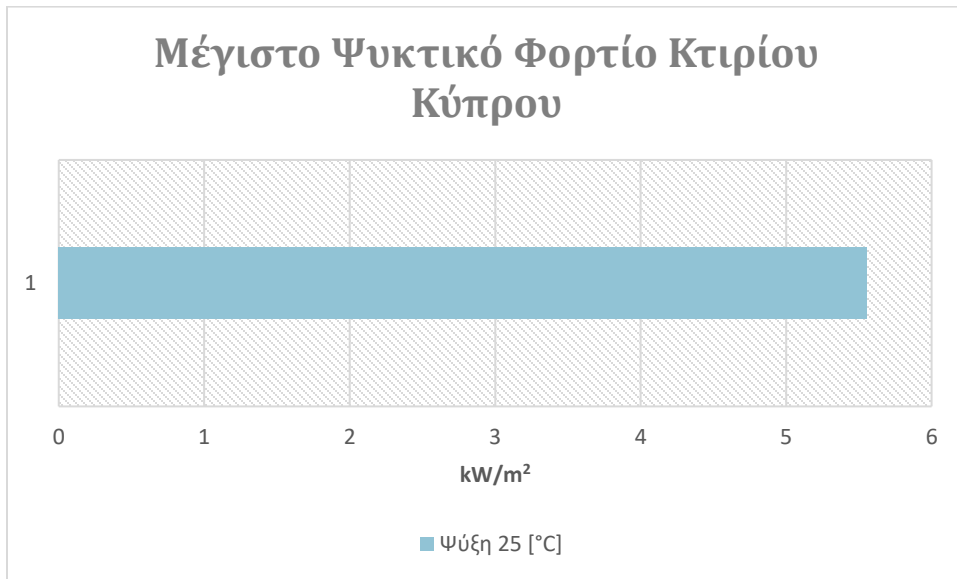
Σύστημα	Ποσοστιαία αύξηση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
Ιδανική θέρμανση σε Χρήση Λέβητα	10,4	0,5 (αμετάβλητη σχεδόν)

Παρατηρείται μια αλλαγή 10.4% στα θερμικά φορτία μεταξύ ιδανικής θέρμανσης και λέβητα που οφείλεται σε απώλειες του συστήματος θέρμανσης λόγω βαθμού απόδοσης του λέβητα και απώλειες καύσης. Στο αποτέλεσμα προστίθεται και η επιλογή ονομαστικής ισχύος του λέβητα που είναι 10 kW και επηρεάζει τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

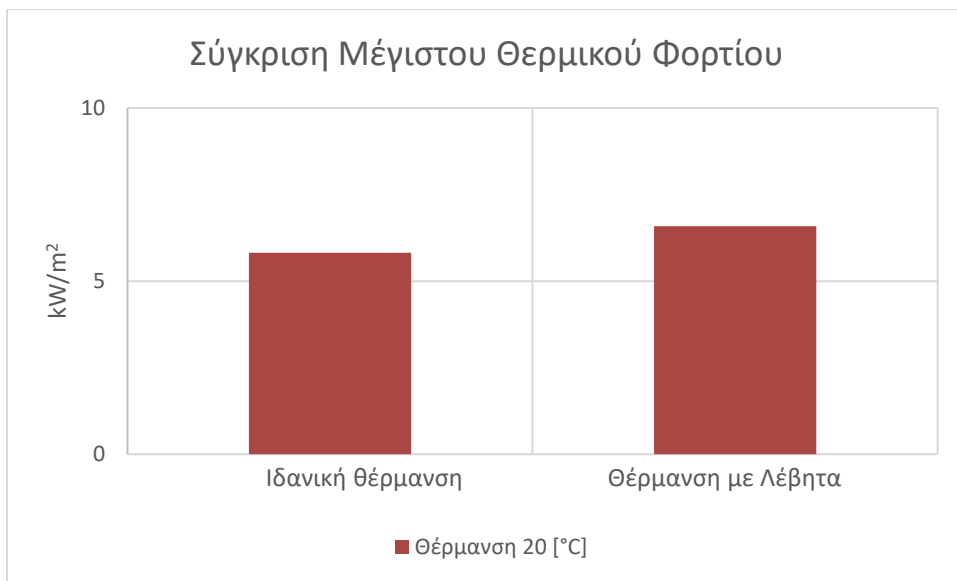
Στα επόμενα διαγράμματα αποτυπώνεται το μέγιστο θερμικό και ψυκτικό φορτίο για το κτήριο της Ελλάδας στα αντίστοιχα setpoint και μονώσεις που μελετήθηκαν.



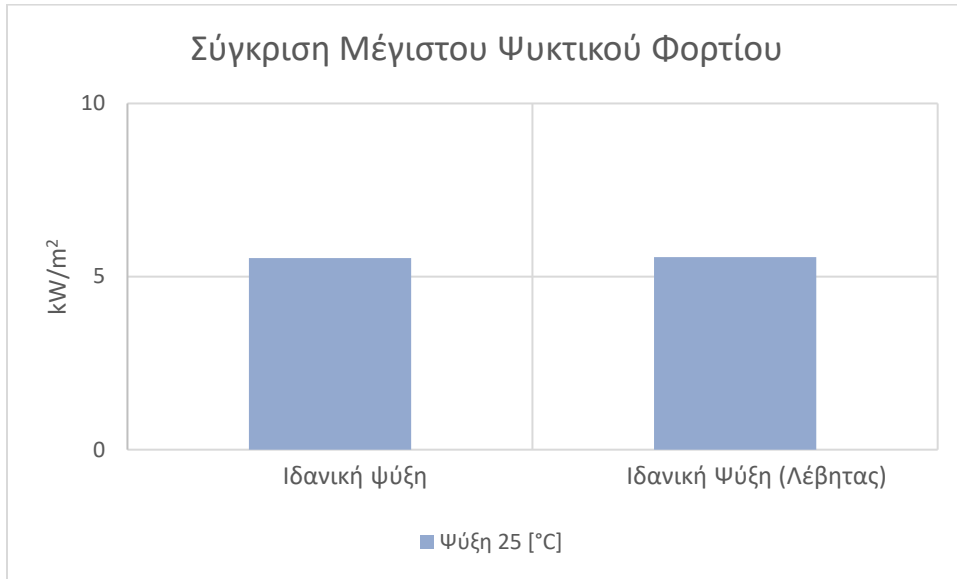
Γράφημα 81 Μέγιστο θερμικό φορτίο για την περίπτωση θέρμανσης με λέβητα



Γράφημα 82 Μέγιστο ψυκτικό φορτίο στην περίπτωση χρήσης λέβητα



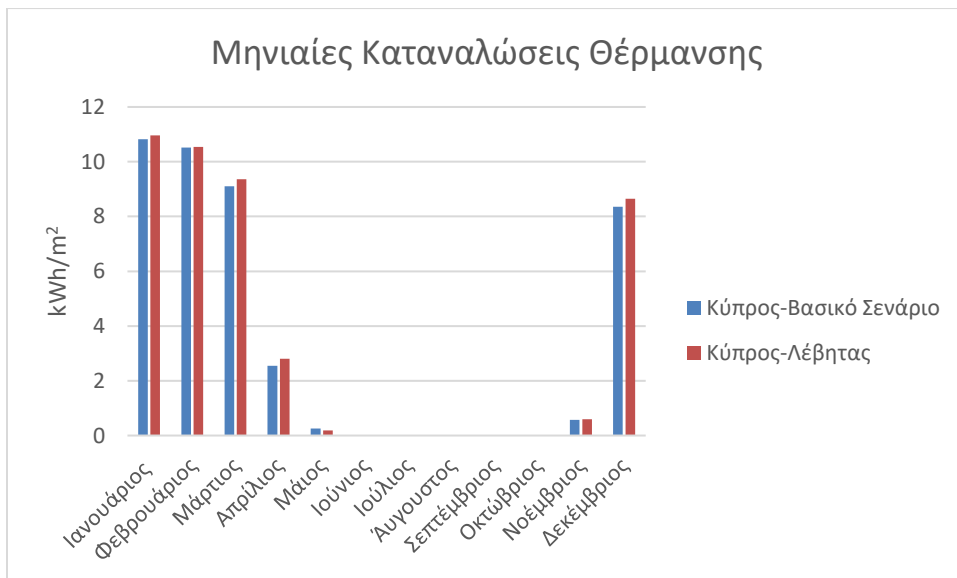
Γράφημα 83 Σύγκριση μέγιστου θερμικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης



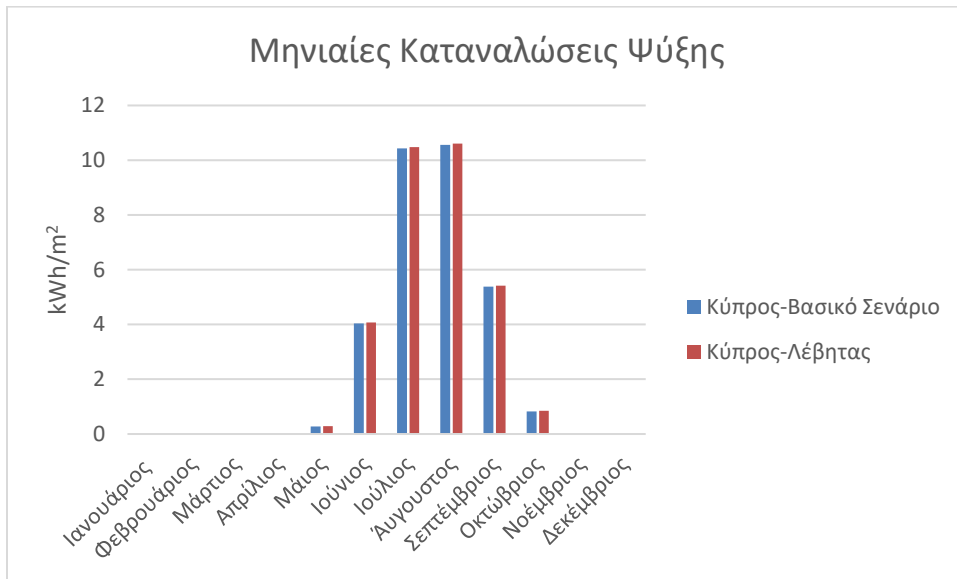
Γράφημα 84 Σύγκριση μέγιστου ψυκτικού φορτίου για τις περιπτώσεις θέρμανσης

Από την σύγκριση του μέγιστου θερμικού φορτίου προκύπτει μια μείωση ανάλογη της ετήσιας κατανάλωσης που περιγράφηκε ενώ το ψυκτικό φορτίο δεν παρουσιάζει αισθητή αλλαγή.

Στα επόμενα διαγράμματα περιέχονται οι μηνιαίες καταναλώσεις των κτηρίων για τις δύο περιπτώσεις θέρμανσης του κυπριακού Κτηρίου.



Γράφημα 85 Σύγκριση καταναλώσεων θέρμανσης για του τύπους θέρμανσης

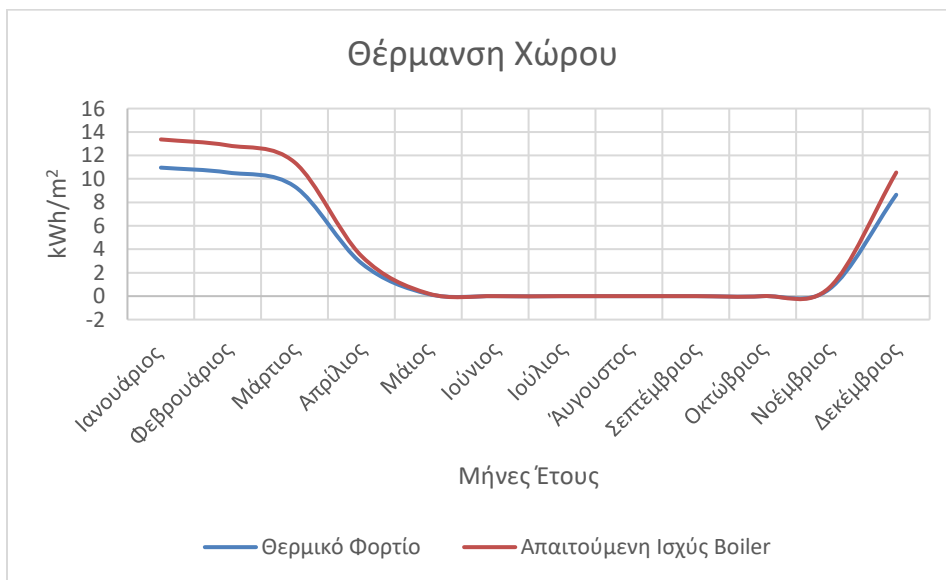


Γράφημα 86 Σύγκριση καταναλώσεων ψύξης για του τύπους θέρμανσης

Τα παραπάνω διαγράμματα επιβεβαιώνουν την εικόνα που δίνει ο Πίνακας 37 με παράλληλη παράθεση των μηνιαίων ποσών για το σύστημα ιδανικής θέρμανσης.

Για την απαίτηση ισχύος από το λέβητα παρουσιάζεται το παρακάτω διάγραμμα που δείχνει την μηνιαία κατανάλωση ισχύος για την θέρμανση του χώρου.

Για την απαίτηση ισχύος από το λέβητα παρουσιάζεται το παρακάτω διάγραμμα που δείχνει την μηνιαία κατανάλωση ισχύος για την θέρμανση του χώρου.

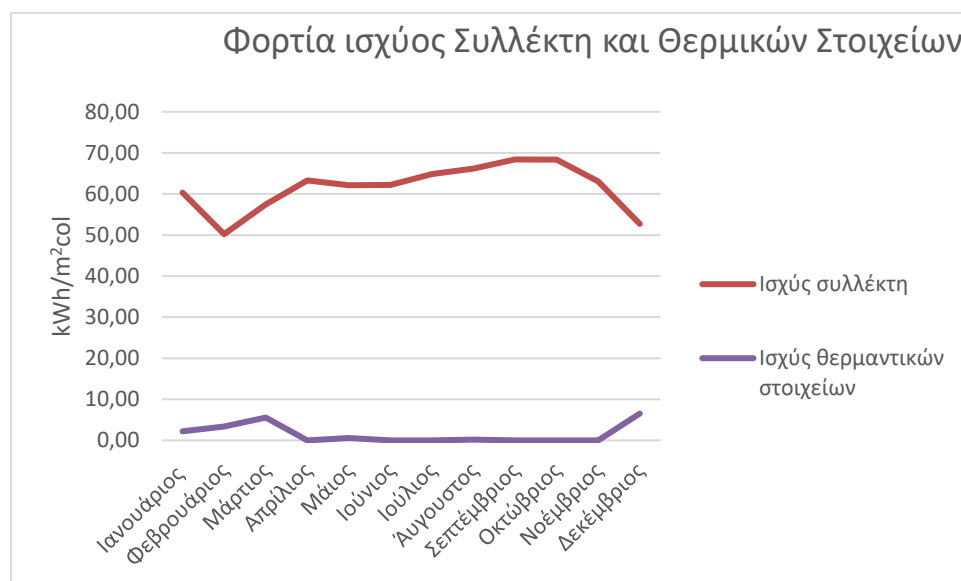


Γράφημα 87 Θερμικό φορτίο και απαίτηση ισχύος λέβητα για θέρμανση

Στην παραπάνω καμπύλη παρατηρείται μια παρόμοια συμπεριφορά φορτίων για τα 2 συστήματα θέρμανσης με την απαιτούμενη ισχύ boiler μεγαλύτερη για την κάλυψη των απωλειών του συστήματος λέβητα- θερμαντικού σώματος και μετάδοσης ενέργειας στο χώρο.

4.6.2.3.1 Ηλιακά Συστήματα Ζεστού Νερού Χρήσης

Για τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης Ζεστού Νερού Χρήσης παρουσιάζονται διαγράμματα κατανάλωσης θερμότητας για την θέρμανση του θερμοδοχείου σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης της θερμότητας από τον ηλιακό συλλέκτη σε μηνιαία και ετήσια βάση όπως και το μέγιστο φορτίο που παρατηρήθηκε.



Γράφημα 88 Απεικόνιση μηνιαίας ισχύος συλλέκτη και θερμικών στοιχείων.

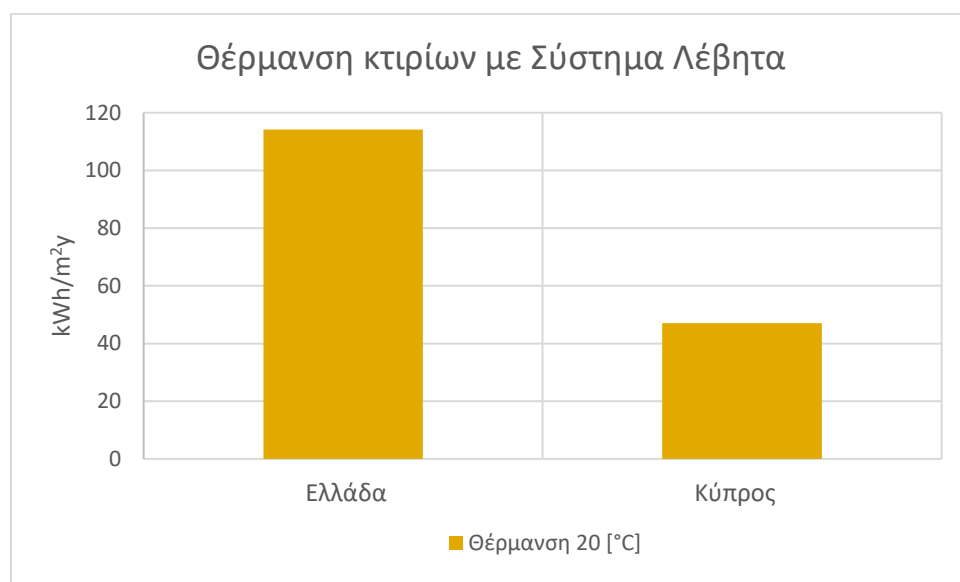
Πίνακας 39 Μηνιαία φορτία συλλέκτη και θερμαντικών στοιχείων

Μήνας	Μηνιαίο φορτίο συλλέκτη (kWh/m ²)	Μηνιαίο φορτίο θερμαντικών στοιχείων (kWh/m ²)
Ιανουάριος	60,35	2,24
Φεβρουάριος	50,20	3,39
Μάρτιος	57,44	5,54
Απρίλιος	63,25	0,00
Μάιος	62,14	0,54
Ιούνιος	62,23	0,00
Ιούλιος	64,84	0,00
Άυγουστος	66,15	0,20
Σεπτέμβριος	68,39	0,00
Οκτώβριος	68,36	0,00
Νοέμβριος	63,06	0,00
Δεκέμβριος	52,68	6,53
Ετήσια	739,09	18,45

Για τα παραπάνω στοιχεία παρατηρείται μια διαφορά ετησίως από τον συλλέκτη στα θερμαντικά στοιχεία 97% ενώ παρατηρείται όπως είναι αναμενόμενο τους χειμερινούς μήνες μεγαλύτερη συνεισφορά των θερμαντικών στοιχείων ενώ το αντίστροφο συμβαίνει στην περίπτωση των θερινών μηνών.

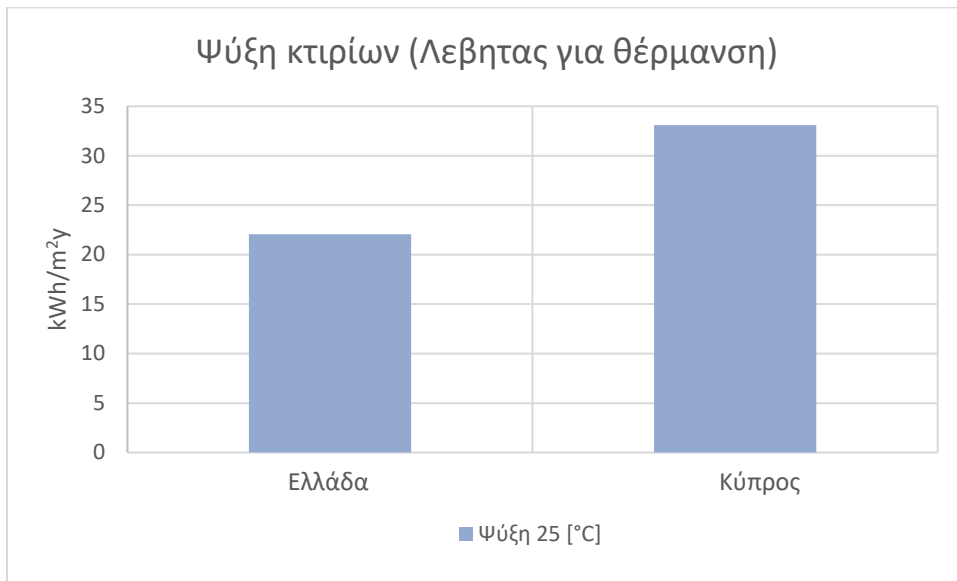
4.7 Σύγκριση βασικών σεναρίων Ελλάδας-Κύπρου Με Σενάριο θέρμανσης από λέβητα

Για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται αποτελέσματα σύγκρισης όλων των σεναρίων για θέρμανση στους 20 °C (ιδανική θέρμανση μέσω TRNSYS – Λέβητας) και ιδανική ψύξη στους 25 °C. Στα διαγράμματα που ακολουθούν γίνεται σύγκριση αρχικά των σεναρίων για θέρμανση με λέβητα σε Ελλάδα και Κύπρο και στη συνέχεια για τα 4 σενάριο που μελετήθηκαν.

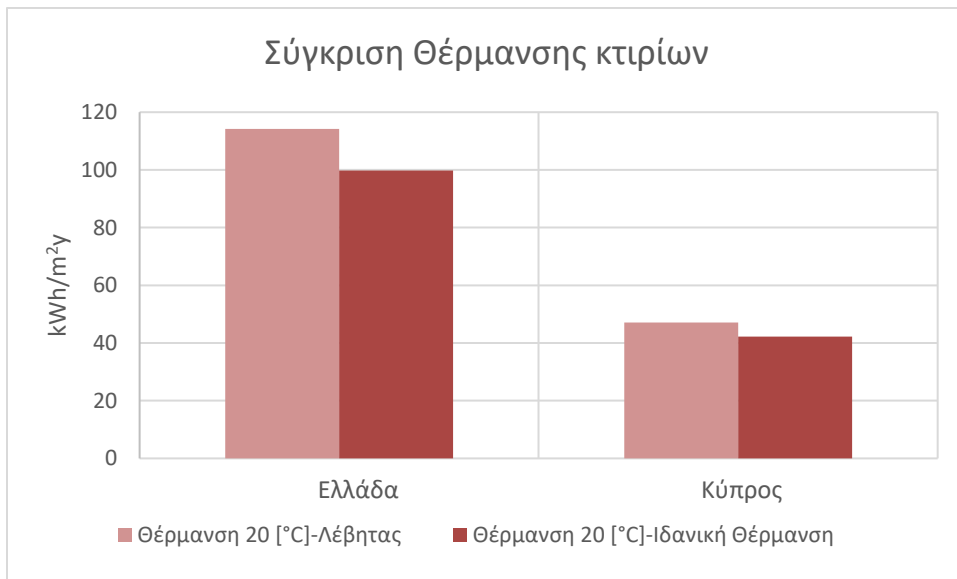


Γράφημα 89 Σύγκριση ετήσιων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου .

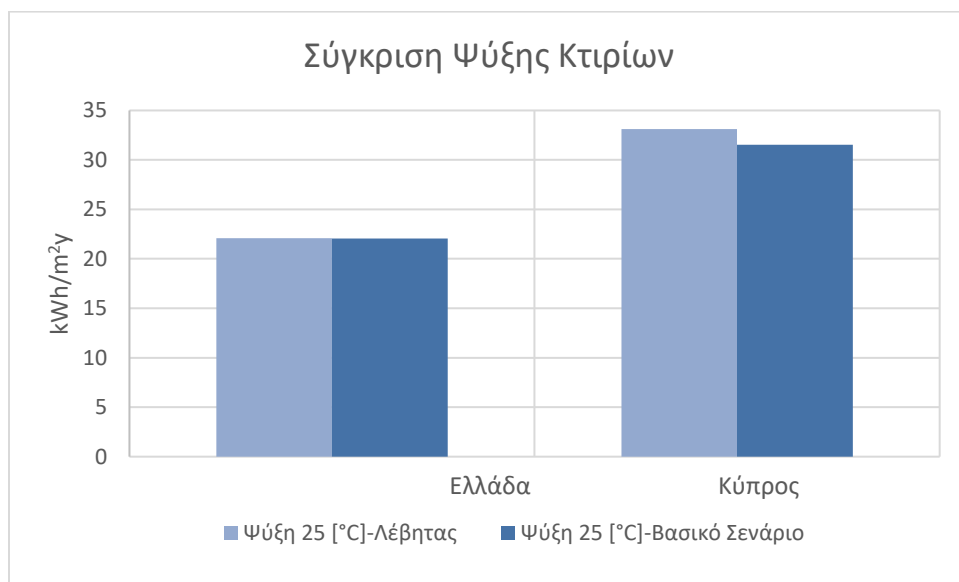
Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει μια διαφορά θερμικών καταναλώσεων μεταξύ Ελλάδας και Κύπρου με την χρήση λέβητα της τάξης του 58%, λόγω της διαφοράς καιρικών δεδομένων (ψυχρότερος χειμώνας στην περιοχή της Αθήνας), μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια Κτηρίου. Για το επόμενο διάγραμμα κυρίως λόγω των καιρικών δεδομένων παρατηρείται μια διαφορά Κύπρου- Ελλάδας σε ποσοστό 33,3%.



Γράφημα 90 Σύγκριση ετήσιων Ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου .



Γράφημα 91 Σύγκριση ετήσιων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου .

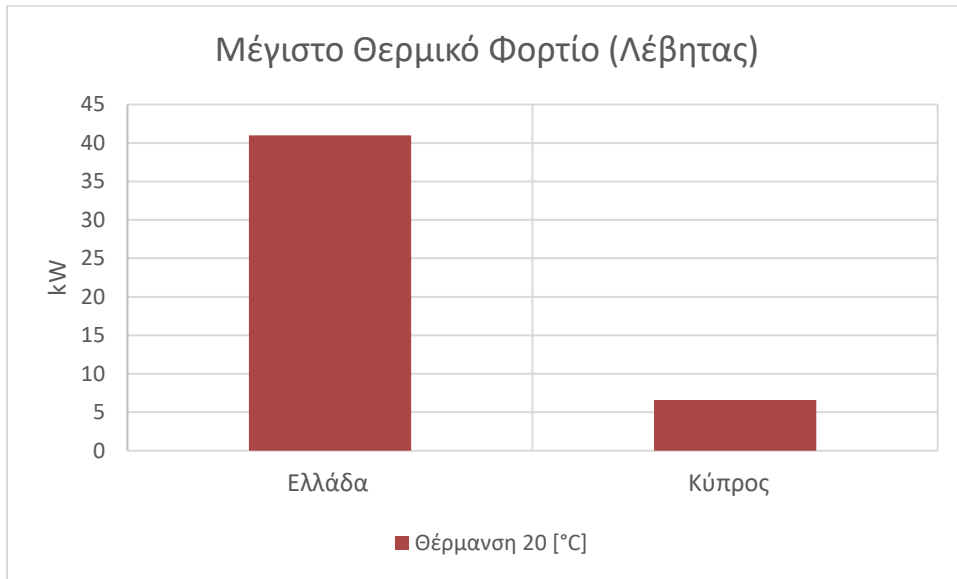


Γράφημα 92 Σύγκριση ετήσιων ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου .

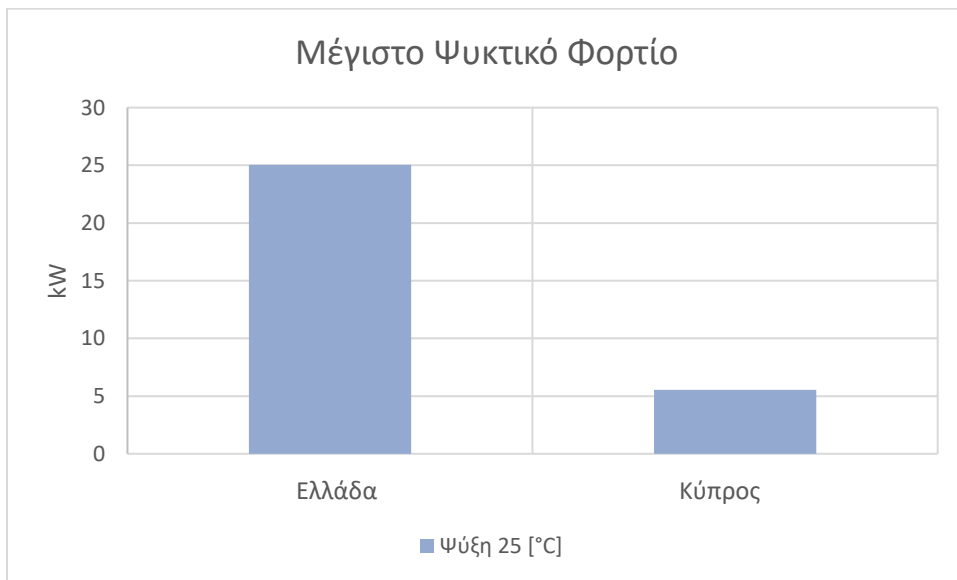
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διαφορά σεναρίων για ιδανική θέρμανση και χρήση λέβητα.

Πίνακας 40 Σύγκριση περιπτώσεων θέρμανσης για Ελλάδα και Κύπρο

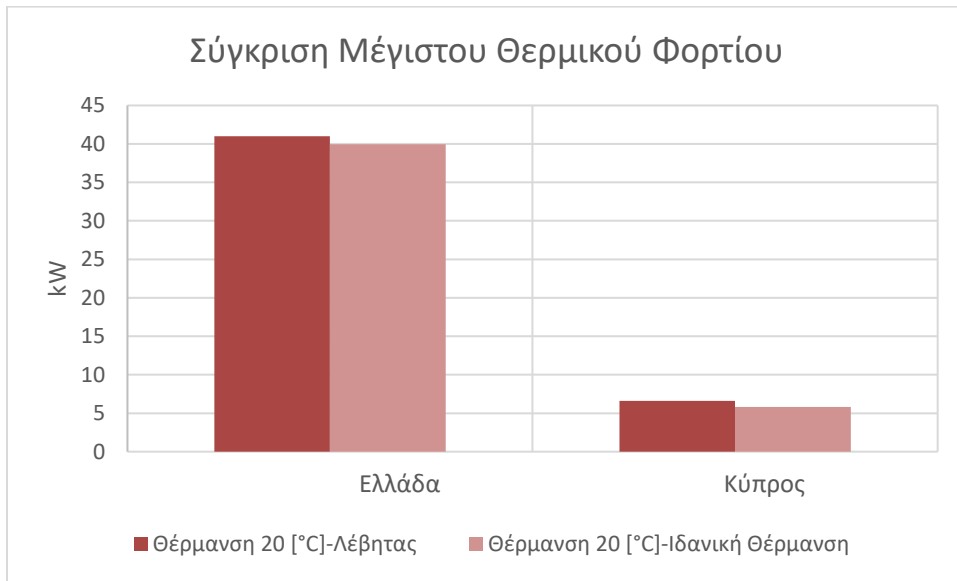
Σύστημα	Ποσοστιαία αύξηση Θερμικού φορτίου [%]	Ποσοστιαία μείωση ψυκτικού φορτίου [%]
Ιδανική θέρμανση σε Χρήση Λέβητα (Ελλάδα)	12,6	0,13
Ιδανική θέρμανση σε Χρήση Λέβητα (Κύπρος)	10,39	0,5



Γράφημα 93 Σύγκριση μέγιστων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου .

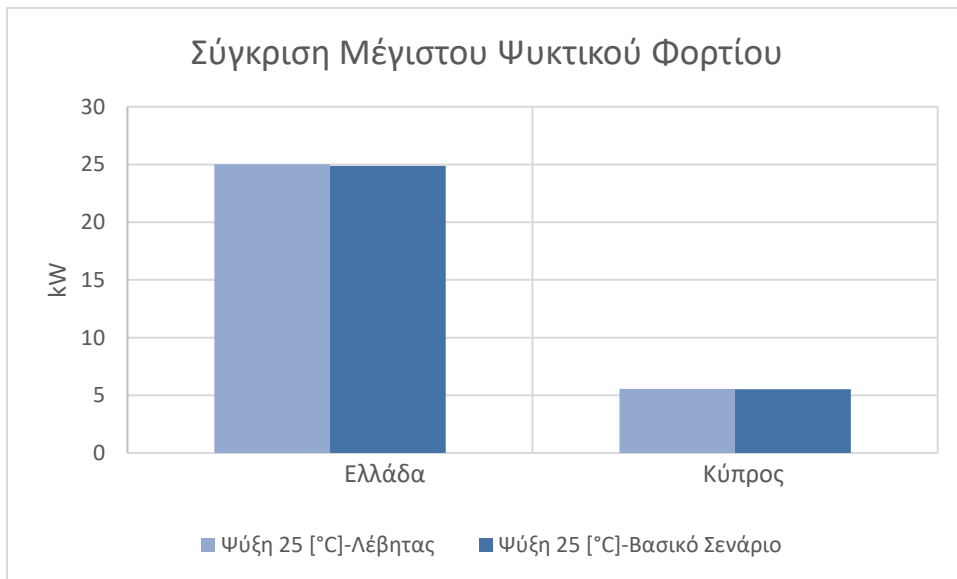


Γράφημα 94 Σύγκριση μέγιστων ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου .



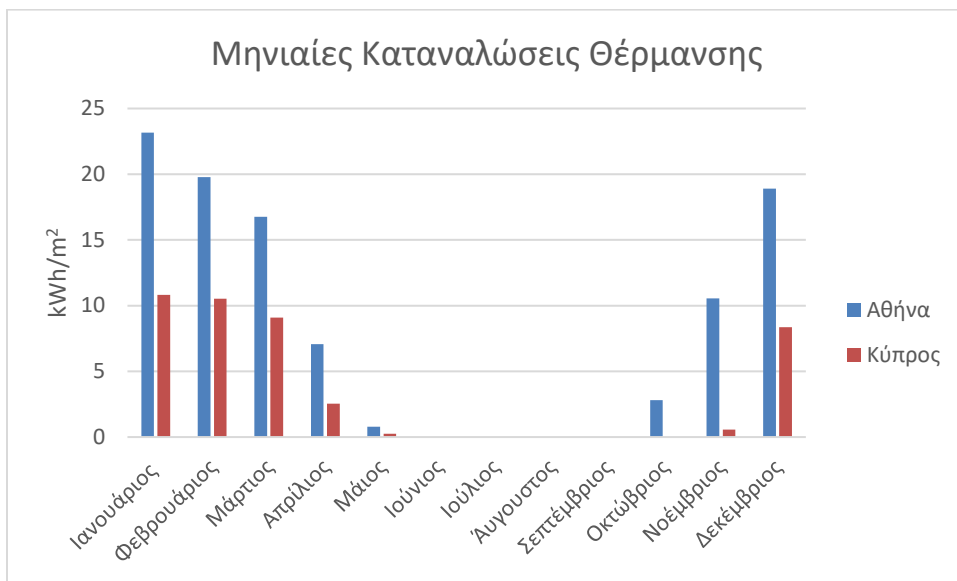
Για τα μέγιστα φορτία παρατηρείται αντίστοιχη μεταβολή των φορτίων όπως περιγράφηκε και για τα ετήσια δεδομένα.

Γράφημα 95 Σύγκριση μέγιστων θερμικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου



Γράφημα 96 Σύγκριση μέγιστων ψυκτικών φορτίων για τα κτήρια Ελλάδας- Κύπρου

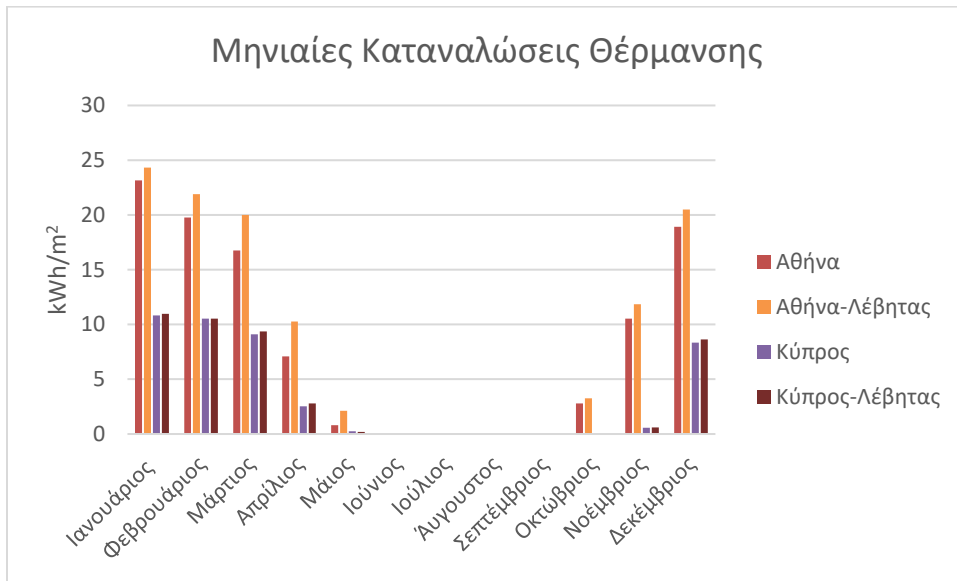
Για τα μέγιστα φορτία παρατηρείται αντίστοιχη μεταβολή των φορτίων όπως περιγράφηκε και για τα ετήσια δεδομένα.



Γράφημα 97 Μηνιαίες κατανάλωσης θέρμανσης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου



Γράφημα 98 Μηνιαίες καταναλώσεις ψύξης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου



Γράφημα 99 Μηνιαίες κατανάλωσης θέρμανσης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου (Συγκεντρωτικά)

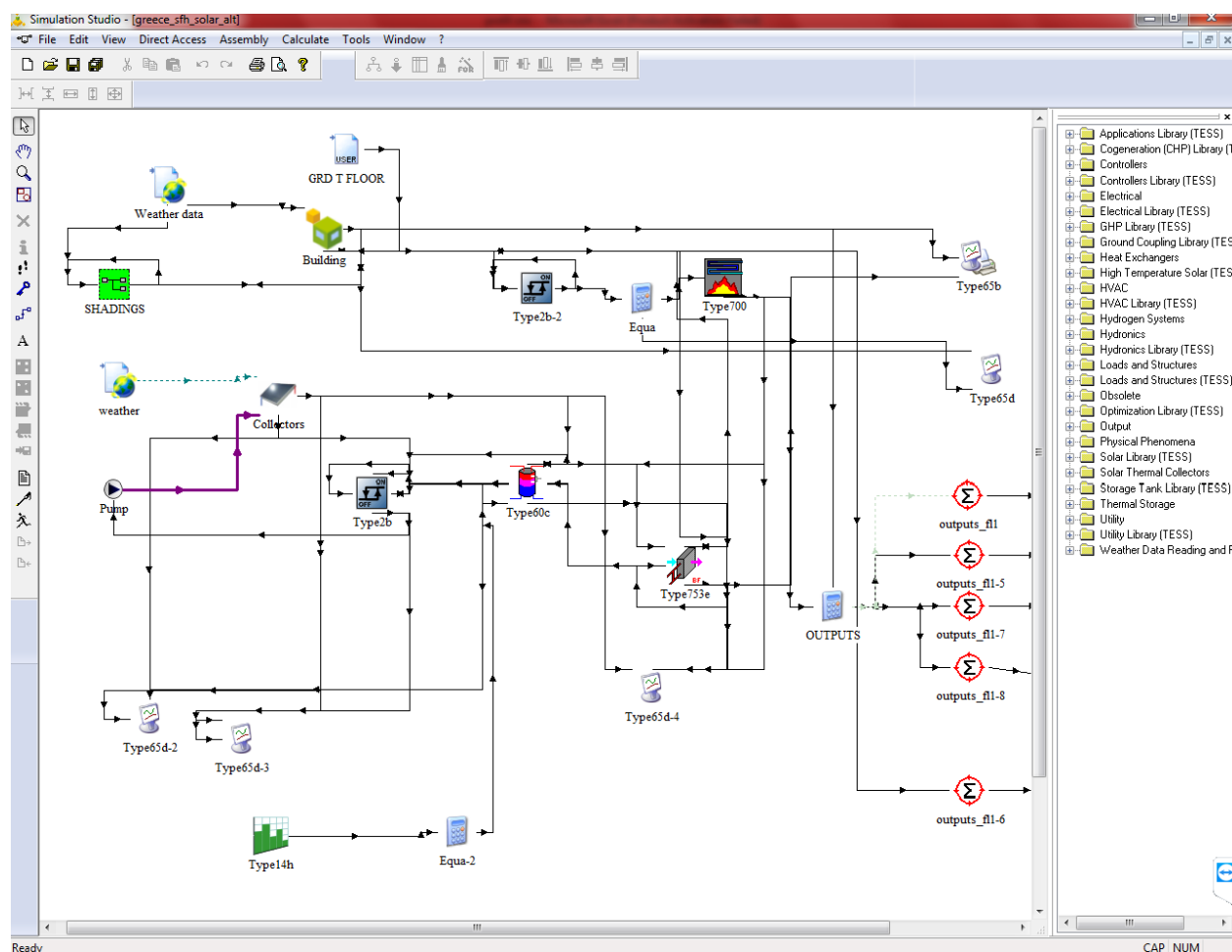


Γράφημα 100 Μηνιαίες κατανάλωσης ψύξης για τα κτήρια Ελλάδας-Κύπρου (Συγκεντρωτικά)

Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η μεταβολή των φορτίων για τα διαφορετικά συστήματα θέρμανσης για τα κτήρια των δύο χωρών και ικανοποιούν τα αποτελέσματα που ανάχθηκαν από τους πίνακες (Πίνακας 24, Πίνακας 28, Πίνακας 34, Πίνακας 37) μηνιαίων καταναλώσεων.

4.8 Ηλιακή υποβοήθηση στη θέρμανση του κτιρίου

Μια εναλλακτική πρόταση θέρμανσης του χώρου με συνδυασμένο σύστημα λέβητα πετρελαίου και ηλιακών συστημάτων επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθεί. Σε αυτή την περίπτωση έγινε προσπάθεια σύνδεσης των δύο συστημάτων σε ένα κοινό θερμοδοχείο ως εναλλάκτες θερμότητας. Για την περίπτωση του ηλιακού συλλέκτη οι παραδοχές για την θέρμανση Ζεστού Νερού Χρήσης υιοθετήθηκαν και έτσι ορίστηκαν τα κατασκευαστικά του στοιχεία όμοια με προηγούμενου κεφαλαίου. Για τον λέβητα πετρελαίου διατηρήθηκαν ομοίως τα κατασκευαστικά του στοιχεία. Ένας επιπλέον εναλλάκτης χρησιμοποιήθηκε για το Ζεστό Νερό Χρήσης ο οποίος θα μπορούσε να διαθέσει την κατανάλωση του νερού στους 45 °C. Η χωρητικότητα του θερμοδοχείου (350 lt) θα τροφοδοτούσε με παροχή ένα θερμαντικό σώμα (heating coil) για την θέρμανση του αέρα του χώρου. Απεικόνιση του συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 30.



Εικόνα 30 Απεικόνιση συνδυασμένου συστήματος στο TRANSYS

Για το εν λόγω σύστημα χρησιμοποιήθηκαν έλεγχοι για την λειτουργία των επιμέρους συνιστωσών καθώς συνεργάζονται στο θερμοδοχείο για την παραγωγή Θερμότητας και Ζεστού Νερού Χρήσης. Σκοπός της προσομοίωσης ήταν να δημιουργηθεί ένα σύστημα με συνεισφορά ηλιακών συστημάτων στο 60 % της ζήτησης και 40% από το λέβητα.

Η όλη προσπάθεια δεν απέδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα πράγμα το οποίο οφείλεται στην μη ανταπόκριση του συστήματος στην διαστασιολόγηση των επιμέρους συνιστωσών ακόμη και στην περίπτωση που λήφθηκαν τυπικές τιμές από την αγορά για αντίστοιχα συστήματα [50],[51],[52],[53][54](συλλέκτης, λέβητας, θερμαντικό στοιχείο, αντλία). Αναφέρεται ότι δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί η θέρμανση και να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία παρά μόνο την περίοδο του καλοκαιριού που ατομικά το κτήριο λόγω καιρικών δεδομένων επιτύγχανε και ότι η θερμοκρασία του ζεστού νερού χρήσης υπερέβαινε σε πολλές περιπτώσεις τους 45 ° C , πράγμα επικίνδυνο και ανθυγιεινό για τον άνθρωπο αφού μπορεί να μεταδοθεί εκτός των άλλων και η νόσος των λεγεωνάριων.

5 Κεφάλαιο: Συμπεράσματα – Μελλοντική Εργασία

5.1 Κεφάλαιο 1

Από την εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση των ευρωπαϊκών οδηγιών αποφαίνεται ξεκάθαρα ότι η προσπάθεια που ξεκίνησε από την δεκαετία 1990 από την ευρωπαϊκή οδηγία μέχρι την συμφωνία του Παρισιού το 2016, έχει συμβάλει ραγδαία στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτηριακού τομέα και οδηγεί ταχέως σε ένα περισσότερο ενεργειακά βιώσιμο μέλλον με αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας.

5.2 Κεφάλαιο 2

Από τα προγράμματα, τις δράσεις και τις σχετικές εργασίες που αναφέρθηκαν διαφαίνεται η σημασία αντιμετώπισης της ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίων που απασχολεί την Ευρώπη και όλο τον σύγχρονο κόσμο εδώ και 40 χρόνια. Μέσω της περιγραφής της λειτουργίας του TABULA WebTool, ένα πολύ σημαντικό εργαλείο που έχει πραγματοποιήσει χαρτογράφηση καταναλώσεων τυπικών κτηρίων για 13 Ευρωπαϊκές χώρες πολύτιμα δεδομένα αξιοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και ιδιαίτερα για το Ελληνικό κτήριο. Με βάση την μεθοδολογία του συγκεκριμένου εργαλείου αλλά και των υπολοίπων διαμορφώθηκε μια ολοκληρωμένη ιδέα για τον τρόπο δόμησης των συστημάτων και της ενεργειακής συμπεριφοράς τους.

5.3 Κεφάλαιο 3

Με την παρουσίαση των τυπικών κτηρίων για την Αθήνα και την Κύπρο αναλύθηκαν όλες οι μεταβλητές που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την μεθοδολογία υπολογισμού. Από την παρουσίαση των δομικών στοιχείων και του τρόπου δόμησης των συστημάτων πολύτιμες πληροφορίες συλλέχθηκαν για τον μετέπειτα υπολογισμό όλων των μεγεθών που ασχολήθηκε η διπλωματική.

Από την λεπτομερή περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του προγράμματος TRNSYS και των συνιστωσών του, έγινε ξεκάθαρη η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και ο τόπος λειτουργίας του για την σχεδίαση των συστημάτων. Ανεξάρτητα από την μορφή είναι ένα πρόγραμμα που δίνει πολλές δυνατότητες στον χρήστη από την δημιουργία εξ ολοκλήρου της κτηριακής δομής και τον υπολογισμό ενεργειακής συμπεριφοράς του εκάστοτε Κτηρίου. Η πληθώρα components που διαθέτει δίνει την ελευθερία διαμόρφωσης οποιουδήποτε συστήματος ο χρήστης θέλει. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στους ελέγχους που δημιουργούνται στο TRNSYS Simulation Studio για αποφυγή λανθασμένων αποτελεσμάτων, στον ορισμό των παραμέτρων για κάθε στοιχείο του συστήματος και την σύνδεση μεταξύ των στοιχείων που συνενεργάζονται.

5.4 Κεφάλαιο 4

5.4.1 Κτήριο Ελλάδας

Για το βασικό σενάριο ιδανικής θέρμανσης-ψύξης Ελληνικού Κτηρίου παρατηρείται ότι το ενεργειακό ισοζύγιο προσφέρει μια απτή εικόνα ότι τα μεγέθη των απωλειών όπως οι απώλειες διείσδυσης, μετάδοσης κ.α. καλύπτονται επαρκώς από τα θερμικά, ψυκτικά φορτία και το σύστημα της προσομοίωσης λειτουργεί σωστά. Τα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης διαφέρουν κατά ένα ποσοστό 12,5% με το πρώτο όπως φαίνεται και στο Γράφημα 23 και Γράφημα 24 . Αυτό συμβαίνει στην διαμόρφωση του χώρου και κυρίως με τον τρόπο υπολογισμού των φορτίων από το πρόγραμμα TRNSYS. Η αδυναμία απόδοσης αρχικά σχεδιαστικά των εσωτερικών επιφανειών του Κτηρίου στο Google Sketch Up δημιουργεί αδυναμία κατά την εισαγωγή κάποιων θερμικών χαρακτηριστικών στο πρόγραμμα TRNSYS και είναι πιθανόν η αυξημένη διαφορά των δυο φορτίων να οφείλεται σε αυτό. Επίσης στο προηγούμενο επιχείρημα πρέπει να συνυπολογισθεί και το μέγεθος του Κτηρίου όπου φανερώνει μεγάλη κατανάλωση.

Για τα σενάρια των μονώσεων όπως φαίνεται και στα γραφήματα (Γράφημα 25, Γράφημα 26), το θερμικό και το ψυκτικό φορτίο μειώνονται που είναι αναμενόμενο. Η μετάβαση από το σενάριο μόνωση 3cm στο 5 cm είναι προτιμότερη από το 3cm στο 7cm όπως φαίνεται και στον Πίνακα 27 λόγω της μικρότερης σχετικά μείωσης του θερμικού φορτίου για αυτήν τη μετάβαση. Στο Γράφημα 73 παρίσταται η μηνιαία κατανάλωση ισχύος λέβητα για την κάλυψη των θερμικών αναγκών όπου σε περιόδους θέρμανσης είναι λίγο μεγαλύτερη λόγω απωλειών λέβητα μετάδοσης θερμότητας που πρέπει να υπερκαλυφθούν με διαφορά από το βασικό σενάριο της τάξης του 12,6%.

Για την χρήση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης παρατηρούμε μια διαφορά στην ισχύ συλλέκτη με θερμαντικά στοιχεία θερμοδοχείου της τάξης του 17% που είναι απαραίτητο να αυξηθεί για ικανοποιητική αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, με προσθήκη ίσως περισσότερων συλλεκτών η διαφορετικής φύσης θερμοδοχείου για καλύτερη αξιοποίηση της ισχύος που μπορεί να παράγει ο συλλέκτης.

5.4.2 Κτήριο Κύπρου

Παρατηρώντας το Γράφημα 34, Γράφημα 35, Γράφημα 36, Γράφημα 37 φαίνεται ότι τα θερμικά και ψυκτικά φορτία είναι σε καλή ισορροπία με το ψυκτικό να υπερτερεί ελάχιστα του θερμικού που είναι αναμενόμενο για τα καιρικά δεδομένα της Κύπρου. Για τις ετήσιες καταναλώσεις, τα μέγιστα φορτία και τις μηνιαίες καταναλώσεις έχουμε παρόμοια συμπεριφορά με το κτήριο της Ελλάδας και είναι αναμενόμενο (Γράφημα 46, Γράφημα 47, Γράφημα 48).

Για την μελέτη της περίπτωση μόνωσης με τα χαρακτηριστικά του Κυπριακού Κτηρίου φαίνεται μια αύξηση του θερμικού και μείωση του ψυκτικού που οφείλεται στα μικρότερα πάχη μόνωσης του ελληνικού Κτηρίου (Γράφημα 40, Γράφημα 41). Από τα σενάρια που μελετώνται προκύπτει ότι η μετάβαση από το βασικό σενάριο μόνωσης στα 5cm είναι περισσότερο συμφέρουσα από την μετάβαση στα 7cm λόγω μικρότερης μείωσης θερμικού φορτίου.

Από τα διαγράμματα μηνιαίας κατανάλωσης παρατηρούμε ότι το θερμικό φορτίο του Κτηρίου της Ελλάδας είναι τριπλάσιο της Κύπρου το οποίο δικαιολογείται αν σκεφτεί κανείς ότι η συνολική επιφάνεια του ελληνικού Κτηρίου είναι 345 m² ενώ της Κύπρου 140 m². Για τα ψυκτικά φορτία παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο μια διαφορά της τάξης των 10,4 kWh/m² που δικαιολογείται από τα καιρικά δεδομένα των 2 χωρών και το πιο θερμό καλοκαίρι της Κύπρου.

Για τα μέγιστα φορτία θέρμανσης και ψύξης, και για την απαίτηση ισχύος λέβητα παράγονται τα ίδια αποτελέσματα συμπεριφοράς όπως στο κτήριο της Ελλάδας (Γράφημα 83, Γράφημα 85, Γράφημα 87).

Για την περίπτωση του ετήσιου θερμικού φορτίου παρατηρούμε μια αύξηση 10,4 % που είναι αναμενόμενο αν σκεφτεί κανείς τις απώλειες του συστήματος θέρμανσης με λέβητα-θερμαντικού σώματος ενώ για το ψυκτικό φορτίο δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση (Γράφημα 80).

Για την χρήση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης παρατηρούμε μια διαφορά στην ισχύ συλλέκτη με θερμαντικά στοιχεία θερμοδοχείου της τάξης του 97% που είναι πέραν του ιδανικού για αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε αυτό συμβάλλει σημαντικά και το καιρικό προφίλ της Κύπρου.

5.5 Σύστημα Ηλιακής Υποβοήθησης

Για το παρόν σύστημα πέραν της αποτυχίας επαρκούς εφαρμογής του και αξιοποίησης των αποτελεσμάτων κατέδειξε ότι για την δημιουργία οποιουδήποτε συστήματος στο TRNSYS, αρχικά θα πρέπει να έχουν ορισθεί επαρκώς όλες οι μεταβλητές που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν και όχι μόνο να χρησιμοποιηθούν αποδεκτές τιμές. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα δεν επαρκεί μόνο να δημιουργηθεί αλλά να έχει γίνει λεπτομερής ανάλυση της σύνδεσης των στοιχείων και της χρήσης των ελέγχων σε περίπτωση που δεν απαιτείται να λειτουργήσει κάποιο στοιχείο. Η συνεργασία των συνιστωσών είναι άρρηκτη και λόγω υστέρησης χρησιμοποιούνται τιμές που δεν γνωρίζουμε (λόγω λειτουργίας black-box) και δυστυχώς δεν παρέχονται επαρκείς πληροφορίες για την λειτουργία τους στο σύστημα.

5.6 Προτάσεις – Μελλοντική εργασία

Για την βέλτιστη αξιοποίηση των συστημάτων που δημιουργήθηκαν, τα υπάρχοντα σχέδια μέσω SketchUp αλλά και τα συστήματα που δημιουργήθηκαν για την θέρμανση και την παραγωγή ζεστού νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν από επόμενες εργασίες και για άλλα τυπικά κτήρια. Μέσω αυτής της διαδικασίας μπορεί να γίνει χαρτογράφηση κατανάλωσης κτηρίων σε μεγάλο φάσμα και ίσως και για διαφορετικές χώρες. Ο χρήστης μέσω αυτής της προσέγγισης δεν θα χρειαστεί να επαναλάβει αρχικά βήματα σχεδίασης κτηρίων και συστημάτων και τα υπάρχοντα θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σαν βάση για εμπλουτισμό των συστημάτων και διαφοροποίηση της λειτουργίας για την εκάστοτε ανάγκη.

Επιπρόσθετα κάτι που θα ενδιέφερε ιδιαίτερα, είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων των σεναρίων TRNSYS με άλλα υπολογιστικά εργαλεία όπως το EnergyPlus, MATLAB κ.α. για εξακρίβωση των αποτελεσμάτων.

Προτείνεται η δημιουργία οικονομο-τεχνικής ανάλυσης των μεγεθών με τιμές αγοράς πετρελαίου, κόστος χρηματοδότησης αγοράς εξοπλισμού για συστήματα θέρμανσης σε νέα κτήρια ή αντικατάσταση παλιού και ενεργοβόρου εξοπλισμού θέρμανσης Ζεστού Νερού Χρήσης (ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες).

Τέλος θα ήταν σκόπιμο μια λεπτομερής μελέτη του συνδυασμένου συστήματος ηλιακής υποβοήθησης, ώστε να μπορούν να διορθωθούν ατέλειες στο σύστημα για την εξαγωγή διαχειρίσιμων δεδομένων και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως βάση για κομμάτι άλλης εργασίας.

6 Βιβλιογραφία

- [1] G. Alva, Y. Lin, and G. Fang, “An overview of thermal energy storage systems,” *Energy*, vol. 144, pp. 341–378, 2018.
- [2] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, “A review on buildings energy consumption information,” *Energy Build.*, vol. 40, no. 3, pp. 394–398, 2008.
- [3] (IEA) International Energy Agency, “IEA - Report,” 2015. [Online]. Available: <https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?product=Indicators&country=WORLD>. [Accessed: 01-Mar-2018].
- [4] L. G. Swan and V. I. Ugursal, “Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, no. 8, pp. 1819–1835, 2009.
- [5] C. A. Balaras, K. Droutsa, E. Dascalaki, and S. Kontoyiannidis, “Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings,” *Energy Build.*, vol. 37, no. 5, pp. 429–442, 2005.
- [6] The European Union, “Οδηγία 2002/91/ εκ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου Και Του Συμβουλίου Της 16 ης Δεκεμβρίου 2002 για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων,” *Off. J. Eur. Union*, vol. 2002, pp. 65–71, 2003.
- [7] J. Coma, J. M. Maldonado, A. De Gracia, and T. Gimbernat, “Benchmarking of energy demand of domestic and small business buildings,” no. April, 2018.
- [8] European Committee for Standardization (CEN), “Energy performance of buildings—Calculation of energy use for space heating and cooling,” *Iso*, vol. 2006, no. 50, p. 140, 2008.
- [9] S. Serrano, D. Ürge-Vorsatz, C. Barreneche, A. Palacios, and L. F. Cabeza, “Heating and cooling energy trends and drivers in Europe,” *Energy*, vol. 119, pp. 425–434, 2017.
- [10] EU, “Οδηγία 2010/31/Εε Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου Και Του Συμβουλίου Για Την Ενεργειακή Απόδοση Των Κτηρίων.,” *Επίσημη Εφημεριδα Της Ε.Ε.*, pp. 13–35, 2010.
- [11] EU, “Το πρωτόκολλο του Κυότο,” *Εφημερίς Της Κυβερνήσεως, της Ελληνικής Δημοκρατίας*, vol. Τεύχος, no. 1, pp. 1781–1816, 2002.
- [12] Βούλγαρη Αντιγόνη, “Το Πρωτόκολλο του Κυότο και οι ελληνικές δεσμεύσεις,” 2002.
- [13] Ministry of Energy and Climate Change, “Report on the long term strategy for the attraction of investments on the renovation of the Greek national building stock,” p. 164, 2014.
- [14] UNFCCC. Conference of the Parties (COP), “Paris Climate Change Conference-November 2015, COP 21,” *Adopt. Paris Agreement. Propos. by Pres.*, vol. 21932, no. December, p. 32, 2015.
- [15] EU, “Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους,” *COM(2016) 860*, p. 16, 2016.
- [16] J. Kurnitski *et al.*, “How to define nearly net zero energy buildings nZEB,” *REHVA J.*, no. May 2011,

- pp. 6–12, 2012.
- [17] D. D’Agostino and D. Parker, “A framework for the cost-optimal design of nearly zero energy buildings (NZEBs) in representative climates across Europe,” *Energy*, 2018.
- [18] E. Annunziata, M. Frey, and F. Rizzi, “Towards nearly zero-energy buildings: The state-of-art of national regulations in Europe,” *Energy*, vol. 57, pp. 125–133, 2013.
- [19] Dr. Elena Dascalaki, Ms. Constantinos A. Balaras, PhD Popi Droutsas, and Ms. Simon Kontoyannidis, “Typology Approach for Building Stock Energy Assessment,” *Natl. Sci. Rep.*, no. May, pp. 1–76, 2012.
- [20] P. Officer, “HYBUILD WP6 : Demonstration sites / Technical report,” no. December, 2017.
- [21] T. Loga, N. Diefenbach, E. G. Dascalaki, and C. Balaras, *Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks. Existent Experiences in European Countries and Common Approach: First TABULA Synthesis Report*, no. June 2009. 2010.
- [22] TABULA Project Team, “Typology Approach for Building Stock Energy Assessment - Main Results of the TABULA project,” no. June 2009, p. 43, 2012.
- [23] T. Creator *et al.*, “Infrastructure for Spatial Information in Europe Data Specification on Buildings – Draft Technical Guidelines Foreword How to read the document ?,” no. March 2007, 2013.
- [24] C. Di Pasquale *et al.*, “Simulation Results of Reference Buildings,” p. 66, 2014.
- [25] Episcopo, “Episcopo, Project information,” 2013.
- [26] G. Dall’o’, A. Galante, and M. Torri, “A methodology for the energy performance classification of residential building stock on an urban scale,” *Energy Build.*, vol. 48, pp. 211–219, 2012.
- [27] H. K. G. M. Madurika and G. P. T. S. Hemakumara, “Gis Based Analysis For Suitability Location Finding In The Residential Development Areas Of Greater Matara Region,” vol. 6, no. 02, pp. 96–105, 2017.
- [28] S. C. Zerefos, C. A. Tassas, A. M. Kotsiopoulos, D. Founda, and A. Kokkini, “The role of building form in energy consumption: The case of a prismatic building in Athens,” *Energy Build.*, vol. 48, pp. 97–102, 2012.
- [29] TABULA Project, “Typology Approach for Building Stock Energy Assessment,” no. June 2009, pp. 1–16, 2010.
- [30] E. G. Dascalaki, K. G. Droutsas, C. A. Balaras, and S. Kontoyiannidis, “Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings - A case study for the Hellenic building stock,” *Energy Build.*, vol. 43, no. 12, pp. 3400–3409, 2011.
- [31] E. Γ. Δασκαλάκη, Κ. Δρούτσα, Κ. Α. Μπαλαράς, and Σ. Κοντογιαννίδης, “Τυπολογία Ελληνικών Κτηρίων Κατοικίας,” *Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας*, no. March, 2016.
- [32] Prof. Dr. Despina Serghides, Ms Marina Markides, Dr. Martha Katafygiotou, Cyprus University of Technology, and Faculty of Geotechnical Sciences and Environmental Management EPISCOPE, “NATIONAL TYPOLOGY BROCHURES FOR CYPRUS,” no. September, 2014.

- [33] Valencian Institute of Building, "Use of Building Typologies for of National Building Stock . Existent Experiences in Spain," no. November, p. 31, 2011.
- [34] U. Rochard, S. Shanthirablan, and C. Brejon, "Bâtiments résidentiels," 2015.
- [35] ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ, "ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ," *Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017*, vol. Α', pp. 1–188, 2017.
- [36] G. R. Zoneb, S. F. H. Gen, G. R. Flo, and G. R. Win, "U-values," pp. 0–3, 2000.
- [37] M. Terrain, "No Title."
- [38] S. A. Klein, "TRNSYS 17: A Transient System Simulation Program," *Sol. Energy Lab. Univ. Wisconsin, Madison, USA*, vol. 1, pp. 1–5, 2010.
- [39] Solar Energy Laboratory, "Trnsys 17," *Univ. Wisconsin-Madison*, vol. 2, pp. 1–29, 2012.
- [40] TESS, "Trnsys 17 Component Library Overview," *User Man.*, vol. 3.
- [41] S. A. Klein, W. A. Beckman, J. W. Mitchell, and J. A. Duffie, "Mathematical Reference Transient System Simulation Program TRNYS 17," *Trnsys 17*, vol. 4, p. 474, 2014.
- [42] G. Started, "Trnsys 17," vol. 5, pp. 1–79, 2013.
- [43] Solar Energy Laboratory, "Trnsys 17," *Univ. Wisconsin-Madison*, vol. 6, pp. 1–29, 2012.
- [44] T. Energietechnik, G. Curiestra, and S. Fax, "Trnsys3d Tutorial," no. March, 2012.
- [45] T. Multizone *et al.*, "1 TRNSYS Multizone Slab Model Input File 1 . 1 Using Google SketchUp to Create the Input File."
- [46] Solar Energy Laboratory, "Trnsys 17," *Univ. Wisconsin-Madison*, vol. 5, pp. 1–29, 2012.
- [47] A. Handbook, *2012 ASHRAE Handbook DISCLAIMER*, no. 90. 2012.
- [48] A. New and W. Tutorial, "Section on the," no. June, 2005.
- [49] Y. Π. Ε. Κ. Α. Αλλαγησ *et al.*, "Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010," vol. 2014, 2014.
- [50] "ΖΩΓΟΠΟΥΛΟΣ_Μελέτες Συστημάτων Κεντρικής Θέρμανσης.pdf." .
- [51] S. S. C, "Fan Coil Units," *Components*, vol. 01, pp. 1–22, 2008.
- [52] "Ηλιοθερμία," "Γεώργιος Ανδριανός," 2013.
- [53] S. Collectors and H. Kit, "No1 ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ / No 1 UNDER THE SUN ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΒΙΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ FORCED CIRCULATION SYSTEMS SOLAR COLLECTORS TECHNICAL MANUAL," no. 1, pp. 1–48.
- [54] "Τιμοκαταλογος GRUNDFOS," 2018.