ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΉ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σχεδιασμός & μελέτη μετατροπής υφιστάμενων κατοικιών σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης»

Ιερωνυμάκης Αθανάσιος

Εξεταστική Επιτροπή:
Επίκ. Καθηγήτρια Δ. Κολοκοτσά (επιβλέπουσα)
Αναπλ. Καθηγητής Θ. Τσούτσος
Καθηγητής Μ. Λαζαρίδης

Χανιά, 2/9/2013

Περίληψη

Η μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα έδωσε το έναυσμα για προσπάθειες ενεργειακής εξοικονόμησης τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές και Ευρωπαϊκό επίπεδο. Η εξοικονόμηση ενέργειας στις χώρες της Νότιας Ευρώπης λόγω της υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ενεργειακές ανάγκες τόσο σε θερμικά όσο και σε ψυκτικά φορτία.

Κυρίαρχο ρόλο σε νομοθετικό επίπεδο για την μείωσης και την εξοικονόμηση ενέργειας διαδραμάτισε η Οδηγία 2010/31/ΕΚ η οποία έθεσε τους στόχους για την κατασκευή κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με παράλληλη προώθηση βιοκλιματικών μεθόδων με πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται διερεύνηση της ενεργειακής βελτίωσης σε κτίριο του πρωτογενούς τομέα από την χρήση καινοτόμων και παλαιών τεχνικών βελτίωσης του κτιριακού κελύφους. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η ενεργειακή κατάσταση διώροφης κατοικίας που εδράζεται στην περιοχή Αμμούδι Λυγαριάς του Δήμου Μαλεβιζίου στον Νομό Ηρακλείου, που εντάσσεται στη Ά κλιματική ζώνη. Η εν λόγο κατοικία είναι ένα κτίριο με ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, προβόλους μεγάλες επιφάνειες που εφάπτονται με το έδαφος, η προσομοίωση της οποίας έγινε μέσο του υπολογιστικού πακέτου Energy Plus.

Μελετήθηκαν μέτρα ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου που αφορούν την θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους και την αλλαγή των υαλοπετασμάτων, την δημιουργία ηλιακών χώρων καθώς και την χρήση σταθερών και κινητών σκιάστρων. Μελετήθηκε επίσης και η εξοικονόμηση ενέργειας από την μείωση κατά ένα βαθμό της επιθυμητής χειμερινής θερμοκρασίας στους χώρους του κτιρίου.

Η μοντελοποίηση της κατοικίας με χρήση του υπολογιστικού πακέτου Energy Plus απέδειξε ότι από το συνδυασμό των παραπάνω μέτρων μπορεί να επιτευχθεί μείωση κατά 89,17 % και 55,13 % στα φορτία θέρμανσης και ψύξης, με την συνολική εξοικονόμηση ενέργειας να ανέρχεται στα 79,22 %.

Για την ολοκλήρωση της μετατροπής της κατοικίας από χαμηλής σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης μελετήθηκε η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που θα βρίσκονται στον χώρο του κτιρίου.

Συγκεκριμένα μελετήθηκε η χρήση υβριδικών θερμο-φωτοβολταικών συστημάτων (PV-t) για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη (με την χρήση ψύκτη απορρόφηση) και ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπερασματικά η παρούσα διπλωματική διατριβή συνεισφέρει στην προώθηση παλαιών και νέων ενεργειακών επεμβάσεων στα υφιστάμενα κτίρια, μέσω της μελέτης κάθε κτιρίου ξεχωριστά ώστε να καθοριστούν με ακρίβεια η ενεργειακές του ανάγκες, με σκοπό την μετατροπή του σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Abstract

High energy consumption of building sector has stimulated efforts on energy savings at national, international and European level. Due to high solar radiation in southern Europe energy consumption creates needs both in heat and cooling loads.

In legislative level, dominant role at energy reduction and energy savings played Directive 2010/31/EK which set targets for zero energy consumption in building construction while promoting bioclimatic methods with several environmental benefits.

This diplomatic work investigates the energy improvement in a primary sector building using both innovative and old techniques to improve existing external building structure. Specifically, has been studied the energy situation of a two-storey residence located in Amoudi-Ligaria municipality Malevizi in the prefecture of Heraklion, which is part of A' climate zone. The house is a building with special geometric features, large overhangs, surfaces that connected to the ground. The simulation of the house was done using the computer program Energy Plus.

Were studied measures to improve building energy, related to the insulation of external building structure, changing the glasses, creating solar spaces and the use of stable and non-stable shades. Was also studied the energy savings from the reduction one degree of the desirable winter temperature in the building's spaces.

The modeling of the house by using the computer program Energy Plus has demonstrated that the combination of these measures can reduce by 89,17 % and 55,13 % in heating and cooling loads, total energy savings amounts to 79,22 %.

To complete building transformation from low to zero-energy consumption, according to its energy needs, were studied renewable energy sources that will be located at the building's area.

Specifically it has been studied the use of hybrid thermo-photovoltaic systems (PV-t) to cover needs for heat, cooling (using absorption chiller) and electricity.

In conclusion, the current work contributes to promote old and new energy interventions in existing buildings by studying each building separately to accurately determine its energy needs, in order to convert it into a zero-energy building.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1
Εισαγωγή

1.1 Ενέργεια & κατοικίες

Με την ολοένα μεγαλύτερη ανάγκη για καλύτερες συνθήκες σε συνδυασμό με τις λάθος πρακτικές του παρελθόντος στην κατασκευή των κατοικιών (διάτρητη μόνωση, κακό προσανατολισμό, έλλειψη σκιάστρων και νέων τεχνολογιών) η κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε με ραγδαίους ρυθμούς. Στην Ευρώπη ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 42% της τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας, το 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και το 35% των αερίων του θερμοκηπίου, με άμεσο αποτέλεσμα το φαινόμενα τις αστικής νησίδας, του φαινομένου του θερμοκηπίου αλλά και βασικός συντελεστής στην οικονομική κατάσταση των νοικοκυριών *(Τζανακάκη , 2006)*.

Τα συνεχώς αυξανόμενα προβλήματα που δημιουργούνται από την λάθος διαχείριση των ενεργειακών αποθεμάτων λόγο της χρήση παλαιών και ενεργοβόρων συσκευών, κακού σχεδιασμού συστημάτων ψύξης-θέρμανσης όπως επίσης και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, καθιστούν αναγκαία την λήψη μέτρων. Ο κτιριακός τομέας έχει επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας μακροπρόθεσμα και συνεπώς τα νέα κτίρια θα πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης προσαρμοσμένες στο τοπικό κλίμα. Οι ορθές πρακτικές στον τομέα αυτόν θα πρέπει να αποσκοπούν στην βέλτιστη χρήση των παραγόντων που έχουν σχέση με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Επειδή εν γένει δεν έχουν αξιοποιηθεί πλήρως οι δυνατότητες εφαρμογής εναλλακτικών συστημάτων ενεργειακού εφοδιασμού θα πρέπει να εξετασθεί η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εναλλακτικών συστημάτων *(Οδηγία 2002/91/ΕΚ)*.

1.2 Υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων στην Ελλάδα

Τα κτίρια, στην Ελλάδα, ανήκουν κυρίως στον τριτογενή και οικιακό τομέα. Στα κτίρια του τριτογενή τομέα περιλαμβάνονται κυρίως τα γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, σχολεία και νοσοκομεία. Αντίστοιχα ο οικιακός τομέας περιλαμβάνει τα κτίρια μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, είτε για μόνιμη είτε για θερινή χρήση.

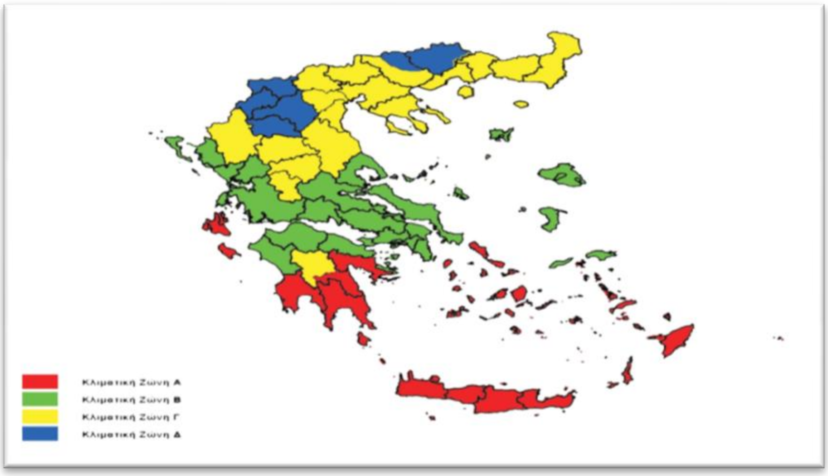
Η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (ΕΣΥΕ), είναι από τους λίγους φορείς που διαθέτουν αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τα κτίρια του οικιακού και του τριτογενή τομέα. Οι πληροφορίες αυτές έχουν συλλεχθεί από απογραφές και στατιστικές μελέτες που πραγματοποιούνται κατά διαστήματα στην Ελλάδα. Η εθνική απογραφή, για τον πληθυσμό της χώρας τις κατοικίες κλπ που έγινε τον Μάρτιο του 2001 ήταν από τις πιο εκτενείς και οι συγκεντρωθείσες πληροφορίες θα συμβάλλουν στον καλύτερο προσδιορισμό και κατηγοριοποίηση του κτιριακού αποθέματος.

Βάσει του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων, η Ελλάδα χωρίζεται σε τρεις κλιματικές ζώνες *(Φ.Ε.Κ. 362, 1979)*, ενώ στην Τεχνική Οδηγία 20701-1 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος *(Τοτεε 20701-1)*, οι κλιματικές ζώνες διαμορφώνονται σε τέσσερις. Στον *Πίνακα1.1* που ακολουθεί αναφέρονται οι περιοχές ανά κλιματική ζώνη Α, Β και Γ, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωση Κτιρίων ενώ στην *Εικόνα 1.1* παρουσιάζονται οι τέσσερις κλιματικές ζώνες στις οποίες είναι χωρισμένη η Ελληνική επικράτεια και οι Νομοί που αυτές εσωκλείουν.

Πίνακας1.1 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

Ζώνη Α	*Κρήτη, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη.*
Ζώνη Β	*Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία. Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνήσια, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα.*
Ζώνη Γ	*Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος, Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα.*

(Φ.Ε.Κ. 362, 1979)



Εικόνα 1.1 Νομοί ανά κλιματική ζώνη (Τοτεε 20701-1)

Σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, η κατανομή του αριθμού των κτιρίων ανάλογα με την χρονολογία κατασκευής τους στις διάφορες κλιματικές ζώνες, παρουσιάζεται στον *Πίνακα1.2*. Το μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων μετά το 1960 συγκεντρώνεται στη ζώνη Β, στην οποία περιλαμβάνεται και η Αττική. Όσον αφορά την παλαιότητα των κτιρίων, το μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων 93,2% κατασκευάστηκαν πριν το 1986, ενώ μόνο το 6,7% κατασκευάστηκαν την περίοδο 1986-1990 (*statistics.gr*).

Πίνακας1.2 Αριθμός και ποσοστιαία κατανομή ανά κλιματική ζώνη και χρονολογία κατασκευής στην Ελλάδα

Περιοχή	**Πριν το 1919**	**1919-1945**	**1946-1960**	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1985**	**Μετά το 1986**	**Σύνολο κτιρίων 1990**
ΖΩΝΗ Α	*116.111*	*124.473*	*132.992*	*104.599*	*105.465*	*65.098*	*52.785*	*717.684*
ΖΩΝΗ Β	*117.668*	*206.991*	*300.752*	*367.789*	*369.961*	*191.705*	*117.408*	*1.717.574*
ΖΩΝΗ Γ	*66.007*	*169.128*	*290.052*	*337.852*	*280.466*	*129.697*	*86.047*	*1.385.917*
Σύνολο	*294.786*	*500.592*	*723.796*	*810.240*	*755.892*	*386.500*	*256.240*	*3.821.175*
Ποσοστιαία κατανομή [%]								
ΖΩΝΗ Α	*16.2*	*17.3*	*18.5*	*14.6*	*14.7*	*9.1*	*7.4*	*100.0*
ΖΩΝΗ Β	*6.9*	*12.1*	*17.5*	*21.4*	*21.5*	*11.2*	*6.8*	*100.0*
ΖΩΝΗ Γ	*4.8*	*12.2*	*20.9*	*24.4*	*20.2*	*9.4*	*6.2*	*100.0*
Σύνολο	***7.8***	***13.1***	***18.9***	***21.2***	***19.8***	***10.1***	***6.7***	***100.0***

(statistics.gr)

Από τα στοιχεία της ΕΣΥΕ, η κατανομή του αριθμού των κτιρίων ανά χρήση στις διάφορες κλιματικές ζώνες, παρουσιάζεται στον *Πίνακα1.3*.

Πίνακας1.3 Αριθμός κτιρίων ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη για το 1990 στην Ελλάδα

Περιοχή	**Κατοικίες**	**Γραφεία & Εμπορικά**	**Σχολεία**	**Νοσοκομεία**	**Ξενοδοχεία**	**Άλλες χρήσεις**
ΖΩΝΗ Α	*524.870*	*23.221*	*3.070*	*373*	*5.752*	*160.398*
ΖΩΝΗ Β	*1.376.149*	*47.358*	*6.468*	*857*	*3.176*	*283.566*
ΖΩΝΗ Γ	*949.500*	*34.271*	*6.316*	*654*	*1.015*	*394.161*
Σύνολο	***2.850.519***	***104.850***	***15.854***	***1.884***	***9.943***	***838.125***

(statistics.gr)

Ο οικιακός τομέας αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό υφιστάμενων κτιρίων, το οποίο ανέρχεται στο 74,6 %, ενώ τα γραφεία & εμπορικά αποτελούν το 2,74%, τα σχολεία το 0,41%, τα νοσοκομεία το 0,05%, τα ξενοδοχεία το 0,26%

Περί τα 10 εκατομμύρια οικιακοί λέβητες είναι άνω των 20 ετών. Απλά και μόνο με την αντικατάσταση αυτών με νέας τεχνολογίας λέβητες, μπορεί να επέλθει μείωση της τάξης των 5% επί της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση. Για την οπτική άνεση του κτιριακού συνόλου χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστων παλαιού τύπου λαμπτήρες μεγάλης ονομαστικής ισχύος. Η κατανάλωση ενέργειας που δαπανείται στον κτιριακό τομέα για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού ανέρχεται στα 14% επί της συνολικής. Η χρήση μεθόδων όπως αυτή του φυσικού φωτισμού σε συνδυασμό με αποδοτικότερα εξαρτήματα (οικονομικές λάμπες φθορίου, led κλπ), συστήματα ελέγχου καθώς και άλλες τεχνολογίες μπορεί να επιφέρουν μείωση της τάξης των 30 με 50 %. *(Λύτρας, 2006).*

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεραίνουμε ότι μεγάλο μέρος των κτιρίων της ελληνικής επικράτειας είναι κατοικίες (μονοκατοικίες & πολυκατοικίες), η κατασκευή των οποίων έγινε σε περιόδους που η χρήση βιοκλιματικών μεθόδων ή έστω υποτυπωδών θερμομονωτικών τεχνικών κατασκευής να είναι ανύπαρκτες ή να παραλείπονται σε μεγάλο βαθμό. Βασικές τέτοιες παραλήψεις είναι η απουσία παθητικών συστημάτων ζεστού νερού χρήσης *(Ζ.Ν.Χ.)* αλλά και η απουσία χρήσης θερμομονωτικών εφαρμογών σε μεγάλο μέρος των κτιρίων.

1.3 Νομοθεσία.

1.3.1 *Διεθνές νομοθετικό πλαίσιο*

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας ότι υπάρχει μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα που μπορεί να συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών CO_2, έχει εξελίξει από το 1970 διάφορα μέτρα και πρωτοβουλίες για την Ενεργειακή Απόδοση.

Το πρόγραμμα *THERMIE*, το 1989, έθεσε την Ενεργειακή Αποδοτικότητα ως υψηλή προτεραιότητα. Με Ψήφισμα του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας *«για την Ενεργειακή Απόδοση στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα»* *(Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 98/C 394/01)* το 1998, τέθηκε στόχος η κατά 1% ετησίως βελτίωση της ενεργειακής έντασης τελικής χρήσης και με την *«Ευρωπαϊκή στρατηγική για αειφόρο, ανταγωνιστική και ασφαλή ενέργεια»* *(Πράσινη Βίβλος, COM(2006) 105)* ο στόχος αυτός έγινε 2%. Για τον τομέα των κτιρίων αυτό σημαίνει μείωση κατανάλωσης ενέργειας 55 Mtoe, και αντίστοιχη μείωση εκπομπών CO_2 κατά περίπου 100 Mt/έτος.

Ακολούθησε το *«Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή - 2000»* που υλοποιείται με σειρά νομοθετημάτων για βελτίωση της Ενεργειακής Απόδοσης στη βιομηχανία, στις μεταφορές και στον κτιριακό τομέα όπως: για την Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, τα βιοκαύσιμα, τα πρότυπα Ενεργειακής Απόδοσης, την ενεργειακή επισήμανση των ηλεκτρικών συσκευών, τα συστήματα Σ.Η.Θ. *(Συστήματα συμπαραγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας)*, την απόδοση τελικής χρήσης και Ενεργειακών Υπηρεσιών, την αποδοτικότητα των λεβήτων *(Οδηγία Λεβήτων, 92/42/EC)*, τον περιορισμό των εκπομπών CO_2 μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων *(Οδηγία SAVE, 93/76/EC)*, την ποιότητα των δομικών υλικών *(Οδηγία, 89/106/EC)*, τον οικολογικό σχεδιασμό προϊόντων, την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων *(Οδηγία, 2002/91/EC)*, την βελτίωση των προτύπων Ενεργειακής Αποδοτικότητας για τα κτίρια, τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, τα κλιματιστικά και άλλα προϊόντα, την προώθηση βιώσιμων δημόσιων συμβάσεων για ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες, τη διενέργεια ενεργειακών λογιστικών ελέγχων, κλπ.

Η *Οδηγία 2002/91/EC* προωθεί την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματολογικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής και τις απαιτήσεις ποιότητας των εσωτερικών χώρων χρησιμοποιώντας οικονομικά αποδοτικά μέτρα. Τα βασικά σημεία στα οποία εστιάζει η Οδηγία είναι:

- Η θέσπιση μιας κοινής μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- Ο καθορισμός των απαιτήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- Ο καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων για τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια
- Η Ενεργειακή Πιστοποίηση όλων των κτιρίων που θα είναι υποχρεωτική σε όλες τις διαδικασίες δικαιοπραξίας των ακινήτων (κατασκευή, πώληση, ενοικίαση).
- Η Επιθεώρηση και Αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού των κτιρίων

Καταληκτική προθεσμία εφαρμογής της Οδηγίας ήταν η 4η Ιανουαρίου 2006 με δυνατότητα χρήσης πρόσθετης περιόδου 3 ετών για την πλήρη εφαρμογή των άρθρων 7 *(έκδοση πιστοποιητικών),* 8 *(επιθεώρηση λεβήτων)* και 9 *(επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού).*

Η εφαρμογή της Οδηγίας αναμένεται να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στις εθνικές πολιτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Απαιτούνται όμως αρκετά χρήματα, ανθρώπινο δυναμικό, διοικητικός συντονισμός, προσαρμογή του νομοθετικού πλαισίου, υιοθέτηση οικονομικών κινήτρων, παροχή τεχνικών εργαλείων, προβολή κλπ, προκειμένου να επιτευχθούν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η Οδηγία αναμένεται να δώσει μεγάλη ώθηση στην κατασκευαστική αγορά, δημιουργώντας ταυτόχρονα νέες θέσεις εργασίας για εξειδικευμένους μηχανικούς και τεχνίτες.

1.3.2 *Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο*

Στην Ελλάδα η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, η σημαντική αύξηση του αριθμού των κατοικιών και της επιφάνειάς τους, οι ολοένα και μεγαλύτερες εμπορικές εγκαταστάσεις, η αύξηση χρήσης ηλεκτρικών συσκευών και εξοπλισμού και ιδιαίτερα η εντυπωσιακή διείσδυση των κλιματιστικών, οδήγησαν στο διπλασιασμό της καταναλισκόμενης ενέργειας στον τομέα των κτιρίων και των υπηρεσιών *(αύξηση 93,5%)* σε σχέση με τα επίπεδα του 1974, όταν στο ίδιο διάστημα στις χώρες της ΕΕ παρατηρήθηκε μέση αύξηση της τάξης μόλις του 13%. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η μέση ετήσια τελική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια του τριτογενή τομέα κυμαίνεται μεταξύ 200 *(κτίρια γραφείων)* και 450 *(νοσοκομεία)* Kw/m^2 ανά έτος.

Το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με το ζήτημα της Ενεργειακής Απόδοσης του κτιριακού τομέα, καλύπτεται από δέσμη μέτρων (κτιριοδομικούς και άλλους κανονισμούς) που εξελίχθηκαν από το 1975 έως σήμερα, ως παρακάτω:

- 1975: *«Περί λήψεως μέτρων για την Εξοικονόμηση Ενέργειας» (*Νόμος-Πλαίσιο 40/75*).*
- 1979: *«Κανονισμός για τη Θερμομόνωση των Κτιρίων»*, που έθεσε την υποχρέωση τοποθέτησης θερμομόνωσης σε όλα τα νέα κτίρια *(ΠΔ 01.06/04.07.79).*
- 1985: *«Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός» (Άρθρο 26 του Ν. 1577/85).*

- 1985: *«Κίνητρα για Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια»* (*Άρθρο 6 Ν. 1512/85).*
- 1986: Απαιτήσεις για τακτικές επιθεωρήσεις των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης, των λεβητοστασίων και των καυστήρων για τον έλεγχο των εκπομπών τους *(ΚΥΑ 54678/86, που αναθεωρήθηκε με την ΚΥΑ 10315/93)*.
- 1989: *«Κτιριοδομικός Κανονισμός» (ΦΕΚ 59Δ/3.2.1989 - αναθεώρηση με την ΥΑ 49977/3068).*
- 1989: *«Την προσέγγιση νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των Κρατών-Μελών για τα προϊόντα του τομέα δομικών κατασκευών» (Οδηγία 89/106/ΕΟΚ αναθεώρηση από την Οδηγία 93/68/ΕΟΚ)*
- 1992: *«Μέτρων για την καταπολέμηση του αστικού νέφους» (Ν. 2052/92)*.
- 1992: Σύμβαση-Πλαίσιο ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (Ρίο).
- 1993: Απαιτήσεις τακτικών επιθεωρήσεων των συστημάτων θέρμανσης στα βιομηχανικά κτίρια, θέσπιση επιπέδων εκπομπών και ενεργειακής απόδοσης λεβήτων σε ετήσια βάση, και καθορισμός επιβαλλόμενων προστίμων σε περίπτωση μη συμμόρφωσης *(ΚΥΑ 11294/93)*.
- 1993: *«Απαιτήσεων απόδοσης των νέων λεβήτων»* σχετικά με ελέγχους αποδοτικότητας στους νέους λέβητες ονομαστικής ισχύος 4-400 kW, καθώς και ενεργειακό χαρακτηρισμό και πιστοποίηση αυτών (εφαρμόζεται από 1/1/1998). *(Οδηγία 92/42/EC αναθεωρήθηκε με την Οδηγία 93/68/EC)*
- 1994: *«Ενεργειακός χαρακτηρισμός των συσκευών», (ΠΔ 180/1994 για την συμμόρφωση με την Κοινοτική Οδηγία 92/75/EEC).*
- 1995: Εκπόνηση από ΥΠΕΧΩΔΕ και ΚΑΠΕ Σχεδίου Δράσης *«Ενέργεια 2001»* σχετικά με *«Πολιτική Εξοικονόμησης Ενέργειας και χρήση ΑΠΕ στον Οικιστικό τομέα», (Οδηγίας SAVE 93/76/EC, ΚΥΑ 21475/4707/98)* .
- 1997: Σχεδιασμός Προγράμματος από το ΥΠΕΣΔΔΑ για Εξοικονόμηση Ενέργειας και Ενεργειακή Διαχείριση στα δημόσια κτίρια.
- 1998: *«Τον περιορισμό των εκπομπών CO^2 με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων» (ΚΥΑ 21475/4707, ΦΕΚ 880/Β, Οδηγία SAVE 93/76/EC)* .

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση ΚΥΑ 21475/4707 σηματοδότησε μια ιδιαίτερα σημαντική στιγμή για τα ενεργειακά ζητήματα που αφορούν στην οικοδομή, καθότι, μεταξύ άλλων, προέβλεψε την αντικατάσταση του Κανονισμού

Θερμομόνωσης Κτιρίων με έναν σύγχρονο ενεργειακό Κανονισμό για την Ορθολογική Χρήση και την Εξοικονόμηση Ενέργειας *(Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.)*, την εφαρμογή ορίων ενεργειακής κατανάλωσης, την ενεργειακή πιστοποίηση και βαθμονόμηση των κτιρίων, κλπ.

- 1999: Πρόταση οργάνωσης Κεντρικού Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης
- 1999: *«Κανονισμός Ενεργειακών Επιθεωρήσεων» (ΚΥΑ 11038).*
- 2000: Τροποποίηση του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού *(Ν.1577/85, ΦΕΚ 140/13-06-2000)* με σκοπό την ενσωμάτωση διατάξεων για την εγκατάσταση θερμομόνωσης, την προσάρτηση παθητικών ηλιακών και άλλων συστημάτων σε υφιστάμενα κτίρια, την κατασκευή βιοκλιματικών κτιρίων και άλλων συστημάτων ΑΠΕ. *(Ν. 2831/00)*
- 2002 : *«Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» (Οδηγία 2002/91/ΕΚ).*
- 2002: Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο *(Ν.3017/2002)* .
- 2003 : Σχέδιο νέου κανονισμού – Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.
- 2003: Έγκριση Εθνικού Προγράμματος για την μείωσης εκπομπών των αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενου του θερμοκηπίου για την χρονική περίοδο 2000-2010 *(ΠΥΣ 5/2003).*
- 2008: περί *«Μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλων διατάξεων» (Ν. 3661/2008).*

  Ο Ν. 3661/2008 εναρμονίζει την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ. *(ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2010).*

- 2008: *«Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης στον δημόσιο και ευρύτερα δημόσιο τομέα» (ΚΥΑ Δ6/Β/14286).*

Κεφάλαιο 2
Κτίρια Χαμηλής & Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

2.1 Εισαγωγή

Εδώ και καιρό η παγκόσμια κοινότητα επιζητά μια καλύτερη κατανομή του ενεργειακού ισοζυγίου στον τομέα της κατοικίας και όχι μόνο. Έχει γίνει κοινή πεποίθηση πλέον ότι δεν μπορεί να καλυφθεί η αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας. Ιδιαίτερα στον κτιριακό τομέα υπάρχει τεράστιο δυναμικό εξοικονόμησης, χωρίς απώλεια της ποιότητας των ανέσεων στο εσωτερικό περιβάλλον. Την μετάβαση σε μια εποχή εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα την έχουν αναλάβει κτίρια νέας γενιάς χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων, αλλά και η μετατροπή υφιστάμενων κτιρίων σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

2.2 Γενικά για τα κτίρια χαμηλής & μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Ο κτιριακός τομέας, σε παγκόσμιο επίπεδο, ευθύνεται σε ποσοστό 40% στην κατανάλωση ενέργειας. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων 2002/91/ΕΚ όλα τα νέα οικοδομήματα θα πρέπει να είναι μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου *(Net Zero Energy Buildings, NZEB).*Τέθηκαν ωστόσο και υψηλότεροι στόχοι, από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο *(E.K.)*, για την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στον κτιριακό τομέα με την εφαρμογή προγραμμάτων για κατασκευή κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Τον Απρίλιο του 2009 το Ε.Κ. απαίτησε επιπλέον Παράρτημα στο EPBD με στόχο όλα τα νέα κτίρια να είναι Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (Κ.Μ.Ε.Κ.) από το 2018 *(Κολοκοτσά, 2010)*.

2.3 Χαρακτηριστικά Κτιρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης

Με τον όρο Κτίριο με σχεδόν Μηδενική Ενεργειακή Κατανάλωση Ενέργειας, χαρακτηρίζονται τα κτίρια εκείνα με υψηλή ενεργειακή απόδοση όπως αυτή ορίζεται από το *Παράρτημα Ι της Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31*. Η σχεδόν μηδενική, ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου θα πρέπει να προέρχονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, εάν δύναται και εξολοκλήρου, από επιτόπιες ή παρακείμενες πλησίον του κτιρίου Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας *(Α.Π.Ε.)*. Δηλαδή, η καταναλισκόμενη ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου κατά την διάρκεια ενός τυπικού έτους πρέπει να είναι μηδενική.

Εικόνα 2.1 Αναπαράσταση ενός κτιρίου Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (zerobuildings.com)

Σύμφωνα με το Παράρτημα Ι η μεθοδολογία για τον χαρακτηρισμός και την κατασκευή Κ.Μ.Ε.Κ. συνοψίζεται στους ακόλουθους παράγοντες *(Κολοκοτσά, 2010)*:

- Τα πραγματικά θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου *(συμπεριλαμβανομένων και των εσωτερικών χωρισμάτων του)*: ***i*** θερμοχωρητικότητα ***ii*** μόνωση ***iii*** παθητική θέρμανση ***iv*** στοιχεία ψύξης και ***v*** θερμικές γέφυρες.
- Εγκατάσταση θέρμανσης και παροχής Ζεστού Νερού συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους
- Εγκαταστάσεις κλιματισμού

- Φυσικό και Μηχανικό Αερισμό, συμπεριλαμβανομένης και της αεροστεγανότητας
- Ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού *(κυρίως στον τομέα που δεν αφορά τις κατοικίες).*
- Σχεδιασμός, θέση και προσανατολισμός του κτιρίου, *(συμπεριλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών)*
- Παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία
- Κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες συνθήκες εσωτερικού κλίματος
- Εσωτερικά φορτία

2.4 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα

Η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας στα υφιστάμενα κτίρια, αλλά και η κατασκευή νέων με υψηλής απαίτησης ενεργειακή απόδοση, έχει ως αποτέλεσμα *(Τζανακάκη, 2006)*:

- Την βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού λόγο της απεξάρτησης από εισαγωγές καυσίμων.
- Την μείωση των εκπομπών διοξειδίων του άνθρακα, καθώς και άλλων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου.
- Την βελτίωση των συνθηκών άνεσης στους χώρους εργασίας και κατοικίας με άμεσο επακόλουθο να προάγει το επίπεδο διαβίωσης μεγάλου μεριδίου ανθρώπων.
- Την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στους τομείς που προάγουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων (μελέτη, πιστοποίηση, κατασκευή, χρήση κτλ).

Μειονεκτήματα

Στον αντίποδα, εκτός της μεγάλης τεχνολογικής, ενεργειακής και κοινωνικής ωφέλειας που επισύρουν οι αλλαγές και η κατεύθυνση προς αυτό τον νέο τρόπο δόμησης των *Κ.Μ.Ε.Κ.*, υπάρχουν και κάποιες τεχνικές-οικονομικές δυσκολίες που εμφανίζονται παροδικά ως μειονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται στα εξής *(Αξάρλη, 2009)*.

- Στον προβληματισμό των μελετητών κτιριακών έργων ως προς τα: «ποιο υλικό», «πόσο κοστίζει», «πόσο αξιόπιστο είναι», «τι χρόνο ζωής έχει», έρχεται να προστεθεί και ένας νέος, «ποιές είναι οι περιβαλλοντικές συνέπειες από την εφαρμογή και τη χρήση του».
- Η πρόκληση για βελτιστοποίηση του ενεργειακού σχεδιασμού, και αξιοποίηση του κλίματος του περιβάλλοντα χώρου του εκάστοτε κτιρίου.
- Η μεγάλη οικονομική επιβάρυνση για την εγκατάσταση νέων τεχνολογιών στα κτίρια.
- Ο μεγάλος χρόνος οικονομικής απόσβεσης που μπορεί να αποτελέσει τροχοπέδη στην εφαρμογή και χρήση νέων αειφόρων τεχνολογιών.

2.5 Προσπάθειες εφαρμογής βιοκλιματικών κτιρίων χαμηλής ενεργειακής απαίτησης στην Ελλάδα.

Υπάρχουν αξιόλογες προσπάθειες εφαρμογής βιοκλιματικών μεθόδων σε κτίρια, με σκοπό την υψηλή ενεργειακή τους απόδοση. Κάποιες από τις εφαρμογές αυτές παρουσιάζονται ενδεικτικά παρακάτω.

Βιοκλιματικό σχολείο στην Άνδρο

Στην *Εικόνα 2.2* παρουσιάζεται ένα βιοκλιματικό σχολείο στην Άνδρο. Το κτίριο διαθέτει παθητικά συστήματα ψύξης & θέρμανσης, με τα βασικότερα από αυτά να συνοψίζονται στον διαμπερές αερισμό το καλοκαίρι, ενώ τον χειμώνα στο άμεσο κέρδος θερμικών φορτίων λόγο των μεγάλων ανοιγμάτων αλλά και την χρήση συστημάτων τοίχου Trombe.

Εικόνα 2.2 Αριστερά, πρόσοψη του βιοκλιματικού σχολείου στην Άνδρο. Δεξιά, φθορές στα καλύμματα των τοίχων Trombe *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)*

Επίσης ιδιαίτερη σημασία στην καλή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου έχει η θερμομόνωση πάχους 10 cm πολυστερίνης, καθώς και ο σχεδιασμός τον προβόλων πάνω από τα ανοίγματα.

Η μεγάλη διαφοροποίηση τον τιμών σχεδιασμού, *Πίνακας 2.1 & 2.2*, για τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης έγκειται πρώτον, στην κακή κατασκευή του κτιρίου, ρωγμές όπου εισέρχεται αέρας, κατεστραμμένα σκίαστρα τοίχων Trombe και κακή λειτουργία των θυρίδων τους. Επίσης στην απουσία πρόβλεψης φαινομένων θάμβωσης, με αποτέλεσμα την εκτεταμένη χρήση κουρτινών σε όλα τα νότια ανοίγματα. *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)*

Πίνακας 2.1 Ενεργειακή απόδοση παθητικών συστημάτων (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Απόδοση Παθητικών Συστημάτων	**Φορτία Θέρμανσης**		**Φορτία Ψύξης**	
	GJ	kWh/m^2	GJ	kWh/m^2
Υφιστάμενη κατάσταση με τοίχους Trombe & ασκίαστα νότια ανοίγματα	22	12	15	8
Υφιστάμενη κατάσταση με κουρτίνες στα νότια ανοίγματα	41	22	15	8
Υφιστάμενη κατάσταση χωρίς τοίχους Trombe	87	47	0	0
Αρχιτεκτονική μελέτη με τοίχους Trombe	9	5	0	0
Αρχιτεκτονική μελέτη χωρίς τοίχους Trombe	30	16	0	0

Πίνακας 2.2 Σύγκριση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης σε σχέση με την ίδια συμβατική κατασκευή (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Κατασκευή Κτιρίου	Φορτία Θέρμανσης			Φορτία Ψύξης		
	GJ	kWh/m^2	%	GJ	kWh/m^2	%
Συμβατικό κτίριο	33.15	17.93	-	0.02	0.01	-
Υφιστάμενη κατάσταση	22.84	12.36	-31.10	15.98	8.65	75995
Αρχιτεκτονική μελέτη	9.42	5.10	-71.57	0.08	0.04	257.14

Βιοκλιματική κατοικία στο Αττικό Άλσος

Παρακάτω παρουσιάζεται μία διώροφη κατοικία στο Αττικό Άλσος, Εικόνα 2.3, διαρθρωμένη σε πέντε επίπεδα με χρήσεις κατοικιών και γραφείων. Στο κτίριο παρουσιάζονται διατάξεις βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως είναι τα μεγάλα νότια ανοίγματα, με παράλληλη χρήση οριζόντιων περσίδων για τον μέγιστο ηλιασμό και σκίαση κατά την χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα. Διαθέτει επίσης και θερμοκήπιο το οποίο μάλιστα αποτελεί μέρος του καθιστικού της κατοικίας. Η ίδια διάταξη του κτιρίου επιτρέπει τον κατακόρυφο φυσικό αερισμό και με την βοήθεια μικρών ανεμιστήρων στις οροφές την απαγωγή του θερμού αέρα. Στο δώμα του παρουσιάζεται μεγάλο μέρος φυτοκάλυψης, καθώς και μεγάλο μέρος του σκιάζεται από σκίαστρα.

Εικόνα 2.3 Πρόσοψη της κατοικίας στο Αττικό Άλσος (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Από το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου προκύπτει ότι τα ηλιακά κέρδη αποτελούν το 54% των συνολικών θερμικών κερδών, ενώ η βοηθητική θέρμανση καλύπτει το 31% με αποτέλεσμα τις περιορισμένες απαιτήσεις της κατοικίας σε θέρμανση. Ωστόσο λόγο των συγκεκριμένων διατάξεων παρατηρείται μία αύξηση κατά 15,12% των απαιτούμενων φορτίων ψύξης όμως σε απόλυτες τιμές έχουμε εξοικονόμηση 2,54 KWh/m^2 το χρόνο, *Πίνακας 2.3* . *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)*

Πίνακας 2.3 Σύγκριση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης σε σχέση με την ίδια συμβατική κατασκευή (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002).

Μορφή κτιρίου	**Φορτίο θέρμανσης**			**Φορτίο ψύξης**		
	GJ	kWh/m^2	%	GJ	kWh/m^2	%
Συμβατική κατασκευή	20,32	35,41	-	6,20	10,80	-
Υφιστάμενη κατάσταση	1793	31.24	-11,76	714	12,43	15,12

Βιοκλιματική κατοικία στη Μαλεσίνα

Η βιοκλιματική κατοικία στην Μαλεσίνα, *Εικόνα 2.4*, παρουσιάζει διαφόρων μορφών βιοκλιματικές εφαρμογές. Μια από αυτές είναι αυτή του θερμοκηπίου, το οποίο εκτείνεται σε ύψος δύο ορόφων με χρήση προβόλων για την σωστή σκίαση του αποφέροντας σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση, *Πίνακας 2.4*. Η επικοινωνία του με τους εσωτερικούς χώρους γίνεται με εσωτερικά παράθυρα για την αποφυγή απωλειών και επιπλέων θερμικών φορτίων όταν αυτά δεν είναι απαραίτητα.

Εικόνα 2.4 Αριστερά, εξωτερική όψη του κτιρίου. Δεξιά, εσωτερική άποψη του θερμοκηπίου (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Πίνακας 2.4 Σύγκριση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης σε σχέση με την ίδια συμβατική κατασκευή (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Μορφή κτιρίου	Φορτίο θέρμανσης			Φορτίο ψύξης		
	GJ	kWh/m^2	%	GJ	kWh/m^2	%
Συμβατική κατασκευή	34,73	53,36	-	5,99	9,20	-
Υφιστάμενη κατάσταση	21,30	32,73	-38,65	5,29	8,13	-11,70

Παραδοσιακή βιοκλιματική κατοικία στο Πήλιο

Η εν λόγο κατοικία, *Εικόνα 2.5*, παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλές καταναλώσεις, *Πίνακας 2.5*, για την περίοδο θέρμανσης τόσο λόγω του σχεδιασμού και των παθητικών συστημάτων αλλά κυρίως λόγω της συμπεριφοράς των χρηστών. Χαρακτηριστικό είναι ότι το μόνο βοηθητικό σύστημα θέρμανσης είναι δύο ξυλόσομπες. Επίσης η χρήση καλά θερμομωνομένης τοιχοποιίας και οροφής με δύο Thermo block 15cm και 10 cm αέρα και μόνωση Heraklith 7,5 cm αντίστοιχα ελαχιστοποιούν τις απώλειες σε μεγάλο βαθμό.

Πίνακας 2.5 Σύγκριση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης σε σχέση με την ίδια συμβατική κατασκευή (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Μορφή κτιρίου	Φορτίο θέρμανσης			Φορτίο ψύξης		
	GJ	kWh/m^2	%	GJ	kWh/m^2	%
Συμβατική κατασκευή	20,57	63,57	-	1,25	3,85	-
Υφιστάμενη κατάσταση	17,62	54,44	-14,36	2,19	6,77	75,92

Παρόλα αυτά παρουσιάζεται μια αύξηση 75,92% στο φορτίο ψύξης του κτιρίου, όμως από τις παρατηρήσεις των χρηστών του κτιρίου αναφέρεται ότι τα επίπεδα άνεσης κατά την θερινή περίοδο είναι αποδεκτά από τους ίδιους, με αποτέλεσμα την μη χρήση επιπρόσθετων μεθόδων ψύξης. *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)*

Εικόνα 2.5 Εξωτερική όψη βιοκλιματικής κατοικίας στο Πήλιο (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Βιοκλιματική κατοικία στην περιοχή των Τρικάλων

Η διώροφη κατοικία που εδράζεται στην περιοχή των Τρικάλων, *Εικόνα 2.6*, η οποία εξετάζεται παρακάτω, χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα μικρή κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση λόγω του ιδιαίτερα ψυχρού κλίματος τον χειμώνα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κτιρίου αυτού ως αναφορά στο άμεσο κέρδος για την θέρμανση είναι τα παράθυρα του, τα ιδιαίτερα ημισφαιρικά διάφανα ανοίγματα στην οροφή του, καθώς και το μικρό λιακωτό στην νοτιοανατολική πλευρά του κτιρίου. Για τον δροσισμό του κτιρίου χρησιμοποιούνται μέθοδοι φυσικού αερισμού καθώς ο σχεδιασμός επιτρέπει τον κατακόρυφο και διαμπερές αερισμό του.

Πίνακας 2.6 Σύγκριση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης σε σχέση με την ίδια συμβατική κατασκευή (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Μορφή κτιρίου	**Φορτίο θέρμανσης**			**Φορτίο ψύξης**		
	GJ	kWh/m^2	%	GJ	kWh/m^2	%
Συμβατική κατασκευή	68,57	83,73	-	2,83	3,45	-
Υφιστάμενη κατάσταση	69,25	84,56	-0,99	7,35	8,98	-160

Από το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου προκύπτει ότι τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα αποτελούν το 39 % των συνολικών θερμικών κερδών, ενώ η βοηθητική θέρμανση καλύπτει το 50%, *Πίνακας 2.6*. *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)*

Εικόνα 2.6 Εξωτερική όψη Βιοκλιματικής κατοικίας στα Τρίκαλα (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Κατασκευή βιοκλιματικού σχολείου στην περιοχή του Ρεθύμνου

Το εν λόγο σχολείο στην περιοχή του Ρεθύμνου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα διαφοροποίησης της κατασκευής από την μελέτη, με αποτέλεσμα μεγάλες αποκλίσεις στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή παρουσιάζεται αντιστροφή της συμπεριφοράς των παθητικών συστημάτων του κτιρίου.

Εικόνα 2.7 Εξωτερική όψη του βιοκλιματικού σχολείου στο Ρέθυμνο (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Ειδικότερα για την χειμερινή και θερινή περίοδο, ενώ η αρχιτεκτονική μελέτη θα είχε ως αποτέλεσμα 33,8% εξοικονόμηση ενέργειας και 36% μείωση των ψυκτικών αναγκών αντίστοιχα, με την υφιστάμενη κατάσταση και λειτουργία έχουμε αύξηση των θερμικών αναγκών κατά 5,65% και των ψυκτικών κατά 32% σε σχέση με το κτίριο χωρίς τα παθητικά συστήματα, *Πίνακας 2.7*. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και συστήματα φυσικού δροσισμού που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την περίπτωση είναι παρόμοια με εκείνα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες περιπτώσεις, ύπαρξη θερμοκηπίου προσαρτημένο σε δύο αίθουσες καθώς και κατάλληλα προσανατολισμένα παράθυρα και φεγγίτες, η σκίαση με οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα και ο διαμπερές και κατακόρυφος αερισμός αντίστοιχα.

Πίνακας 2.7 Σύγκριση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης σε σχέση με την ίδια συμβατική κατασκευή και την αρχιτεκτονική μελέτη (Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)

Μορφή κτιρίου	**Φορτίο θέρμανσης**			**Φορτίο ψύξης**		
	GJ	kWh/m^2	%	GJ	kWh/m^2	%
Συμβατική κατασκευή	32,68	10,16	-	25,33	7,87	-
Υφιστάμενη κατάσταση	34,53	10,73	5,65	33,45	10,40	32,09
Αρχιτεκτονική μελέτη	21,64	6,73	-33,79	16,31	5,07	-33,59

Από τις προηγούμενες εφαρμογές καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι έχουν γίνει προσπάθειες εφαρμογής βιοκλιματικών μεθόδων για την επίτευξη της θερμικής άνεσης. Ωστόσο πολλές φορές η εξοικονόμηση ενέργειας αποκλίνει από αυτήν που είχε προβλεφθεί στην αρχική ενεργειακή μελέτη του εκάστοτε κτιρίου λόγω απόκλισης από τον αρχικό σχεδιασμό και ανεπαρκή υλικά κατασκευής. Επίσης από πολλούς απροσδόκητους παράγοντες όπως είναι τα φαινόμενα θάμβωσης, με αποτέλεσμα τη χρήση σκιασμάτων και την χειμερινή περίοδο. Ακόμα όμως και οι αποτυχημένες αυτές εφαρμογές μπορούν να μας οδηγήσουν σε σωστές μελλοντικές πρακτικές βελτίωσης των υπαρχόντων παθητικών συστημάτων. *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002)*

Κεφάλαιο 3

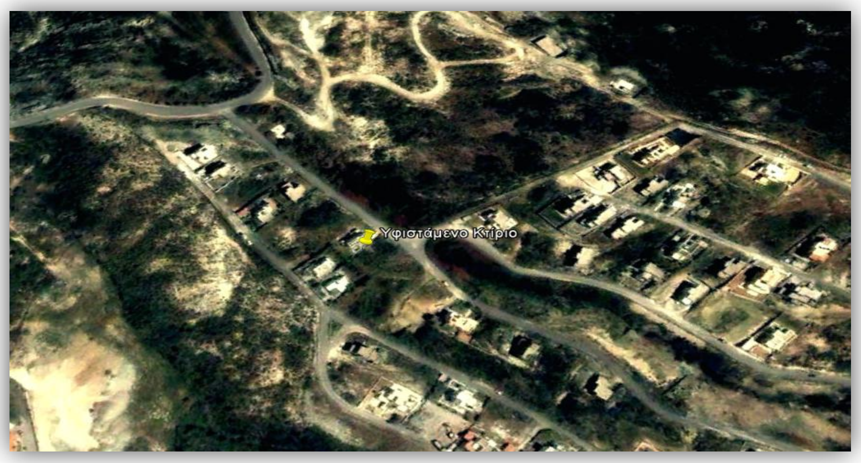
Ενεργειακή επιθεώρηση του υφιστάμενου κτιρίου.

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου σύμφωνα με δεδομένα που εξήχθηκαν από τα κατασκευαστικά σχέδια αλλά και από επιτόπιες επιθεωρήσεις. Η περιγραφή περιλαμβάνει όλο το σύνολο του κτιρίου, γενικά χαρακτηριστικά, πληροφορίες για το κτιριακό κέλυφος αλλά και για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς και συστημάτων ΑΠΕ που πιθανών να υπάρχουν.

3.2 Γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

Το παρόν κτίριο, *Εικόνα 3.2* βρίσκεται στον οικισμό Αμμούδι Λυγαριάς όπου ανήκει δημογραφικά στον δήμο Μαλεβιζίου του Νομού Ηρακλείου, *Εικόνα 3.1* με αποτέλεσμα να ανήκει στην Ά κλιματική ζώνη *(Τ.ο.τ.ε.ε. 20701-3)*. Το συνολικό εμβαδόν του κατοικήσιμου τομέα του κτιρίου ανέρχεται σε 235,6 m^2 και αποτελείται από τρία αυτοτελή διαμερίσματα. Το γεωγραφικό πλάτος του είναι 39,40 deg. και γεωγραφικό μήκος 25,04 deg. και υψόμετρο 94 m. με την πρόσοψη του να βλέπει Ανατολικά-Βορειοανατολικά με απόκλιση 135 deg. από τον Βόρειο άξονα.



Εικόνα 3.1 Δορυφορική απεικόνιση του κτιρίου (Google Earth)

Η κατασκευή του κτιρίου ολοκληρώθηκε το 2000 ενώ εκκρεμούν εργασίες για την διαμόρφωση του προαύλιου χώρου καθώς και του ισογείου.

Εικόνα 3.2 Όψεις του κτιρίου.

3.3 Ενεργειακή επιθεώρηση του υπό μελέτη κτιρίου.

3.3.1 *Περιγραφή Κτιρίου*

Περιμετρικά του οικοπέδου παρατηρείται αραιή βλάστηση αποτελούμενη επί το πλείστον από φρύγανα ενώ η δόμηση στην περιοχή είναι σχετικά αραιή, *Εικόνα 3.3*. Το οικόπεδο συνορεύει από την πλευρά της πίσω όψης του κτιρίου με άλλο δομημένο οικόπεδο. Χαρακτηρίζεται διώροφο αποτελούμενο από τρία (3) αυτόνομα διαμερίσματα, στο ισόγειο τον 1^o & 2^o όροφο. Η δόμηση του κτιρίου έχει γίνει σε επικλινές περιβάλλον με αποτέλεσμα όλα τα διαμερίσματα να διαθέτουν προαύλιους χώρους σε μορφή βαθμίδων.

Εικόνα 3.3 Βλάστηση της περιοχής του κτιρίου.

Οι είσοδοι όλων των διαμερισμάτων βρίσκονται στους προαύλιους χώρους, *Εικόνα 3.4* με αποτέλεσμα να είναι συνεχώς εκτεθειμένες στις εκάστοτε μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Εικόνα 3.4 Είσοδοι των διαμερισμάτων του ισογείου, 1ου και 2ου ορόφου.

Δώμα συναντάμε στο κτίριο σε τέσσερα διαφορετικά σημεία, τα δύο από αυτά βρίσκονται άνωθεν του ισογείου και αποτελούν μέρος του προαύλιου χώρου του 1ου ορόφου, το τρίτο βρίσκεται στην είσοδο του 2ου ορόφου και άνωθεν ενός εκ των υπνοδωματίων του 1ου και τέλος το δώμα του δευτέρου ορόφου. Από τα τέσσερα προαναφερθέντα σημεία όπου συναντάμε δώμα μόνο το ένα από αυτά είναι πλήρες αξιοποιήσιμο (άνωθεν του 2ου ορόφου) καθώς τα υπόλοιπα βρίσκονται στις εισόδους των διαμερισμάτων. Το κυρίως δώμα του κτιρίου δεν σκιάζεται καθόλη την διάρκεια της μέρας.

Το λεβητοστάσιο, *Εικόνα 3.5* καθώς και οι αποθηκευτικοί χώροι θεωρούνται ως μη θερμαινόμενοι χώροι, ως εκ τούτου το εμβαδόν τους δεν έχει συμπεριληφθεί σε αυτό των θερμαινόμενων χώρων. Στον *Πίνακα 3.1* παρουσιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία *(υψόμετρο, επιφάνεια κ.α.)* των διαμερισμάτων.

Εικόνα 3.5 Χώρος του λεβητοστασίου

Πίνακας3.1 Γεωμετρικά στοιχεία ορόφων

Όροφοι & δώματα	Υψομετρική στάθμη (m)	Ύψος ορόφου (m)	Επιφάνεια (m^2)	Όγκος (m^3)	Επιφάνεια δώματος (m^2)	Ελεύθερη επιφάνεια δώματος (m^2)
Ισόγειο	94	3	118	354	66	-
1ος Όροφος	97	3	54	163	12	-
2ος Όροφος	100	3	53	159	53	53

3.3.2 *Κτιριακό κέλυφος.*

Το υπό μελέτη κτίριο μπορεί να θεωρηθεί στο σύνολο του ως ανεπαρκώς μονωμένο καθώς διάφορα μέρη της κατασκευής υπολείπονται από μεθόδους και υλικά με θερμομονωτικές ιδιότητες. Όσον αφορά τα στατικά και δομικά στοιχεία του κτιρίου αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα βαθμό θερμομωνομένα, ωστόσο καμία από τις αδιαφανής δομές του κτιρίου δεν καλύπτει την συνθήκη θερμομόνωση όπως αυτή ορίζεται από τις τεχνικές οδηγίες του Τ.Ε.Ε. για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη. Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας σε κάθε περίπτωση πρέπει να μην ξεπερνά των αντίστοιχο μέγιστο όπως ορίζεται από την αντίστοιχη τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος *(Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2)*, για την εκάστοτε κλιματική ζώνη και διάταξη. Ωστόσο όλες οι άλλες κτιριακές διατάξεις, παράθυρα, δώματα κλπ. χαρακτηρίζονται από απουσία θερμομόνωσης. Στο *Πίνακα 3.2* παρουσιάζονται όλες οι δομικές διατάξεις του κτιριακού κελύφους με τον συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας και τον αντίστοιχο μέγιστο όπως αυτός ορίζεται από την Τ.ο.τ.ε.ε 20701-2.

Πίνακας3.2 Εξωτερικές δομές και υλικά κατασκευής του υπό μελέτη κτιρίου

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου (από μέσα προς τα έξω)	Πυκνότητα p [kg/m^3]	Πάχος στρ. d [m]	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ [W/(mK)]	θερμική αντιστ. d/λ [(m^{2}K)/W]
	Εξωτερική τοιχοποιία				
1	Πλαστικό χρώμα	1050	0.0005	0.20	0.00
2	Ασβεστοκονίαμα (λεπτος σοβάς)	1900	0.0150	1.00	0.02
3	Ασβεστοκονίαμα (χοντρός σοβάς)	1800	0.0250	0.87	0.03
4	Τούβλα	1500	0.0800	0.51	0.16
5	Μόνωση (Εξιλασμένη πολυστερίνη)	980	0.0600	0.50	0.12
6	Τούβλα	1500	0.0800	0.51	0.16
7	Ασβεστοκονίαμα (χοντρός σοβάς)	1800	0.0250	0.87	0.03
8	Ασβεστοκονίαμα (λεπτος σοβάς)	1900	0.0150	1.00	0.02
9	Πλαστικό χρώμα	1050	0.0005	0.20	0.00
	Συνολικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m^{2}K)]			1.436	
	Μέγιστος επιτρ. Συντ. θερμοπερατότητας U_{max} [W/(m^{2}K)]			0.5	
	Τοιχία σε επαφή με το έδαφος				
1	Πλαστικο χρώμα	1050	0.0005	0.20	0.003
2	Ασβεστοκονίαμα (λεπτός σοβάς)	1900	0.0150	1.00	0.015
3	Ασβεστοκονίαμα (χοντρός σοβάς)	1800	0.0250	0.87	0.029
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2300	0.2500	2.30	0.109
5	Ασφαλτικό υλικό	1050	0.0020	0.17	0.012
	Συνολικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m^{2}K)]			3.370	
	Μέγιστος επιτρ. Συντ. θερμοπερατότητας U_{max} [W/(m^{2}K)]			1.5	
	Τοιχία σε επαφή με τον αέρα				
	Συνολικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m^{2}K)]			2.97	
	Μέγιστος επιτρ. Συντ. θερμοπερατότητας U_{max} [W/(m^{2}K)]			0.6	
	Εξωτερική οροφή-δωμα(τύπου β)				
1	Πλαστικό χρώμα	1050	0.0005	0.20	0.003
2	Ασβεστοκονίαμα (λεπτος σοβάς)	1900	0.0150	1.00	0.015
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2300	0.1500	2.30	0.065
4	τσιμεντοκονίαμα	2000	0.0100	1.40	0.007
5	πλάκα Καρύστου	2400	0.0200	2.20	0.009
	Συνολικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m^{2}K)]			4.185	
	Μέγιστος επιτρ. Συντ. θερμοπερατότητας U_{max} [W/(m^{2}K)]			0.5	

	Εξωτερική οροφή-δώμα(τύπου α)				
1	**Πλαστικό χρώμα**	*1050*	*0.0005*	*0.20*	*0.003*
2	**Ασβεστοκονίαμα (λεπτός σοβάς)**	*1900*	*0.0150*	*1.00*	*0.015*
3	**Οπλισμένο σκυρόδεμα**	*2300*	*0.1500*	*2.30*	*0.065*
	Συνολικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m²K)]			**4.490**	
	Μέγιστος επιτρ. Συντ. θερμοπερατότητας U_{max} [W/(m²K)]			**0.5**	
	Εξωτερικό δάπεδο				
1	**Μάρμαρο**	*2300*	*0.0200*	*3.50*	*0.006*
2	**τσιμεντοκονίαμα**	*2000*	*0.0100*	*1.40*	*0.007*
3	**Οπλισμένο σκυρόδεμα**	*2300*	*0.1500*	*2.30*	*0.065*
	Συνολικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m²K)]			**3.471**	
	Μέγιστος επιτρ. Συντ. θερμοπερατότητας U_{max} [W/(m²K)]			**0.5**	

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου, υπολογίστηκαν σύμφωνα με την σχέση , $U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^{n} \frac{dj}{\lambda j} + R_\delta + R_\alpha}$

όπου:

U [W/(m²K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου

n: το πλήθος στρώσεων δομικού στοιχείου

d [m]: το πάχος στρώσης δομικού στοιχείου

λ [W/(m K)]: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης

R_δ [m²K/W]: η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος

R_i [m2K/W]: αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_α [m2K/W]: αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον *(T.O.T.E.E. 20701-2).*

Οι υαλοπίνακες του κτιρίου είναι μονοί, απλού υάλου πάχους 4mm, με ξύλινα πλαίσια μέσου πλάτους 5 cm, οι εξωτερικές πόρτες έχουν κατασκευαστεί από συμπαγής ξυλεία πάχους 45mm. Το ποσοστό των ανοιγμάτων *(υαλοπινάκων & θυρών)* επί των εξωτερικών επιφανειών είναι της τάξης του 11,44% ενώ το ποσοστό των επιφανειών που εφάπτονται του εδάφους επί του συνόλου είναι της τάξης του 27,9%, ποσοστό το οποίο απορρέει από το γεγονός ότι το κτίριο είναι κτισμένο σε επικλινές έδαφος.

3.3.3 *Συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού & ΖΝΧ.*

Στο παρόν κτίριο συναντάμε δυο βασικές διατάξεις θέρμανσης. Η πρώτη και κύρια διάταξη είναι υδραυλικά σώματα θέρμανσης διασυνδεδεμένα με έναν κεντρικό λέβητα πετρελαίου ονομαστικής ισχύς 52 έως 68 KW. Ο σχεδιασμός του συστήματος αυτού έγινε με την προοπτική για κάλυψη των θερμικών αναγκών όλου του κτιρίου, ωστόσο λόγο ότι το ισόγειο δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως η χρήση του λέβητα πετρελαίου γίνεται μόνο από τα δύο διαμερίσματα του 1^{ου} & 2^{ου} ορόφου με πέντε (5) σώματα στο κάθε διαμέρισμα. Ως δεύτερη θερμική διάταξη, για την θέρμανση του ισογείου, αναφέρουμε την χρήση μίας παραδοσιακής ξυλόσομπας. Καλό είναι να αναφερθεί ότι τα ξύλα που τροφοδοτούν την ξυλόσομπα προέρχονται εξολοκλήρου από κλαδέματα δέντρων του προαύλιου χώρου, καθώς και από κλαδέματα ελαιοδέντρων και όχι από εμπορευόμενη ξυλεία προορισμένη αυστηρά για χρήση θέρμανσης. Στο παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι καταναλώσεις των δύο αυτών διατάξεων όπως έχουν παρατηρηθεί από τους ενοίκους.

Πίνακας3.3 ετήσιες καταναλώσεις σε θέρμανση για τα υφιστάμενα διαμερίσματα

Μέση κατανάλωση καυσίμου το χρόνο	
1^{ος} όροφος	*2 tn / year πετρέλαιο*
2^{ος} όροφος	
Ισόγειο	*1,5 tn / year ξυλεία*

Στο κτίριο δεν παρουσιάζεται καμία διάταξη για την ψύξη του καθώς τα επίπεδα θερμοκρασίας κατά την θερινή περίοδο, για όλα τα διαμερίσματα, βρίσκονται σε ανεκτά επίπεδα σύμφωνα με τους ενοίκους.

Όσον αφορά τα συστήματα ΖΝΧ *(Ζεστό Νερό Χρήσης)* δεν παρουσιάζεται η χρήση καμίας παθητικής διάταξης. Η ανάγκες σε ΖΝΧ καλύπτονται από τρείς ηλεκτρικούς θερμαντήρες, έναν σε κάθε διαμέρισμα. Η χωρητικότητα και η ισχύς κάθε θερμαντήρα παρουσιάζονται στον *Πίνακα 3.4* που ακολουθεί.

Πίνακας3.4 Χωρητικότητα και Ισχύς ηλεκτρικών θερμαντήρων

Όροφος	Χωρητικότητα (L)	Ισχύς (Watt)
Ισόγειο	250	4000
$1^{ος}$ όροφος	200	3500
$2^{ος}$ όροφος	200	3500

3.3.5 Ηλεκτρικά φορτία

Με βάση τις συγκεντρωτικές καταγραφές, Παράρτημα Α**,** τις Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού *(Δ.Ε.Η.)* εξήχθηκαν αποτελέσματα για τα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου. Στον *Πίνακα 3.5* που ακολουθεί παρουσιάζονται η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε από την αρχή του 2001 έως και τον Αύγουστο του 2011.

Πίνακας3.5 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ημερομηνία	***Κατανάλωση για χρονικά διαστήματα καταμετρήσεων (kWh)***	***Κατανάλωση ανά ημέρα (kWh / day)***	***Ημερήσια κατανάλωση ανά επιφάνεια (Wh/day/m^2)***	**Χρήση κατοικιών**
6/8/2011	*15901*	*24.09*	*0.10*	*Χρήση και των τριών κατοικιών (235,97 m^2)*
5/4/2011	*15049*	*34.24*	*0.15*	
8/12/2010	*11332*	*14.80*	*0.06*	
9/8/2010	*10056*	*15.01*	*0.06*	
12/4/2010	*9393*	*25.06*	*0.11*	
7/12/2009	*7031*	*10.15*	*0.09*	*Χρήση μόνο των διαμερισμάτων του $1^{ου}$ & $2^{ου}$ ορόφου (107,78 m^2)*
10/8/2009	*6937*	*11.98*	*0.11*	
6/4/2009	*6718*	*12.97*	*0.12*	
4/12/2008	*6028*	*7.22*	*0.07*	
9/8/2008	*4720*	*3.83*	*0.04*	
8/4/2008	*6880*	*24.70*	*0.23*	
3/12/2007	*5245*	*17.60*	*0.32*	*Χρήση μόνο του $1^{ου}$ ορόφου (54,59 m^2)*
5/8/2007	*11392*	*17.99*	*0.33*	
10/4/2007	*2623*	*2.79*	*0.05*	
4/12/2006	*2269*	*2.76*	*0.05*	
10/8/2006	*1949*	*2.86*	*0.05*	
10/4/2006	*1600*	*2.61*	*0.05*	
7/12/2005	*4026*	*13.35*	*0.24*	
12/4/2005	*1546*	*12.99*	*0.24*	
14/12/2004	*2737*	*8.01*	*0.15*	
11/8/2004	*327*	*0.01*	*0.00*	
15/4/2004	*326*	*0.00*	*0.00*	
8/12/2003	*7060*	*9.54*	*0.17*	
12/8/2003	*295*	*0.27*	*0.001*	*Καμία χρήση των διαμερισμάτων*
8/12/2002	*229*	*0.60*	*0.003*	
9/8/2002	*156*	*0.30*	*0.001*	
10/4/2002	*120*	*0.00*	*0.000*	
12/12/2001	*125*	*0.02*	*0.000*	

Ύστερα από ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι μόνο τα στοιχεία που αναφέρονται σε εκκαθαριστικούς λογαριασμούς μπορούσαν να μας δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα ηλεκτρικών φορτίων, καθώς οι κατά προσέγγιση καταναλώσεις που αναφέρονταν στους έναντι παρουσίαζαν σημαντικά σφάλματα.

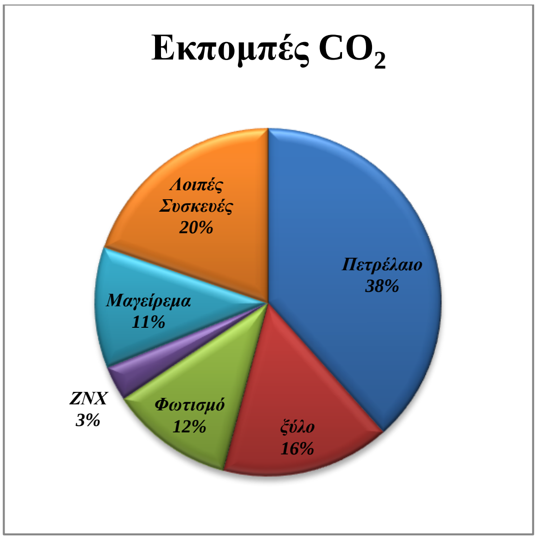
Από τα δεδομένα παρατηρείται μία συνεχής αύξηση από την περίοδο του 2001 μέχρι και την τελευταία καταγραφή του 2011 η οποία είναι αναμενόμενη καθώς τα διαμερίσματα άρχισαν να κατοικούνται σταδιακά, αρχικά μόνο του 1ου ορόφου στην πορεία του ισογείου και τέλος κατά το 2011 κατοικήθηκε και το διαμέρισμα του 2ου.

3.4 Εκτιμημένες ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου βάση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Ύστερα από επιθεώρηση του κτιρίου έγινε εκτενής καταγραφή των ηλεκτρομηχανολογικών διατάξεων που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια όπως αυτή παρουσιάζεται στο **Παράρτημα Α**. Από την καταγραφή προέκυψε ο αριθμός των συσκευών ανά διαμέρισμα και το είδος τους, καθώς και ο κατά προσέγγιση ημερήσιος χρόνος λειτουργίας τους. Η καταγραφή αυτή έγινε για δύο χρονικά διαστήματα, το ένα κατά την θερινή περίοδο και το άλλο κατά την χειμερινή διάρκειας δυο εβδομάδων έκαστος, και θεωρήθηκαν αντιπροσωπευτικά της ημερήσιας χρήσης. Συγκεντρωτικά οι ηλεκτρικές καταναλώσεις χωρίζονται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες: αυτές του φωτισμού, του ZNX, του μαγειρέματος και όλων των υπόλοιπων συσκευών. Στον *Πίνακα 3.6* και στην *Εικόνα 3.6* παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις για κάθε ενεργειακό τομέα για το σύνολο του κτιρίου, στο **Παράρτημα Α** παρουσιάζονται αναλυτικότερα το σύνολο των συσκευών και η διάρκεια χρήσης τους για κάθε περίοδο. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα *(CO_2)* ανέρχονται σε 16,6 τόνους τον χρόνο ενώ η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στο κτίριο *(ηλεκτρική , πετρέλαιο και ξύλο)* ανέρχεται σε 167 KWh/m^2 το χρόνο.

Πίνακας3.6 Ετήσιες ενεργειακές εκτιμήσεις.

Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Λοιπές Συσκευές (kWh/year)	Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Μαγείρεμα (kWh/year)	Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για ZNX (kWh/year)	Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/year)	Μέση συνολική εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια (kWh/year)	Μέση κατανάλωση Πετρελαίου (kWh/year)	Μέση κατανάλωση Ξύλου (kWh/year)
2035.9	2463.7	702.6	2528.7	9978.7	23255.8	6000



Εικόνα 3.6 Σχηματική αναπαράσταση της συνεισφοράς στην κατανάλωση ενέργειας και την εκπομπή CO_2 των ενεργειακών διεργασιών.

3.5 Διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες ανάλογα με τα μορφολογικά & κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Στην παρούσα εργασία ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες καθορίστηκε σύμφωνα με κανόνες και κριτήρια που υπάρχουν για την διαδικασία αυτή στην Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.

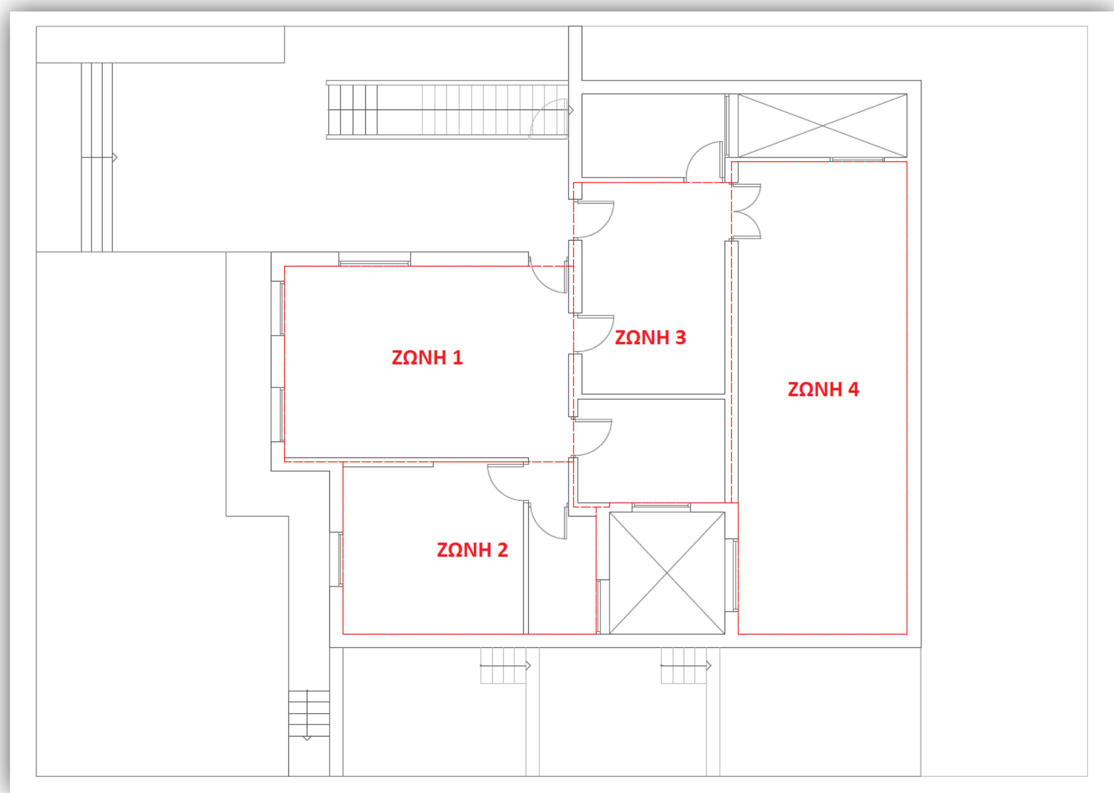
Ως θερμική ζώνη ορίζεται ένας χώρος με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Προτροπή δίνεται κατά την διαδικασία διαχωρισμού κτιρίου σε θερμικές ζώνες, ο αριθμός των ξεχωριστών ζωνών να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, λόγω οικονομίας δεδομένων εισόδου και υπολογιστικού χρόνου. Επιπλέον ένας γενικός κανόνας που πρέπει να ακολουθείται είναι, τμήματα του κτιρίου με όγκο μικρότερο από 10% του συνολικού όγκου του, να μην εξετάζονται ως αυτόνομες θερμικές ζώνες αλλά να είναι ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν την θεώρησή τους ως ανεξάρτητες ζώνες *(Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1)*.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν κάποια επιπλέον κριτήρια σύμφωνα με τα οποία, κάποιο υπό μελέτη τμήμα καλό είναι να ληφθεί ως ξεχωριστή θερμική ζώνη σε ένα κτίριο. Συγκεκριμένα, ξεχωριστή θερμική ζώνη πρέπει να ληφθεί:

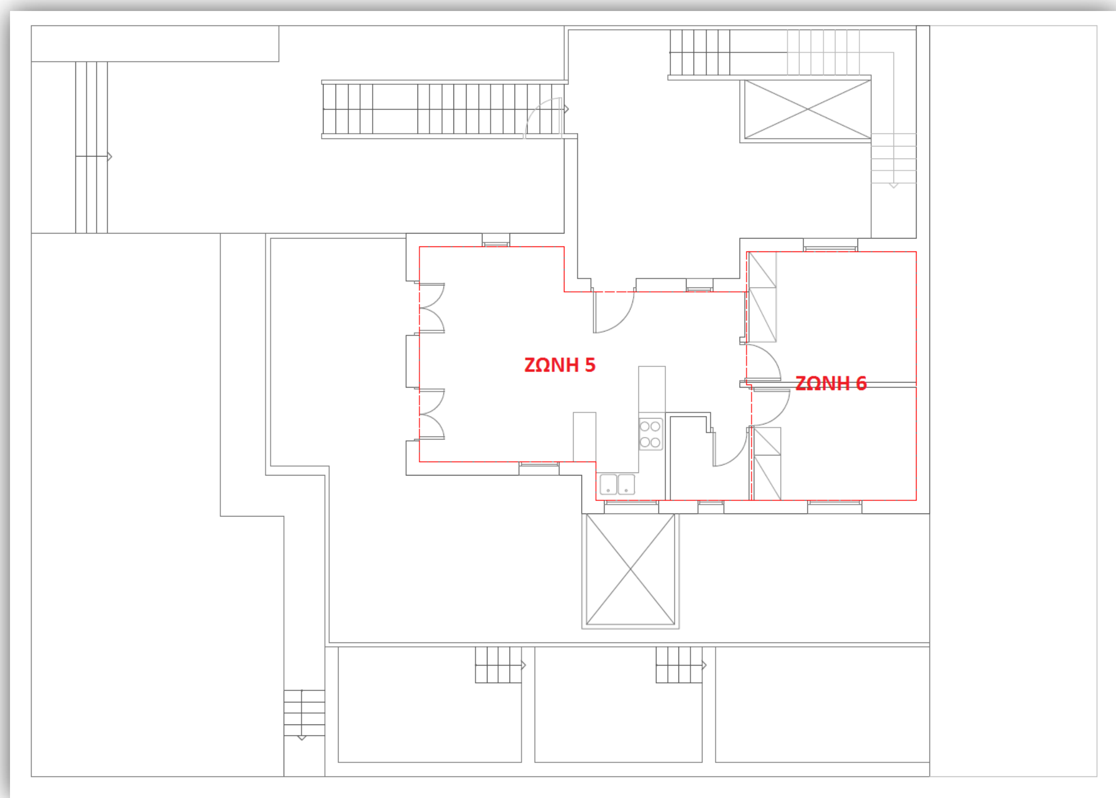
- Όταν η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων είναι μεγαλύτερη κατά 4°C από την θερμοκρασία σε άλλα τμήματα του κτιρίου τόσο κατά την θερινή όσο και κατά την χειμερινή περίοδο.
- Όταν υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση, λόγω του ότι η χρήση στα διάφορα τμήματα αλλάζει, τότε αλλάζουν και οι εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού, όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία και νωπός αέρας.
- Όταν υπάρχουν διαφορετικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης εφόσον έτσι προκύπτουν διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες.
- Όταν υπάρχουν τμήματα που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές απωλειών ή κερδών ενέργειας (π.χ. ηλιακών, θερμικών) σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο.
- Όταν υπάρχουν χώροι στους οποίους το σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από 80% της επιφάνειας του χώρου *(T.O.T.E.E. 20701-1/2010).*

Λόγο του σχετικά μικρού μεγέθους του κτιρίου κάθε χώρος όπου παρουσίαζε διαφορετικά στοιχεία μεταφοράς θερμότητας και χρήσης προσομοιώθηκε σαν μία διαφορετική ζώνη. Αν και επιθυμούμε τις ίδιες συνθήκες άνεσης σε όλο το κτίριο παρατηρούμε λόγο της κατασκευής του αλλά και της μορφολογίας του εδάφους ότι υπάρχουν μέρη του κτιρίου τα οποία συνορεύουν σε μεγάλη έκταση με το έδαφος (πχ πάτωμα ισογείου, τοιχία δωματίων 1^{ου} ορόφου) ή έχουν πολλές ελεύθερες επιφάνειες (πχ τα δωμάτια του 2^{ου} ορόφου το ένα εκ των οποίων ακόμα και το πάτωμα του είναι εκτεθειμένο στις εξωτερικές συνθήκες.)

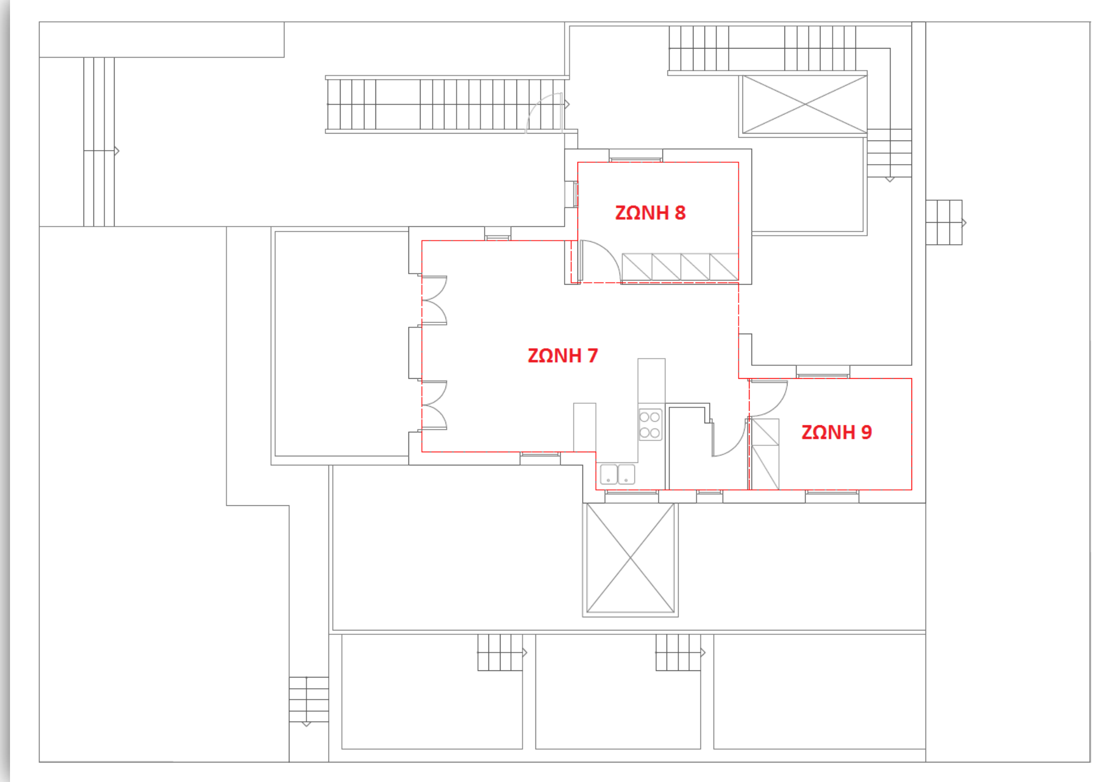
Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά το κτίριο χωρίζεται σε εννέα (9) αυτόνομες θερμικές ζώνες. Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια κάθε όροφος χωρίζεται σε διαφορετικό αριθμό θερμικών ζωνών ανάλογα από το προφίλ των ηλιακών κερδών, τον προσανατολισμό, την χρήση του εκάστοτε χώρου καθώς και την επιφάνεια με την οποία συνορεύουν (αέρας, έδαφος κτλ). Πιο συγκεκριμένα το ισόγειο χωρίζεται σε τέσσερις (4) θερμικές ζώνες, ο 1^{ος} όροφος σε δύο (2) και ο 2^{ος} σε τρείς (3) θερμικές ζώνες, *Εικόνες 3.7 έως 3.9*.



Εικόνα 3.7 Διαχωρισμός κάτοψης ισογείου σε θερμικές ζώνες



Εικόνα 3.8 Διαχωρισμός κάτοψης ισογείου σε θερμικές ζώνες



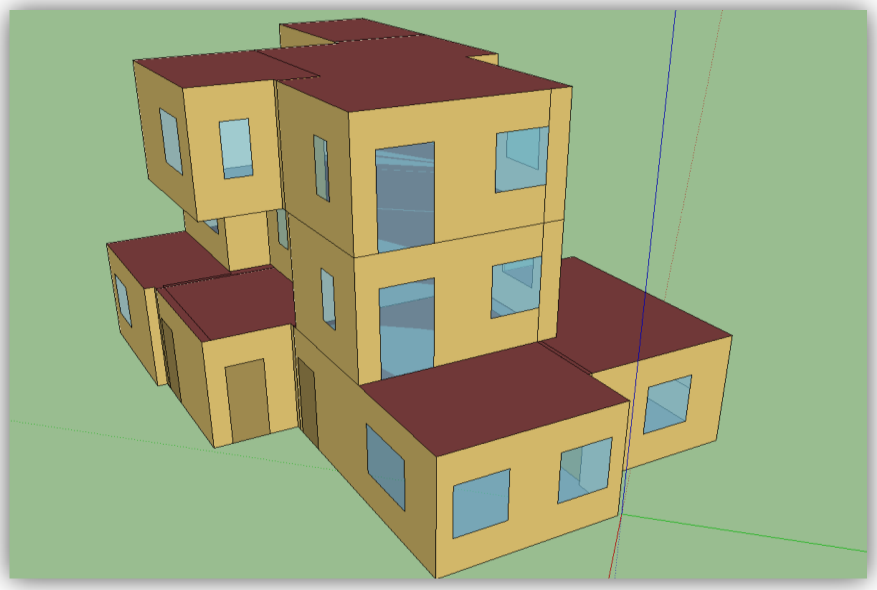
Εικόνα 3.9 Διαχωρισμός κάτοψης ισογείου σε θερμικές ζώνες

3.6 Θερμική προσομοίωση του κτιρίου μέσω Google SketchUp

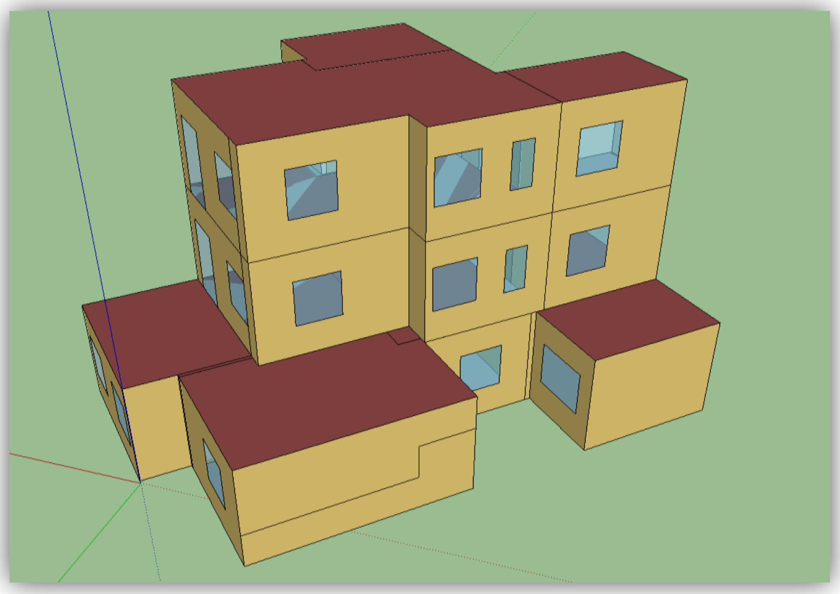
Η προσομοίωση της γεωμετρίας του κτιρίου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Google SketchUp Pro Version 8.0.3117. Πρόκειται για ένα ευρέως διαδεδομένο πρόγραμμα με δυνατότητα κατασκευής κάθε είδους τρισδιάστατου σχεδίου. Το σχεδιαστικό αυτό πρόγραμμα είναι φιλικό προς το χρήστη, διαθέτει εύχρηστα εργαλεία σχεδίασης, με αποτέλεσμα την σχετικά εύκολη σχεδίαση και οπτικοποίηση της αρχιτεκτονικής του μοντέλου. Το Google SketchUp δεν είναι τίποτα παραπάνω από μία επιπρόσθετη λειτουργία (plug-in) του προγράμματος Open Studio.

Για επέκταση της λειτουργικότητας του προγράμματος Google SketchUp, διατίθενται κάποιες εφαρμογές συμβατές με άλλα λογισμικά προσομοίωσης όπως είναι το TRNSYS ή το Energy Plus.

Με χρήση της επέκτασης του προγράμματος Google Sketch Up στο Energy Plus πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση των διαμερισμάτων του κτιρίου. Έτσι σε τρισδιάστατη απεικόνιση δημιουργήθηκαν οι εννέα (9) θερμικές ζώνες. Για το κάθε στοιχείο της ζώνης δηλώθηκε τόσο ο τύπος *(τοίχος, δάπεδο, οροφή, πόρτα, παράθυρο)* όσο και η κατασκευή του *(εξωτερική, ενδιάμεση τοιχοποιία, δάπεδο ή τοιχοποιία επί φυσικού εδάφους, οροφή κτλ)*.



Εικόνα 3.10 Τρισδιάστατη απεικόνιση των θερμικών ζωνών του κτιρίου – Νοτιοανατολική όψη



Εικόνα 3.11 Τρισδιάστατη απεικόνιση των θερμικών ζωνών του κτιρίου – Βορειοανατολική όψη

Κεφάλαιο 4
Προσομοίωση

4.1 Εισαγωγή

Το κάθε κτίριο παρουσιάζει διαφορετικό ενεργειακό χαρακτήρα, ο οποίος επηρεάζεται από ένα πλήθος χαρακτηριστικών όπως είναι το κέλυφος του, τα συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες ψύξης & θέρμανσης, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του *(κλιματική ζώνη, προσανατολισμός, η σκίαση του από τα γύρω εμπόδια)* καθώς και η χρήση του. Για να είναι δυνατή τόσο η ανάλυση όλων αυτών των χαρακτηριστικών όσο και η επίδραση τους στο κτίριο, είναι ανάγκη να γίνει μία προσομοίωση του κτιρίου *(Kreider et al., 2002)*.

Οι πρώτες προσπάθειες για προσομοιώσεις κτιρίων ξεκίνησαν περί το 1960, μία από τις πρώτες ενεργειακές προσομοιώσεις ξεκίνησε για την βελτιστοποίηση των ήλιο-θερμικών συστημάτων το 1977. Από τότε επικεντρώθηκε το ενδιαφέρον στην εύρεση αλγορίθμων που συσχετίζονται με την εκτίμηση ενεργειακών φορτίων, με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών ενεργειακών μοντέλων *(Jebaraj, Iniyan, 2006)*.

Ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που επιδιώκεται, αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι υπολογισμού, οι οποίες διαχωρίζονται σε δυναμικές και στατικές μεθόδους υπολογισμού των ενεργειακών φορτίων των εκάστοτε κτιριακών οικοδομημάτων *(ASHRAE, Handbook - Fundamentals, 2005, Chapter 32)*.

Μερικά από τα μοντέλα αυτά είναι βασισμένα σε νευρωνικά δίκτυα, και έχουν σκοπό την πρόγνωση, την μείωση αέριων εκπομπών, την βελτιστοποίηση παραμέτρων, την διεξοδική ανάλυση παραμέτρων όπως φωτισμό, συστήματα θέρμανσης - ψύξης όπως και μοντέλα ανάλυσης κύκλου ζωής *(Jebaraj, Iniyan, 2006, Jacobs, Henderson, 2002)*.

Η τεράστια εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, έκανε δυνατή την ανάπτυξη των μοντέλων ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν σε λογισμικά ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίων. Με την μέθοδο *BESTEST* είναι δυνατός ο έλεγχος της ακρίβειας και της μεθοδολογίας που ακολουθείται από το κάθε λογισμικό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε από την *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)*, υπακούοντας στις διαδικασίες του *ANSI (American*

National Standards Institute), και δημιουργώντας το πρότυπο *ANSI/ASHRAE Standard 140* *(Neymark, Judkoff, 2008)*.

4.2 Προγράμματα προσομοίωσης.

Μετά την αξιολόγηση πολλών λογισμικών μέσω της μεθόδου *BESTEST* παρουσιάζονται τα παρακάτω λογισμικά.

4.2.1 *BASESIMP*

Το μοντέλο *BASESIMP* είναι ένας αλγόριθμος ο οποίος βασίζεται σε προσομοιώσεις που υλοποιούνται από ένα άλλο πρόγραμμα με το οποίο είναι συζευγμένο, το *BASECALC* *(Beausoleil, Mitalas, 1997)*. Το *BASECALC* είναι ένα υπολογιστικό πρόγραμμα το οποίο εκτελεί μια σειρά από δυσδιάστατα πεπερασμένα στοιχεία ανάλυσης, χρησιμοποιώντας συντελεστές διόρθωσης ώστε να προκύψουν τρισδιάστατες λύσεις *(Beausoleil- Morrison, 1996)*.

4.2.2 *TRNSYS*

Είναι ένα πλήρες υπολογιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται ευρέως για την προσομοίωση κτιρίων, τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας *(ΑΠΕ)* καθώς και συστημάτων θέρμανσης - ψύξης. Αποτελεί ένα σύστημα προσομοίωσης με διάταξη τμημάτων κώδικα η οποία υλοποιεί μία προσέγγιση βασισμένη σε στοιχεία με σκοπό την προσομοίωση θερμικών συστημάτων ενέργειας. Τα στοιχεία αυτά του συστήματος είναι υπορουτίνες σε γλώσσα προγραμματισμού *FORTRAN*. Το *TRNSYS* είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο που επιλύει αριθμητικές πεπερασμένες διαφορές, οι οποίες αποτελούν μέρος της βιβλιοθήκης η οποία είναι συζευγμένη με αυτό *(Klein et al., 2007)*.

4.2.3 *DIT 3-D Model*

Το *DIT 3-D Model* κατασκευάστηκε από το Ινστιτούτο του Δουβλίνου *(Dublin Institute of Technology, DIT)*. Πρόκειται για ένα αριθμητικό τρισδιάστατο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας βασισμένο στην επίλυση γραμμικών και συνήθων διαφορικών εξισώσεων από την *MATLAB* *(The MathWorks, Inc., 2007)*.

4.2.4 *Energy Plus.*

Υπάρχει ένα ακόμα ευρέως διαδεδομένο λογισμικό μοντέλο το *EnergyPlus*, που είναι ένα πλήρες, επεκτάσιμο και εξαιρετικά ευέλικτο λογισμικό ανοιχτού κώδικα *(freeware).* Η χρήση του λογισμικού, όπως και πολλών άλλων, από μηχανικούς έκανε εφικτή την προσομοίωση συστημάτων θέρμανσης - ψύξης, των εσωτερικών θερμικών κερδών *(φωτισμός, αερισμός, χρήστες κλπ)* και κάθε άλλο είδος ροής ενέργειας σε κτήρια *(EnergyPlus, 2012)*.

Το *EnergyPlus* βασίζεται στα λογισμικά *BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics)* και *DOE-2,* τα οποία είναι εργαλεία προσομοίωσης ενεργειακών φορτίων θέρμανσης & ψύξης, το χρονικό διάστημα από 1970 έως 1980 από το Υπουργείο Περιβάλλοντος των Η.Π.Α., και προέκυψε λόγο της ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του ‘70 και των ιδιαίτερα ενεργοβόρων κτιρίων *(EnergyPlus, 2012).*

Δυνατότητες

Σκοπός του λογισμικού αυτού είναι η διαστασιολόγηση του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης & ψύξης, η δημιουργία μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής του συστήματος ή ακόμα και να βελτιστοποιήσει την ενεργειακή του απόδοση. Το *EnergyPlus* παρέχει την δυνατότητα υπολογισμού θερμικών & ψυκτικών φορτίων ώστε να καλύπτονται οι θερμικές & ψυκτικές απαιτήσεις, των καταναλώσεων του πρωτογενούς εξοπλισμού, οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών και γενικότερα όλων των λεπτομερειών με σκοπό να προκύπτει πάντα σωστή και αντιπροσωπευτική προσομοίωση του εκάστοτε κτηρίου *(EnergyPlus, Getting Started with EnergyPlus, 2010).*

Το *EnergyPlus* διαθέτει αρκετά καινοτόμες λειτουργίες και χαρακτηριστικά όπως η δυνατότητα υπολογισμού φορτίων σε χρονικά βήματα που ορίζονται από τον χρήστη (υπάρχει η δυνατότητα ορισμού και υποωριαίων βημάτων), ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων από ακτινοβολία και μεταφορά θερμότητας χρησιμοποιώντας μια τεχνική επίλυσης βασισμένη στην θερμική ισορροπία. Επιπλέον, είναι δυνατός ο υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας στα διάφορα δομικά στοιχεία, σύνθετοι υπολογισμοί ανοιγμάτων, ανάλογα με την περίπτωση με χρήση κάθε είδους τεχνητών ή φυσικών συστημάτων σκίασης που διατίθενται σε αντίστοιχη βιβλιοθήκη καθώς και η εκτίμηση ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω υπολογισμού αέριων εκπομπών. *(EnergyPlus, Getting Started with EnergyPlus, 2010)*.

Η προσομοίωση πραγματοποιείται με κάποια εξειδικευμένα, ανά περίπτωση μοντέλα, όπως το μοντέλο θερμικής άνεσης βασισμένο στη θερμοκρασία ξηρού βολβού και την ανθρώπινη δραστηριότητα μέσα στο κτήριο, ένα συνδυασμένο μοντέλο διάδοσης θερμότητας και μάζας για τον υπολογισμό απορρόφησης - αποβολής υγρασίας από κάθε στρώμα επιφάνειας του κτηρίου όπως είναι τα έπιπλα και οι τοιχοποιίες, ένα μοντέλο διάδοσης θερμότητας μέσω εδάφους βασισμένο σε απλές αναλυτικές τεχνικές και τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους καθώς επίσης και ένα μοντέλο ανισοτροπικής εκπομπής για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας στις επιφάνειες του κτιρίου ηλιακής ακτινοβολίας λόγω διάχυσης *(EnergyPlus, Getting Started with EnergyPlus, 2010)*.

Δομή.

Τα προγράμματα *BLAST* και *DOE-2*, στα οποία οφείλεται η ύπαρξη του *EnergyPlus* είναι γραμμένα σε παλαιότερη έκδοση της γλώσσας προγραμματισμού *FORTRAN*, γι' αυτό και κάποια χαρακτηριστικά τους θεωρούνται πλέον παρωχημένα. Ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ο λεγόμενος κώδικας «σπαγγέτι» από τον οποίο συνίστανται οι *BLAST* και *DOE-2*. Δημιουργήθηκε λόγω αυτού, η ανάγκη να εξαλειφθούν οι αλληλοσυνδέσεις μεταξύ τμημάτων του προγράμματος καθώς και η ανάγκη κατανόησης ολόκληρου του κώδικα με στόχο την προσθήκη απλά κάποιου επιπλέον στοιχείου, σ' ένα μέρος του προγράμματος. Ο στόχος επιτεύχθηκε μέσω της δομής του *EnergyPlus* ως «διαχειριστής», αποτελούμενη από πολλά τμήματα κώδικα *(modules)*. Αντί λοιπόν, το κάθε τμήμα κώδικα χαμηλού επιπέδου προσομοίωσης να διεισδύει στο υψηλότερο επίπεδο της προσομοίωσης, το κάθε τμήμα ασκεί έλεγχο στο ίδιο όταν καλούνται υποκατηγορίες από αυτό. Αυτή η δομή μοιάζει με οργανόγραμμα όπου η διαχείριση των στελεχών γίνεται ιεραρχικά ξεκινώντας από ένα «γενικό εκτελεστικό διευθυντή» που βρίσκεται στην κορυφή του οργανογράμματος.

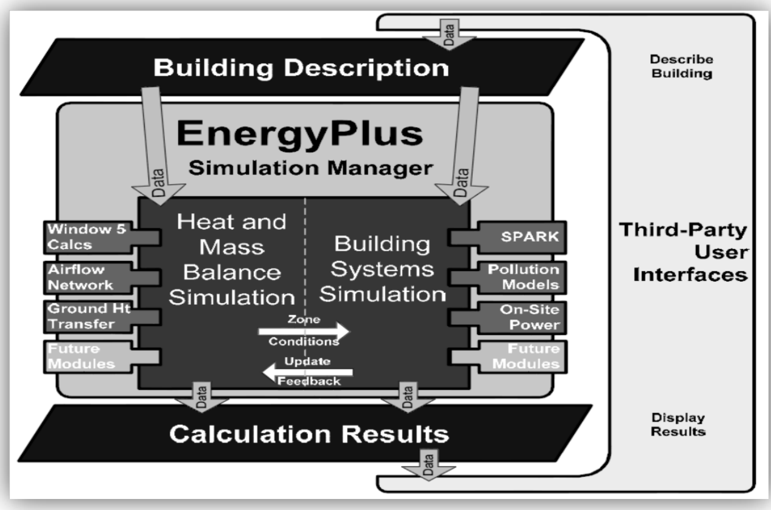
Η υπορουτίνα *Manage Simulation* αναλαμβάνει τον ρόλο του «γενικού εκτελεστικού διευθυντή» καθώς ελέγχει τέσσερις από τους πέντε βρόχους της προσομοίωσης οι οποίοι είναι, το περιβάλλον, η ημέρα, η ώρα, τα χρονικά υποωριαία βήματα που θέτει ο χρήστης καθώς και τα χρονικά υποωριαία βήματα του συστήματος θέρμανσης -

ψύξης που θέτει ο *HVAC* διαχειριστής. Έτσι το κάθε επιμέρους τμήμα κώδικα καλείται μέσω της υπορουτίνας του διαχειριστή συνεπώς δεν δυσχεραίνει η έκβαση του προγράμματος εξαιτίας των αλληλοσυνδέσεων που υπάρχουν μεταξύ των υπορουτίνων.

Τα χαρακτηριστικό που διαθέτει το *EnergyPlus* να χωρίζεται σε τμήματα κώδικα αποτελεί βασικό προτέρημα καθώς παρέχει την δυνατότητα προσθήκης στοιχείων αλλά και συνδέσμων *(links)* στα διάφορα τμήματα του προγράμματος.

Λόγω του τμηματικού προγραμματισμού, κάθε προγραμματιστής μπορεί να κατασκευάσει το δικό του τμήμα - κώδικα παράλληλα με κάποιο άλλο χωρίς να παρεμβαίνει το ένα στο τμήμα - κώδικα του άλλου χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη γνώση της δομής του προγράμματος. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι κρίσιμο για την ευρεία χρήση και ανάπτυξη των μοντέλων των προγραμμάτων γενικά, συνεπώς και του *EnergyPlus*. Επομένως η τμηματικότητα και η βελτιωμένη του δομή, απλοποιεί κατά πολύ και επιλύει τα προβλήματα που υπήρχαν, περιορίζοντας τόσο την απαίτηση ειδικών για την επεξεργασία του κώδικα, όσο και την μεγάλη απαίτηση σε χρόνο και δαπάνη για εκμάθηση ολόκληρου του κώδικα ώστε να είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν προσθήκες σε αυτόν, όταν κρίνεται σκόπιμο.

Ο τμηματικός προγραμματισμός ευνοεί επίσης την εγκατάσταση συνδέσμων *(links)* οι οποίοι επιτρέπουν την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του κώδικα, όπως για παράδειγμα τμήμα κώδικα ισοζυγίου θερμότητας και μάζας που αλληλεπιδρά με τμήμα προσομοίωσης κτηρίου *Εικόνα 4.1*



Εικόνα 4.1 Γενική δομή του Energy Plus (EnergyPlus, Getting Started with EnergyPlus, 2010)

Το *EnergyPlus* επιτυγχάνει ολοκληρωμένη προσομοίωση βασισμένη στο πρόγραμμα *IBLAST (Integrated Building Loads Analysis and System Thermodynamics)*, εφόσον έτσι μπορούν τα κύρια μέρη της προσομοίωσης, κτήριο, σύστημα, και μηχανολογική εγκατάσταση, να αλληλεπιδράσουν ταυτόχρονα μεταξύ τους σε κάθε υποωριαίο χρονικό βήμα που θέτει ο χρήστης, σε συνδυασμό με κάθε βήμα που θέτει ο *HVAC* διαχειριστής.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο κώδικας προγραμματισμού του *EnergyPlus* είναι πηγαίος για λόγους χρησιμότητας και μεγάλης ακρίβειας, στον οποίο δίνεται πρόσβαση τόσο στο χρήστη όσο και στον προγραμματιστή.

4.3 Προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιριακού κελύφους του υπό μελέτη κτιρίου.

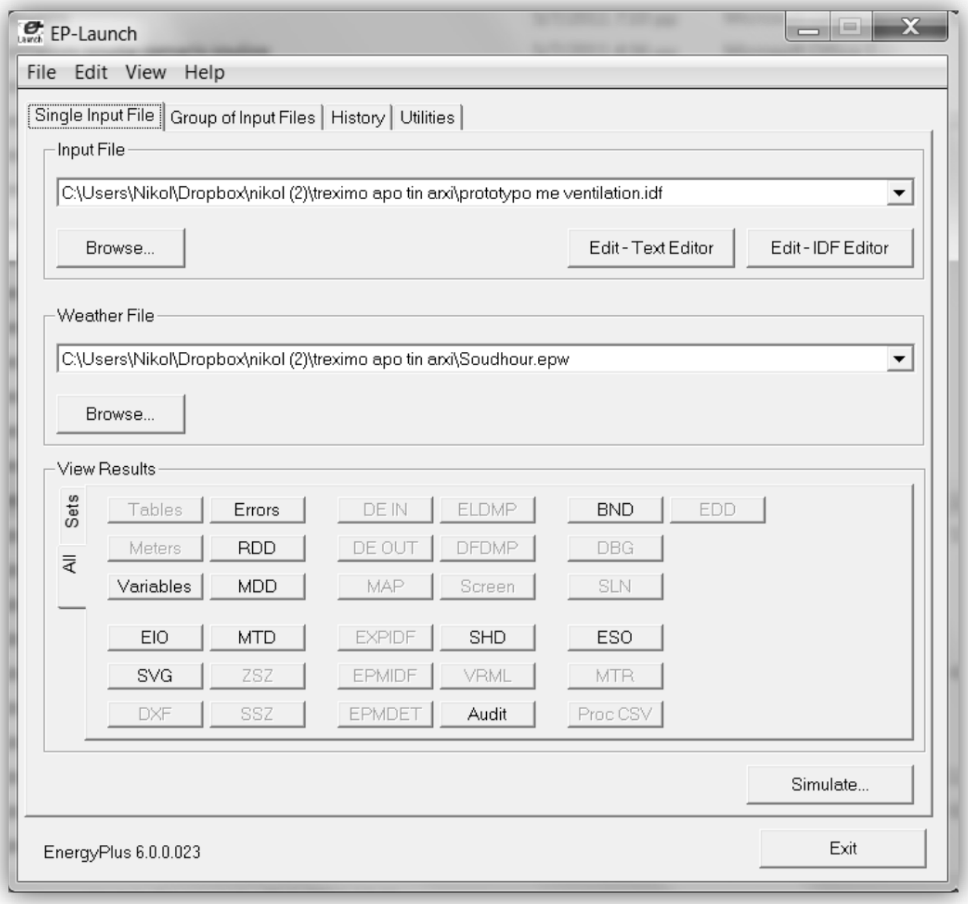
Η γεωμετρία του κτηρίου που μελετάται έχει εισαχθεί, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, μέσω της επιπρόσθετης λειτουργίας *(plug-in)* του προγράμματος *Open Studio,* του *Google SketchUp.* Το αρχείο του *Google SketchUp* περιέχει κάποιες γενικές πληροφορίες για το κτίριο που προσομοιώθηκε, όπως όγκος, επιφάνεια, προσανατολισμός καθώς και υλικά τοιχοποιίας του κτιρίου. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στο *EnergyPlus Version 7.0.0.036* με βάση το οποίο γίνεται η κτιριακή προσομοίωση.

Κατά την κτιριακή προσομοίωση μέσω του *EnergyPlus* χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά υποπρογράμματα που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς, το *EP-Launch* και το *IDF Editor*.

4.3.1 *Υποπρόγραμμα EP-Launch.*

Στην καρτέλα *Single Input File* του αρχείο *EP-Launch* παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τα αρχεία που είναι επιθυμητά να εκτελεστούν από το λογισμικό του *EnergyPlus*. Όπως παρουσιάζεται στην *Εικόνα 4.2,* αρχικά μπορεί να επιλεχθεί το αρχείο εισαγωγής *(Input File)* που θα εκτελεστεί, το αρχείο καιρού *(Weather File)* με βάση το οποίο θα πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί μεταφοράς μάζας και θερμότητας καθώς επίσης τα αρχεία αποτελεσμάτων *(View Results)* που θα εξαχθούν από την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του προγράμματος, τα οποία διαρθώνονται σε δυο επιμέρους καρτέλες *(All και Sets).*

Τα αρχεία εξόδου περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα που εισήγαγε και επεξεργάστηκε ο χρήστης καθώς και αυτά που προέκυψαν από το λογισμικό *EnergyPlus*. Τα διάφορα αρχεία εισόδου - εξόδου που προκύπτουν είναι αρχεία κειμένου με διαφορετική κατάληξη, ανάλογα με το περιεχόμενό.

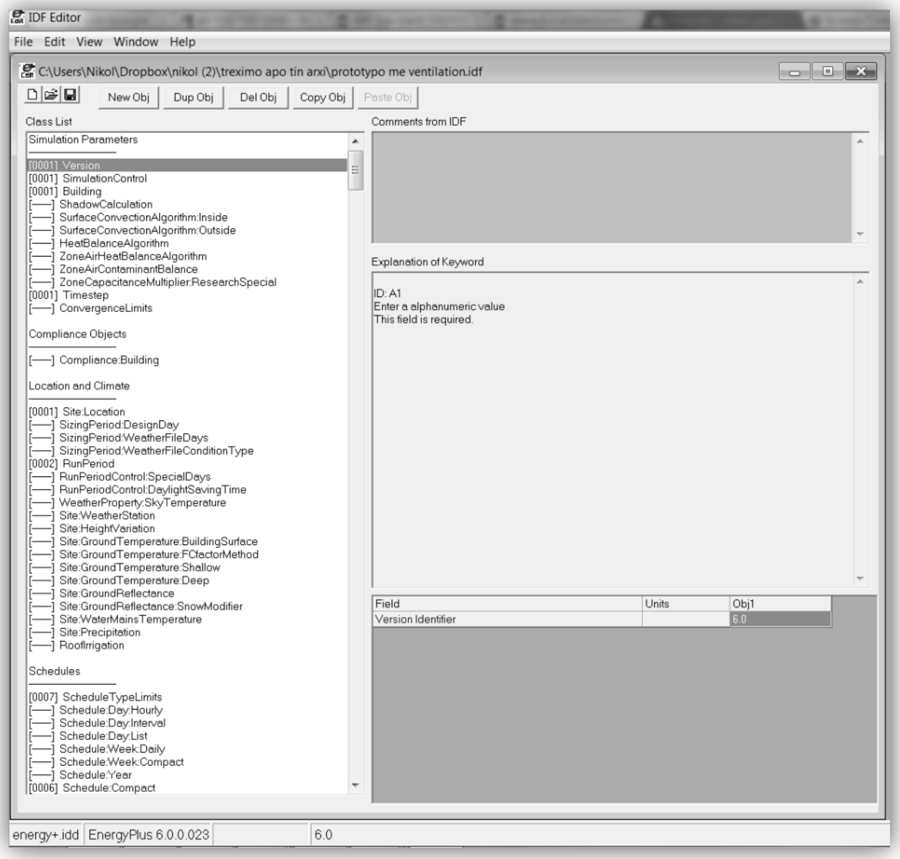


Εικόνα 4.2 καρτέλα Single Input File

Για την εκτέλεση του προγράμματος απαιτείται ένα αρχείο καιρού το οποίο περιέχει μετεωρολογικά δεδομένα (τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχοπτώσεων, ηλιοφάνειας κλπ) για την περιοχή ενδιαφέροντος, ώστε να προσομοιωθούν και οι κλιματολογικές παράμετροι του κτιρίου. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε αρχείο καιρού από μετεωρολογική ιστοσελίδα για την περιοχή του Ηρακλείου *(Meteonorm).*

4.3.2 *Υποπρόγραμμα IDF Editor.*

Από το υποπρόγραμμα *EP-Launch* είναι δυνατή είτε η επιλογή *Edit-Text Editor* είτε η επιλογή *Edit IDF*. Το *IDF Editor* παρέχει την δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργεί κα να επεξεργάζεται με εύκολο τρόπο εισερχόμενα αρχεία δεδομένων *(Input Data Files, IDF).* Κάθε δεδομένο που εισάγεται μπορεί να επεξεργαστεί χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό φύλλο σε μορφή πλέγματος. Για δεδομένα με συγκεκριμένες επιλογές, οι επιλογές αυτές παρέχονται σε λίστα για την εύκολη επιλογή τους από το χρήστη. Όταν το δεδομένο είναι αριθμητικό, εμφανίζεται το εύρος στο οποίο πρέπει να βρίσκεται. Παρέχει επίσης αυτόματα μια λίστα με τα ονόματα των αντικειμένων, όταν ένα αντικείμενο πρέπει να συνδέεται με ένα άλλο *Εικόνα 4.3.*



Εικόνα 4.3 Καρτέλα υποπρογράμματος IDF Editor

4.3.3 *Κατηγορίες δεδομένων εισαγωγής.*

Αποσκοπώντας στην σωστή προσομοίωση του κάθε κτιρίου, είναι απαραίτητο να εισαχθούν δεδομένα που περιγράφουν εξ' ολοκλήρου τόσο το ίδιο το κτίριο, όσο τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητές του. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, τα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν έχουν διαχωριστεί σε επιμέρους κατηγορίες. Σε αυτές, ο χρήστης μπορεί να εισάγει αντικείμενα και να τα περιγράψει με ακρίβεια. Στην διαδικασία αυτή, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγξει τα δεδομένα που εισήγαγε, να τα τροποποιήσει και να τα επεξεργαστεί. Οι βασικότερες κατηγορίες δεδομένων εισαγωγής περιγράφονται στον *Πίνακα 4.1* ενώ στον *Πίνακα 4.2* παρατίθενται και κάποιες επιπρόσθετες κατηγορίες εισαγωγής δεδομένων.

Πίνακας 4.1: Βασικές κατηγορίες δεδομένων του EnergyPlus

Κατηγορία Δεδομένων	Περιγραφή στοιχείων σχετικά με:
Simulation Parameters	Διαδικασία της προσομοίωσης (περιοχή γύρω από το κτήριο, ηλιακή κατανομή στο κτήριο, έλεγχος προσομοίωσης, χρονικά βήματα εκτέλεσης της προσομοίωσης)
Location and Climate	Κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης, χρονική περίοδο της προσομοίωσης
Schedules	Χρονοδιαγράμματα για καθορισμό προγραμματισμού αντικειμένων (π.χ. δραστηριότητα, κίνηση σε χώρο που μελετάται, φωτισμός, εξοπλισμός κτηρίου)
Surface Construction Elements	Φυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων που απαρτίζουν το κτιριακό κέλυφος (εισαγωγή τοιχοποιίας, υαλοστασίων, πορτών που διαθέτει το κτήριο)
Thermal Zones and Surfaces	Θερμικές ζώνες στις οποίες έχει διαχωριστεί το κτήριο
Room Air Models	Εισαγωγή δεδομένων όταν δεν ικανοποιείται η συνθήκη καλά αναμεμειγμένης ζώνης αέρα
Internal Gains	Εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτηρίου (π.χ. κέρδη από ανθρώπινη δραστηριότητα, φώτα, ηλεκτρικό εξοπλισμό)
Daylighting	Συσκευές και μέθοδοι ελέγχου των επιπέδων φωτισμού ανάλογα με τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας
Zone Airflow	Ροή αέρα μεταξύ των ζωνών και λόγω φυσικού εξαερισμού (infiltration, ventilation)
Aiflow Network	Μηχανικός και φυσικός μηχανισμός αερισμού του υπό μελέτη χώρου, υπολογίζοντας κέρδη - απώλειες θερμότητας του συστήματος αερισμού
HVAC Templates	Προσδιορισμός θερμοστατών των θερμικών ζωνών και των συστημάτων θέρμανσης - ψύξης HVAC (Heating, Ventilating and Air - Conditioning)
HVAC Design Objects	Σχεδιαστικές παράμετροι του HVAC συστήματος, (π.χ. ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον)
Zone HVAC Controls and Thermostats	Θερμοστατικός ή και υγροστατικός έλεγχο σε θερμική ζώνη
Zone HVAC Forced Air Units	Μονάδες με κίνηση εξαναγκασμένου αέρα, (π.χ. σύστημα με ιδανική απόδοση, σύστημα FCU (Fan Coil Unit)
Zone HVAC Radiative/ Convective Units	Υπολογισμός ποσού μεταφερόμενης θερμότητας από συστήματα σε ανθρώπους και επιφάνειες του κτηρίου, για υπολογισμούς ισοζυγίων θερμότητας και πρόβλεψη θερμικής άνεσης σε υπό μελέτη χώρο
	Τερματικές μονάδες που συνδέουν τα συστήματα αέρα με τις θερμικές

Zone HVAC Air Loop Terminal Units	ζώνες
Zone HVAC Equipment Connections	Εξοπλισμός του HVAC συστήματος που διαθέτει μία ζώνη κατά σειρά λειτουργίας ανάλογα με τις απαιτήσεις του θερμοστάτη
Energy Management System (EMS)	Μέθοδος ελέγχου παραμέτρων, λειτουργώντας ως αισθητήρας (π.χ. ενεργοποίηση / απενεργοποίηση σε φώτα, αντλίες, ανεμιστήρες, ηλεκτρικό εξοπλισμό, τμήματα του HVAC συστήματος, τροποποίηση σημείου αναφοράς σε εναλλάκτη)
Economics	Μοντελοποίηση κόστους κατασκευής, λογαριασμών που προκύπτουν από την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτηρίου
Output Reporting	Εξαγόμενα αποτελέσματα από το πέρας της μοντελοποίησης

Πίνακας 4.2: Λοιπές κατηγορίες δεδομένων του EnergyPlus

Κατηγορία Δεδομένων	Περιγραφή στοιχείων σχετικά με:
Exterior Equipment	Εξωτερικός εξοπλισμός (φώτα, καύσιμα, νερό)
Fans	Ανεμιστήρες
Coils	Πηνία
Evaporative Coolers	Σύστημα ψύξης
Humidifier	Υγραντήρας
Desiccant Dehumidifier	Αφυγραντήρας
Heat Recovery	Εναλλάκτης θερμότητας
Controllers	Έλεγχος λειτουργίας μηχανολογικών συστημάτων
Air Distribution	Διανομή αέρα σε ζώνη από HVAC σύστημα
Node Branch Management	Κομβικά σημεία που συνθέτουν ένα HVAC σύστημα
Pumps	Αντλίες
Solar Collectors	Ηλιακοί συλλέκτες
Plant Heating and Cooling Equipment	Εξαρτήματα HVAC συστημάτων (λέβητες, αντλία θερμότητας)
Condenser Equipment and Heat Exchangers	Μηχανολογικός εξοπλισμός (πύργοι ψύξης, εναλλάκτες θερμότητας)
Refrigeration	Σύστημα ψύξης
Demand Limiting Controls	Μέθοδος διαχείρισης ελάχιστης ζήτησης
Water Systems	Συστήματα νερού
Performance Curves	Πολυωνυμικές καμπύλες για χαρακτηρισμό των επιδόσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού
Performance Tables	Πίνακες δεδομένων για χαρακτηρισμό των επιδόσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού
Fluid Properties	Ιδιότητες ρευστών που υπάρχουν σε μηχανολογική εγκατάσταση

4.3.4 *Εισαγωγή δεδομένων*

Στη συνέχεια περιγράφονται τα στοιχεία που εισήχθησαν για την μοντελοποίηση του υπό μελέτη κτιρίου.

Παράμετροι προσομοίωσης

Σε αυτήν την κατηγορία δεδομένων εισάγονται γενικά δεδομένα που αφορούν στον τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η προσομοίωση του κτηρίου που μελετάται. Εισάγεται η υποκατηγορία *«Version»* (δήλωση της έκδοσης του προγράμματος με την οποία θα εκπονηθεί η μελέτη), η υποκατηγορία *«Building»* (δήλωση της χρήσης σχετικών ή απόλυτων συντεταγμένων για την περιγραφή της τοποθεσίας του κτιρίου, το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής το οποίο επηρεάζει την κίνηση του ανέμου γύρω από το κτίριο. Στην εξεταζόμενη περίπτωση είναι ανάγλυφο προαστίου των Χανίων) καθώς επίσης και η υποκατηγορία *«Timestep»* (ορισμός του χρονικού βήματος προσομοίωσης του κτηρίου). Εισάγεται ακόμα το αποδεκτό σφάλμα για την σύγκλιση παραμέτρων καθώς και ο μηχανισμός με τον οποίο η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στις επιφάνειες του κτιρίου και με τον τρόπο αυτό εισέρχεται στο εσωτερικό των θερμικών ζωνών του. Στην εν λόγω περίπτωση λαμβάνεται υπόψη η διάχυτη ακτινοβολία που προσπίπτει σε όλες τις επιφάνειες του κτιρίου, αντανακλάται και διανέμεται ομοιόμορφα στο εσωτερικό των χωρών ενώ στο ισοζύγιο θερμότητας της κάθε επιφάνειας συνυπολογίζεται και η θερμότητα που απορροφάται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε επιφάνειας.

Τοποθεσία & κλίμα.

Στην υποκατηγορία *«Site:Location»* περιγράφονται οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες του κτιρίου (γεωγραφικό μήκος, πλάτος, ανύψωση) και ώρα ζώνης. Στην υποκατηγορία *«RunPeriod»* το χρονικό διάστημα προσομοίωσης του κτιρίου δίνοντας κάποια επιπρόσθετα στοιχεία για το αν πρέπει να ληφθούν υπόψη Σαββατοκύριακα

Προγράμματα.

Η υποκατηγορία *«ScheduleTypeLimits»* προσδιορίζει τον τύπο των δεδομένων και τα όρια των στοιχείων που θα εισαχθούν για την περιγραφή των προγραμμάτων. Μέσω της υποκατηγορίας *«Schedule:Compact»* καθορίστηκε χρονοδιάγραμμα για την κινητικότητα που υπάρχει στο κτήριο, την χρήση ηλεκτρικού εξοπλισμού και φωτισμού καθ όλη τη διάρκεια του έτους, όπως φαίνεται στους *Πίνακες 4.5 και 4.6.*

Πίνακας 4.5 Δραστηριότητα φωτισμού

Καθημερινά	
Χρονικό διάστημα	Δραστηριότητα
24:00 έως 07:00	15%
07:00 έως 17:00	5%
17:00 έως 23:00	95%
23:00 έως 24:00	50%

Πίνακας 4.6 Δραστηριότητα ηλεκτρικού εξοπλισμού

Καθημερινά	
Χρονικό διάστημα	Δραστηριότητα
24:00 έως 07:00	10%
07:00 έως 14:00	95%
14:00 έως 16:00	60%
16:00 έως 19:00	40%
19:00 έως 23:00	75%
23:00 έως 24:00	30%

Κατασκευή επιφανειών.

Στην κατηγορία *«Material»* εισάγεται το κάθε υλικό που υπάρχει στο κτίριο συνοδευόμενο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, όπως έχει περιγραφεί στο *Κεφάλαιο 3*. Έπειτα στην κατηγορία *«Construction»* εισάγονται από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό, συντελώντας έτσι την κατασκευή κάθε τμήματος του κτιρίου. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα υαλοστάσια, εφόσον τα υλικά οριστούν πρώτα στα *«WindowMaterial:Glazing»* και *«WindowMaterial:Gas.»*

Θερμικές ζώνες & επιφάνειες

Οι ακριβείς συντεταγμένες των θερμικών ζωνών, των επιφανειών, των υαλοστασίων και των συστημάτων σκίασης εισάγονται αυτόματα από το *GoogleSketchUp.*

Εσωτερικά κέρδη.

Στο πεδίο *«People»* εισάγεται ο αριθμός των ατόμων ανά ζώνη κατόπιν υπολογισμού που πραγματοποιήθηκε κατά την επιθεώρηση του κτιρίου, οι οποίοι βρίσκονται στο χώρο σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει οριστεί, είναι καθιστοί εκτελώντας δραστηριότητα γραφείου και παράγουν ολική θερμότητα 120W ανά άτομο *(ASHRAE, Handbook - Fundamentals, 2005, Chapter 8, Chapter30)*.

Εισάγονται τα επίπεδα φωτισμού ανά ζώνη που υπολογίστηκαν από την επιθεώρηση κτιρίου στην υποκατηγορία *«Lights»* τα οποία χρησιμοποιούνται με αντίστοιχο πρόγραμμα. Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται στο πεδίο *«ElectricEquipment»* όπου ορίζονται τα εσωτερικά κέρδη από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό να υπολογίζονται ανά επιφάνεια της ζώνης και συγκεκριμένα παράγονται 6W/m2 κτηρίου *(ASHRAE, Handbook - Fundamentals Handbook, 2005, Chapter 30)*.

Πίνακας 4.7 Πλήθος των ατόμων στο κτήριο για την εκάστοτε χρονική περίοδο σε εβδομαδιαίο επίπεδο

Εργάσιμες		**Σαββατοκύριακα**	
Χρονικό διάστημα	Αριθμός Ατόμων	**Χρονικό διάστημα**	Αριθμός Ατόμων
22:00 έως 07:00	7	**23:00 έως 10:00**	7
07:00 έως 11:00	4	**10:00 έως 16:00**	3
11:00 έως 16:00	3	**16:00 έως 21:00**	7
16:00 έως 22:00	5	**21:00 έως 23:00**	5

Ροή αέρα στις ζώνες.

Η διείσδυση αέρα από εξωτερικές πόρτες, παράθυρα και ρωγμές δηλώνεται στο πεδίο *«ZoneInfiltration:DesignFlowRate»* με ρυθμό *1.5ach* *(Air changes per hour)* στην υφιστάμενη κατάσταση για όλες τις ζώνες όλο το χρονικό διάστημα της μοντελοποίησης *(Kreider et al., 2002, ASHRAE, Handbook - Fundamentals, 2005, Chapter 27)*.

Ο ρυθμός αερισμού, δηλαδή η σκόπιμη παροχή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον σε κάποια ζώνη ορίζεται στην κατηγορία *«ZoneVentilation:DesignFlowRate»* και είναι ίση με *0.0042 m3/s* άτομο σε κάθε ζώνη *(ANSI/ASHRAE Standard,2001, Kreider et al., 2002, ASHRAE, Handbook - Fundamentals, 2005, Chapter 27)*.

4.4 Αποτελέσματα του λογισμικού.

4.4.1 *Εσωτερικές θερμοκρασίες του υπό μελέτη κτιρίου.*

Κατόπιν της εισόδου των απαιτούμενων στοιχείων του κτιρίου, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα εσωτερικών θερμοκρασιών, *Πίνακας 4.10* από το λογισμικό, υπό συνθήκες φυσική κατάστασης, χωρίς την χρήση συστημάτων θέρμανσης ψύξης.

Πίνακας 4.10 Μέγιστες, ελάχιστές και μέσες ωριαίες θερμοκρασίες των ζωνών χωρίς την επιβολή εξωτερικής ενέργεια για ψύξη η θέρμανση.

	Θερμοκρασιακός Μ.Ο. (°C)	**Ελάχιστη θερμοκρασία (°C)**	**Μέγιστη θερμοκρασία (°C)**	**Θερμοκρασιακή διαφορά (°C)**
1η Ζώνη	20	12	29	16
2η Ζώνη	20	11	28	17
3η Ζώνη	20	12	28	15
4η Ζώνη	20	12	26	14
5η Ζώνη	22	12	33	20
6η Ζώνη	21	12	29	17
7η Ζώνη	23	11	35	24
8η Ζώνη	23	11	34	22
9η Ζώνη	22	10	35	24

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες ανά ζώνη για την διάρκεια ενός τυπικού έτους. Όπως έχουμε αναφέρει το ισόγειο περιλαμβάνει τις ζώνες 1,2,3 & 4, ο 1^{ος} όροφος περιλαμβάνει τις ζώνες 5 & 6, και ο 2^{ος} όροφος τις ζώνες 7,8 & 9. Παρατηρούμε ότι όσο ανεβαίνουμε ορόφους αυξάνονται ο θερμοκρασιακός μέσος όρος, η μέγιστη θερμοκρασία και η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας ζώνης, ενώ αντίθετα η ελάχιστη θερμοκρασία ζώνης μειώνεται όσο ανεβαίνουμε σε ορόφους. Παρατηρούμε, παράλληλα με την καθ' ύψος μεταβολή της θερμοκρασίας μία οριζόντια μεταβολή κατά τον οριζόντιο άξονα προς την οπίσθια όψη του κτιρίου. Στο ισόγειο και τον 1^{ο} όροφο όπου οι οπίσθιες ζώνες συνορεύουν με το έδαφος βλέπουμε μία μείωση του θερμοκρασιακού Μ.Ο., της μέγιστης θερμοκρασίας και της θερμοκρασιακής διαφοράς, ενώ αυξάνεται η ελάχιστη θερμοκρασία. Από την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες οι θερμοκρασίες του διαμερίσματος του 2^{ου} ορόφου είναι αρκετά υψηλές.

Διάγραμμα 4.1 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 1^{ης} Ζώνης

Διάγραμμα 4.2 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 2^{ης} Ζώνης

Διάγραμμα 4.3 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 3ης Ζώνης

Διάγραμμα 4.4 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 4ης Ζώνης

Διάγραμμα 4.5 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 5ης Ζώνης

Διάγραμμα 4.6 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 6ης Ζώνης

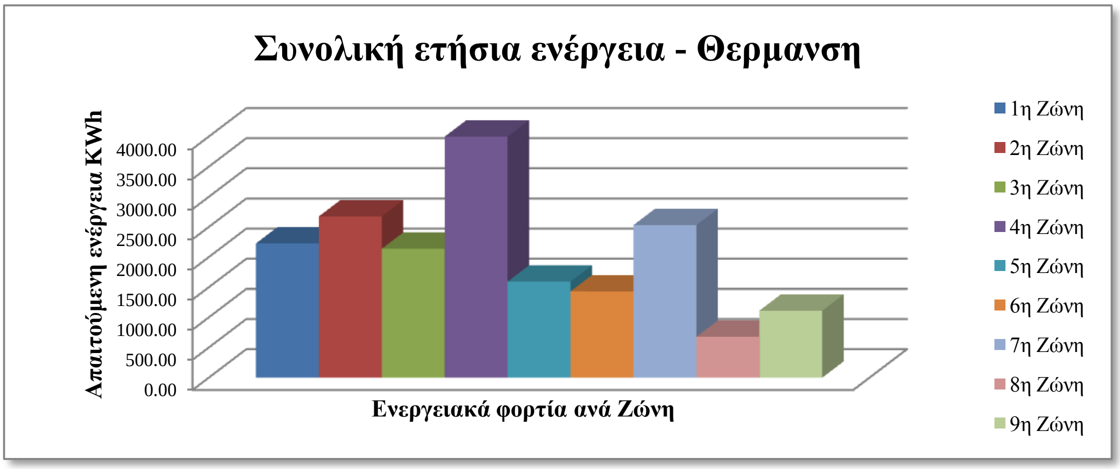
Διάγραμμα 4.7 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 7ης Ζώνης

Διάγραμμα 4.8 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 8ης Ζώνης

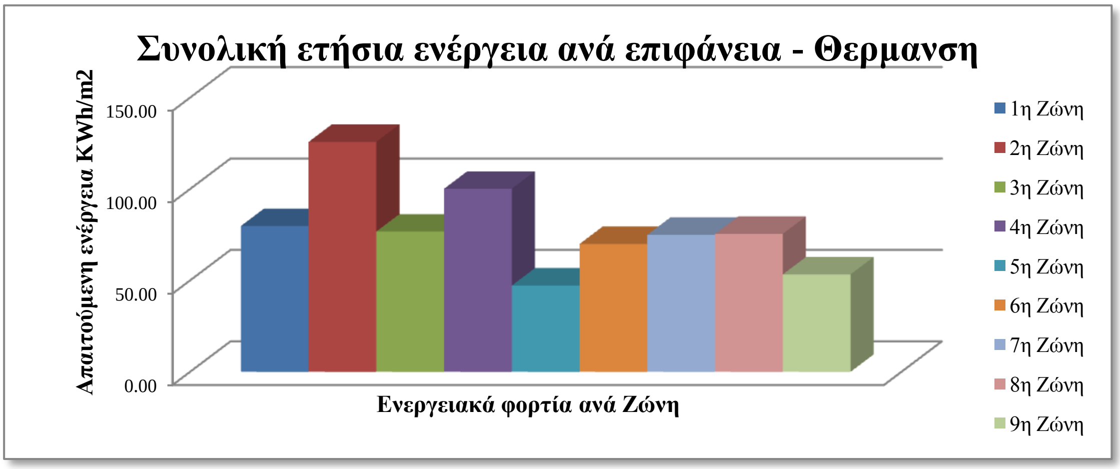
Διάγραμμα 4.9 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασιών 9ης Ζώνης

4.4.2 *Φορτία & ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίου.*

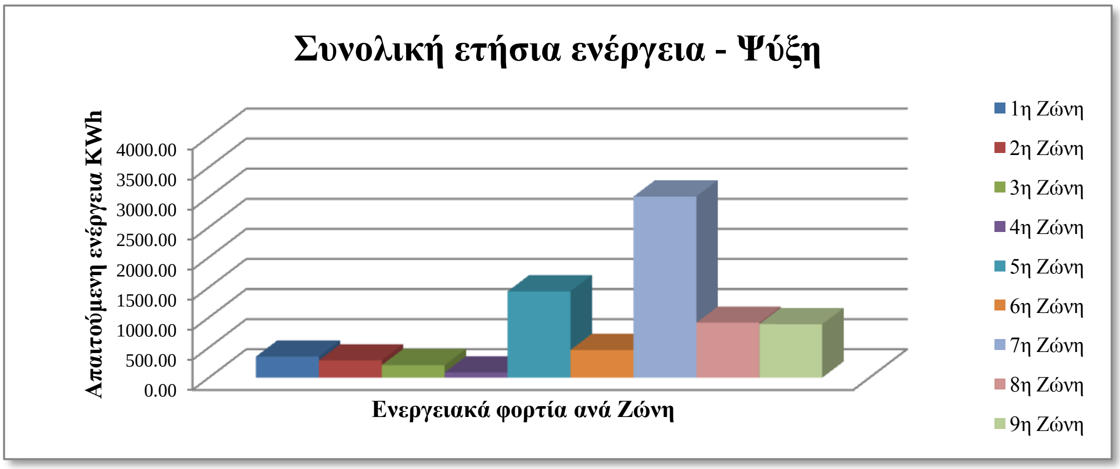
Τα ετήσια φορτία για τις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου που προέκυψαν για συνθήκες άνεσης θερμοκρασιών από 20 έως 26 ^{o}C στα *Διαγράμματα 4.11, 4.12 ενώ στα Διαγράμματα 4.13 και 4.14* παρουσιάζονται τα απαιτούμενα φορτία ψύξης, για τις ίδιες συνθήκες άνεσης, εάν χρησιμοποιούνταν κάποιο σύστημα ψύξης.



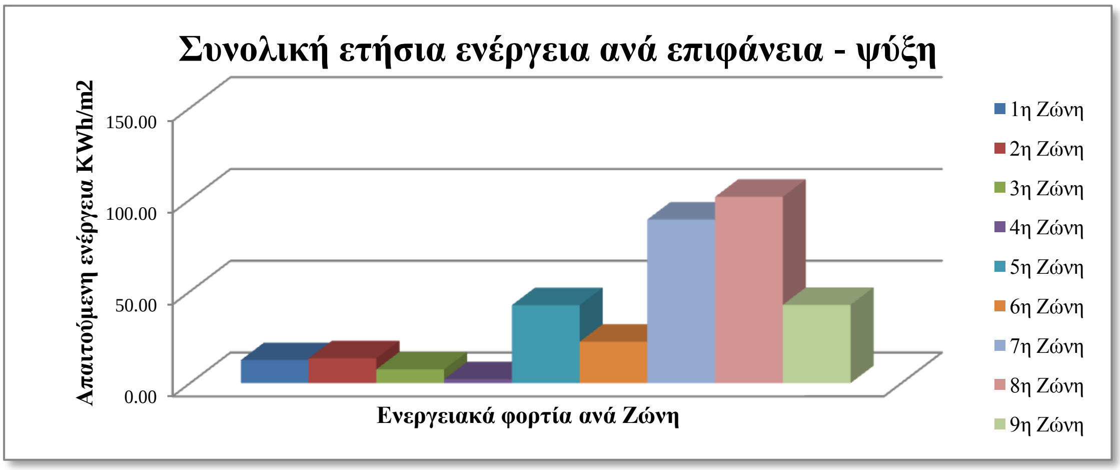
Διάγραμμα 4.11 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση ανά ζώνη.



Διάγραμμα 4.12 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση ανά εμβαδό θερμαινόμενης επιφάνειας ζώνης.



Διάγραμμα 4.13 Ετήσια ενεργειακή απαίτηση για Ψύξη ανά ζώνη.



Διάγραμμα 4.14 Ετήσια ενεργειακή απαίτηση για Ψύξη ανά εμβαδό ψυχωμένης επιφάνειας ζώνης.

Από τα παραπάνω διαγράμματα των φορτίων ψύξης & θέρμανσης παρατηρείται ότι τα φορτία θέρμανσης είναι πολλαπλάσια των φορτίων ψύξης για το κτίριο. Αυτό παρουσιάζεται γιατί μεγάλο μέρος του κτιρίου έχει άμεση επαφή με το έδαφος, μεγάλη χρονική σκίαση καθώς και ισχυρούς βόρειους ανέμους που πνέουν μεγάλη διάρκεια του έτους.

Κεφάλαιο 5
Σενάρια βελτίωσης του κτιριακού κελύφους για την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη & θέρμανση

5.1 Αναφορά σε μέτρα ενεργειακής βελτίωσης κτιρίων

Σύμφωνα με τις διαθέσιμες πληροφορίες και τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν από την επιθεώρηση, ο ενεργειακός επιθεωρητής κάνει κάποιες ενδεικτικές συστάσεις για την μείωση θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου και εν γένει για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Οι συστάσεις αυτές ιεραρχούνται με βάση την κρίση του επιθεωρητή και εφαρμόζονται κατά περίπτωση, σύμφωνα με τις ανάγκες του κάθε κτιρίου.

Οι συστάσεις εξοικονόμησης ενέργειας αφορούν την μείωση θερμικών απωλειών μέσω του κτιριακού κελύφους, την βέλτιστη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών για παθητική θέρμανση χώρων, το λέβητα - καυστήρα, την γενικότερη εγκατάσταση θέρμανσης - ψύξης που χρησιμοποιείται καθώς επίσης και την ενσωμάτωση Α.Π.Ε. στο κτήριο *(Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4)*.

Στο παρόν κεφάλαιο μελετώνται κάποιες δυνατές επεμβάσεις στο κτίριο και αξιολογείται η αποτελεσματικότητά τους στην μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων του, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην εκάστοτε πιθανή επέμβαση.

5.2 Αναφορά σε μέτρα ενεργειακής βελτίωσης κτιρίων

Για την ενεργειακή βελτίωση του ενεργειακού προφίλ του υφιστάμενου κτιρίου αξιολογήθηκε ένα πλήθος πιθανών συστάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι συστάσεις που αφορούν στην μείωση των θερμικών απωλειών μέσω του κτιριακού κελύφους κρίνονται σκόπιμες παρότι το κτίριο μπορεί να θεωρηθεί σχετικά πρόσφατης κατασκευής (Ολοκληρώθηκε περί το 2000) αλλά λόγο οικονομικού κόστους δεν ακολουθήθηκαν επαρκώς όλες οι θερμομονωτικές διατάξεις όπως έπρεπε.

Οι επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος που θα μελετηθούν παρακάτω αφορούν τέσσερις *(4)* βασικές κατηγορίες.

- Τα χρήση κατάλληλων υαλοπετασμάτων και θερμομονωμέων θυρών
- Την θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους (τοιχοποιία, δώματα, πατώματα).
- Την κατασκευή θερμοκηπίων για την αύξηση των ηλιακών κερδών και την αποκοπή της άμεσης επαφής του κελύφους με τις εξωτερικές συνθήκες.
- Και τέλος την χρήση σταθερών και κινητών σκιάστρων για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου.

Από την μελέτη των παραπάνω επεμβάσεων θα προκύψει ένα συνδυαστικό μοντέλο που θα δώσει τις κατευθυντήριες γραμμές για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου με σκοπό την ευκολότερη κάλυψη των ενεργειακών φορτίων από ΑΠΕ.

5.2.1 Υαλοπετάσματα & Θύρες

Υαλοπετάσματα

Ένα από τα σημαντικότερα σημεία του κτιριακού κελύφους είναι τα υαλοπετάσματα καθώς καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό της εξωτερικής όψης κάθε κτιρίου. Μεγάλο πρόβλημα επίσης μπορεί να θεωρηθεί και ο πολύ υψηλός συντελεστής θερμοπερατότητας που συναντάμε σε απλά υαλοπετάσματα *(όπως και αυτά που είναι τοποθετημένα)* με αποτέλεσμα την μεγάλη διαφυγή και εισροή θερμότητας κατά την χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα καθώς και η μικρή αεροστεγανότητα που αυτά παρουσιάζουν. Η χρήση θερμομονωτικών υαλοπετασμάτων σε τροπικές περιοχές είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση κατά 3,4 έως 6,4% στα ετήσια φορτία ψύξης σε μεσαίου μεγέθους κτίρια του τριτογενούς τομέα *(γραφεία, εμπορικά καταστήματα κτλ)* *(S.Sadrzadehrafiei, K.Sopian et al, 2007.)*. Η ενεργειακή εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί από την αντικατάσταση διπλών υαλοπετασμάτων απλού υάλου με υαλοπετάσματα χαμηλής εκπομπής (e-low) κυμαίνεται μεταξύ 100 έως 150 KWh/m^2 yr *(Joakim Karlsson, 2001)*.

Στο παρόν κτίριο χρησιμοποιούνται συμβατικά υαλοπετάσματα μονού υάλου πάχους 3mm. Μετά από μελέτη σε βιοτεχνίες τοποθέτησης υάλων έγινε επιλογή μεταξύ δέκα χαρακτηριστικών *(10)* τύπων θερμομονωτικών, ειδικά επεξεργασμένων, υαλοπετασμάτων *Εικόνα 5.1* που κυκλοφορούν στο εμπόριο *Πίνακας 5.1*. Επιλέχτηκε το τριπλό υαλοπετάσματα με τον χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατοτητας, για ελαχιστοποίηση της διαφυγής θερμότητας κατά την χειμερινή περίοδο, και τον μικρότερο ηλιακό συντελεστή για ελαχιστοποίηση των θερμικών εισροών κατά την θερινή περίοδο.

Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά δέκα (10) τυπικών εμπορικών υαλοπετασμάτων

Υποσενάριο	**Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2 K)**	**Συνολική μεταφορά θερμότητας (ηλιακός συντελεστής) g (%)**	**Δομή**
1	2,8	76	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
2	1,5	66	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
3	1,8	54	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
4	1,1	58	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
5	1,1	42	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
6	0,6	50	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
7	0,6	38	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 4mm Ύαλου*
9	2,6	77	*4mm Ύαλου - 15mm Αέρας – 5mm Ύαλου*
10	1,8	76	*4mm Ύαλου - 15mm Αργό – 6mm Ύαλου*

Εικόνα 5.1 Τυπικά εμπορικά υαλοπετάσματα διπλού (επάνω) και τριπλού υάλου (κάτω)

Θύρες

Μεγάλο μέρος των εξωτερικών ανοιγμάτων εκτός των υαλοπετασμάτων αποτελούν και οι εξωτερικές θύρες του κτιρίου ο συνολικός αριθμός των οποίων ανέρχεται σε τέσσερις. Για την θερμομόνωση των εξωτερικών θυρών χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός δύο υλικών *(πλάκα πολυουρεθάνης 4 cm και ξύλο2 cm)* σε τρείς στρώσεις *(ξύλο- μόνωση-ξύλο).*

Επίσης εξετάστηκε παράλληλα και η βελτίωση της αεροστεγανότητας με προσθήκη λάστιχων σε όλα τα ανοίγματα, η αεροσταγανότητα στην υφιστάμενη κατάσταση θεωρήθηκε ίση με 1,5ach ενώ μετά την προσθήκη ελαστικών σφραγισμάτων ίση με 0,3 ach. Από τη προσομοίωση των επεμβάσεων στο επίπεδο των ανοιγμάτων *(υαλοπετάσματα και θύρες με δυνατότητα αεροστεγανότητας)* παρουσιάστηκαν τα παρακάτω ενεργειακά αποτελέσματα, *Πίνακας 5.2*, σε σύγκριση με την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση.

Πίνακας 5.2 Ενεργειακό κέρδος από την χρήση θερμομονωτικών θυρών και υαλοπετασμάτων.

Θέρμανση	**Ψύξη**	**Σύνολο**
Μείωση απαιτούμενης ενέργειας (%)	Βελτίωση ενεργειακής συμπεριφοράς (%)	Μείωση απαιτούμενης ενέργειας (%)
44	*23*	*38*

5.2.2 Θερμομόνωση κελύφους.

Τα τελευταία 30 χρόνια στον τομέα των κατασκευών έχει γίνει προσπάθεια μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Η προσπάθεια αυτή στοχεύει στην θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, η οποία ελαχιστοποιεί την μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό των κτιρίων προς τα έξω και αντίστροφα με την χρήση θερμομονωτικών υλικών όπως υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας *(εύκαμπτες επιφάνειες)*, θερμομονωτικές πλάκες όπως οι πλάκες πολυστερίνης ή ακόμα και χρήση θερμομονωτικών αφρών *(αφρός πολυουρεθάνης)* *(Akash Singh, Mohd. Alam Khan et al).* Παρακάτω εξετάστηκε η περίπτωση εφαρμογής πρόσθετης θερμομόνωσης σε όλο το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου.

Εξωτερικά τοιχοπετάσματα

Για την θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων έγινε επιλογή μεταξύ θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες εφαρμογές, *(διογκωμένη πολυστερίνη, εξιλασμένη πολυστερίνη και πολυουρεθάνη σε μορφή πλάκας ή αφρού)* με προσθήκη θερμομονωτικού επιχρίσματος μέσου πάχους δύο εκατοστών *(2cm)* εξωτερικά της θερμομόνωσης. Η επιλογή της καταλληλότερης θερμομόνωσης έγινε με βάση τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού. Στον *Πίνακα 5.3* παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των παραπάνω θερμομονωτικών υλικών.

Πίνακας 5.3 Χαρακτηριστικά Θερμομονωτικών υλικών

Θερμομονωτικό υλικό	***Συντελεστής Θερμικής αγωγιμότητας (W/m·K)***	***Πυκνότητα (Kg/m^3)***	***Ειδική Θερμοχωρητικότητα (J/Kg·K)***
Διογκωμένη πολυστερίνη	*0.034*	*23.5*	*1550*
Εξιλασμένη πολυστερίνη	*0.036*	*35*	*1450*
Πλάκες πολυουρεθάνης	*0.027*	*55*	*1450*
Θερμομονωτικό επίχρισμα	*0.1*	*350*	*1100*

Από την μελέτη του ιδανικότερου συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας επιλέχτηκε ως θερμομόνωση πλάκα πολυουρεθάνης πάχους 5 cm με εξωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 2 cm. στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου ενώ εσωτερικά τοποθετήθηκε πολυουρεθάνη πάχους 1,5cm με προσθήκη λεπτού σοβά. Η προσθήκη εσωτερικά θερμομόνωσης είχε ως στόχο την χρονική υστέρηση εισόδου και εξόδου θερμικών φορτίων από το εσωτερικό του κτιρίου στην μάζα του ώστε να επέλθει μείωση των απαιτούμενων μέγιστων ημερήσιων φορτίων για ψύξη και θέρμανση.

Θερμομόνωση τοιχίων

Παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμα σημεία του κτιριακού κελύφους που δεν δύναται να θερμομονωθούν εξωτερικά. Αυτά είναι τα τοιχία που βρίσκονται στην πίσω όψη του ισογείου και του πρώτου ορόφου αλλά και τα τοιχία που βρίσκονται στην πλαϊνή όψη του ισογείου όπου είναι σε άμεση επαφή με έδαφος και δεν φέρουν κανένα ίχνος μόνωσης ως αναφορά την θερμική τους συμπεριφορά. Στην συγκεκριμένη περιοχή του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε διάκενο αέρα πάχους 4 cm ως μέσο μόνωσης και γυψοσανίδα πάχους 1,5 cm. Η χρήση των υλικών αυτών έγινε με τέτοιον τρόπο ώστε να υπάρχει αρκετή μόνωση της εφαπτόμενης με το έδαφος πλευράς του κτιρίου τον χειμώνα αλλά να επιτρέπει την διαφυγή μεγάλου όγκου θερμότητας το καλοκαίρι ώστε να παρέχεται μιας μορφής παθητική ψύξη στο κτίριο.

Δώματα & δάπεδα

Μεγάλο μέρος του κτιριακού κελύφους παραμένει ακόμα με ελλειπή ή καθόλου μόνωση. Οριζόντιες επιφάνειες χωρίς μόνωση παρατηρούνται στο δάπεδο του ισογείου, στο δώμα της δεύτερης ζώνης και εκτείνονται μέχρι μεγάλο μέρος του δώματος της τρίτης ζώνης καθώς και στο δώμα του $2^{ου}$ ορόφου (δώμα $7^{ης}$ $8^{ης}$ και $9^{ης}$ ζώνης) οι οποίες είναι εκτεθειμένες στις εξωτερικές συνθήκες.

Για την θερμομόνωση των δωμάτων θα χρησιμοποιηθούν δύο στρώσεις μονωτικού υλικού, στην εξωτερική πλευρά θα χρησιμοποιηθούν πλάκες πολυουρεθάνης με πάχος 5cm πάνω από τις οποίες θα γίνει επίστρωση κανονικού δαπέδου *(τσιμεντοκονίαμα και μάρμαρο)*, εσωτερικά θα γίνει εφαρμογή μόνωσης στις οροφές με λεπτότερη μόνωση πολυουρεθάνης πάχους 1,5cm με επίστρωση λεπτού σοβά ώστε το αισθητικό αποτέλεσμα που θα προκύψει να μην έχει καμία διαφορά από την προηγούμενη υφιστάμενη κατάσταση παρά μόνο στο συνολικό πάχος του φέροντος δομικού στοιχείου.

Το δάπεδο του ισογείου θα μονωθεί μερικός όμοια με τα τοιχία που έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Για την μόνωση του θα χρησιμοποιηθεί σκληρή ξυλεία (οξιά η βελανιδιά) σε μορφή παρκέτου πάχους 2cm με κενό μεταξύ παρκέτου και πλάκας 0,5cm.

Η εφαρμογή της ελαφράς μονώσεως στα τοιχία και παρόμοιας μόνωσης και στο δάπεδο που εφάπτεται του εδάφους έγινε μετά από μελέτη του συνδυασμού όλων των επεμβάσεων στο κτίριο ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή και εξισορροπημένη, για όλες τις περιόδους, με παθητικά μέσα, ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Στον

Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι ενεργειακές μειώσεις της θερμομόνωσης του εξωτερικού κελύφους.

Πίνακας 5.4 Ενεργειακό κέρδος από την εφαρμογή θερμομόνωσης στο εξωτερικό κέλυφος

Θέρμανση	**Ψύξη**	**Σύνολο**
Μείωση απαιτούμενης ενέργειας (%)	Βελτίωση ενεργειακής συμπεριφοράς (%)	Μείωση απαιτούμενης ενέργειας (%)
64	*62*	*64*

5.2.3 Σενάριο 3^{ο}-Δημιουργία ημιυπαίθριων χώρων

Εκτός από τις αλλαγές του εξωτερικού κελύφους μπορούν να γίνουν και αλλαγές όσον αφορά την μορφολογία του κτιρίου που δύναται να επιφέρουν επιπλέον κέρδη κατά την χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο.

Μία τεχνική παθητικής θέρμανσης για την χειμερινή περίοδο, η οποία χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην περιοχή της Κίνας για την δημιουργία θερμότερου κλίματος για την ανάπτυξη φυτών που ευδοκιμούν σε θερινές περιόδους και διαδόθηκε στην πορεία και στον υπόλοιπο κόσμο, είναι η δημιουργία των ηλιακών χώρων *(ή θερμοκηπίων)*. Η κατασκευή των ηλιακών αυτών χώρων αποτελείται από ένα τουλάχιστον διαφανές πέτασμα *(υάλου ή πλαστικού)* μέσα από το οποίο περνά η ηλιακή ακτινοβολία, μέρος της οποίας δεσμεύεται με την μορφή θερμότητας στο πάτωμα ή σε τοίχους θερμικής αποθήκευσης με αποτέλεσμα να αυξάνει την θερμοκρασία του χώρου. Από την μελέτη ενός θερμοκηπίου στην περιοχή Νότιας Μανιτόμπα στον Καναδά παρατηρήθηκε ότι κατά την ψυχρότερη νύχτα του χειμώνα όπου η εξωτερική θερμοκρασία ήταν -29,2^{o}C η εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου, το οποίο χρησιμοποιούσε τοίχο θερμικής αποθήκευσης στην βόρεια όψη του και θερμική κουρτίνα για την θερμομόνωση κατά την διάρκεια της νυκτός, ήταν στους 1,6^{o} C. *(E. Beshada, Q. Zhang et al 2005)*

Εξετάστηκε η δημιουργία θερμοκηπίων-ημιυπαίθριων χώρων σε τέσσερις εξωτερικούς χώρους του κτιρίου που αφενός θα εκμεταλλεύονται τα ηλιακά κέρδη τον χειμώνα και αφετέρου θα βελτιώσουν την αεροστεγανότητα και την μόνωση λόγω της μεγάλης μάζας αέρα που θα εσωκλείουν, γιατί θα τοποθετηθούν μπροστά από εισόδους και ανοιγμάτων των διαμερισμάτων. Η χρήση ηλιακού χώρου σε κατοικία στην περιοχή της Μαλεσίνας επέφερε μείωση κατά 38,6 % στα φορτία θέρμανσης και 11,7 % στα φορτία ψύξης αντίστοιχα. *(Λάζαρη & Τζανακάκη, 2002).*

Οι ημιυπαίθριοι χώροι θα κατασκευαστούν μπροστά από τις κεντρικές εισόδους και στους μπροστινούς εξώστες των διαμερισμάτων του 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου, *Εικόνες 5.2, 5.3 & 5.4,* και θα υπάρχει δυνατότητα ανοίγματος των υαλοστασίων όταν οι θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών που γειτνιάζουν θα ξεπερνούν τις συνθήκες άνεσης. Με προσομοίωση που έγινε στο μοντέλο μετά την προσθήκη των ηλιακών αυτών χώρων με σταθερή την χρήση των υαλοπετασμάτων παρατηρήθηκε για κάθε ζώνη με ποιο ηλιακό χώρο γειτνιάζει και ποτέ η θερμοκρασία της κάθε θερμικής ζώνης ξεπερνά τους 26^{o} C ώστε να θεωρηθούν σταθερές περίοδοι για το άνοιγμα των υαλοστασίων αυτών. Οι ηλιακοί χώροι που εδράζονται στο ύψος του 2^{ου} ορόφου *(στην είσοδο και στον εξώστη)* τα υαλοπετάσματα θα ανοίγουν από τις 16/5 έως και τις 24/10. Τα ανοίγματα του ηλιακού θερμοκηπίου που βρίσκεται στην είσοδο του 1^{ου} ορόφου θα παραμένουν ανοιχτό από τις 16/6 έως και τις 15/9 ενώ τα ανοίγματα του ηλιακού χώρου στον εξώστη του 1^{ου} θα παραμένουν ανοιχτό από τις 6/7 έως τις 25/9.

Εικόνα 5.2 Νοτιοανατολική όψη μετά την δημιουργία ημιυπαίθριων χώρων

Εικόνα 5.3 Βορειοανατολική όψη μετά την δημιουργία ημιυπαίθριων χώρων

Εικόνα 5.4 Νοτιοδυτική όψη μετά την δημιουργία ημιυπαίθριων χώρων

Το δώμα τους *(όπου αυτό είναι αναγκαίο)* θα είναι κατασκευασμένο από μία τριπλή θερμομονωτική στρώση με αντικολλητά φύλλα ξυλείας *(κόντρα πλακέ)* πάνω και κάτω πάχους το καθένα δυόμιση εκατοστών (2,5cm) και στην μέση μόνωση από πλάκα πολυουρεθάνης πάχους πέντε εκατοστών (5cm).

5.2.4 *Σενάριο5^o*-Μόνιμα και ημιμόνιμα σκίαστρα

Ένας επιπλέον τρόπος για την μείωση της ενέργειας των ψυκτικών φορτίων είναι εκείνος της χρήσης σκιάστρων στα νότια και ανατολικά ανοίγματα του κτιρίου και πάνω από τις ελεύθερες επιφάνειες που λιάζονται κατά την διάρκεια της ημέρας. Από μελέτη σε 460 μονοκατοικίες στην περιοχή του Σακραμέντο της Καλιφόρνια η χρήση φυσικών εποχιακών εμποδίων *(δέντρα και αναρριχώμενα φυτά)* που σκίαζαν μεγάλες επιφάνειες επέφεραν μειώσεις στην χρήση ηλεκτρικής ενέργειας έως και 5,2% *(Geoffrey H. Donovan, David T. Butry, 2009)*

Ωστόσο μελετήθηκαν δύο τύποι παθητικών συστημάτων σκίασης. Η πρώτη περίπτωση αφορά την χρήση σταθερών σκιάστρων όπου αποτελούνται από τις διατάξεις των φωτοβολταικών και ηλιοθερμικών πλαισίων για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση και ψύξη. Οι διατάξεις αυτές είναι σταθερές καθόλη την διάρκεια του έτους.

Εικόνα 5.5 Νοτιοδυτική όψη μετά την χρήση ηλιοθερμικών & φωτοβολταικών πλαισίων.

Εικόνα 5.6 Όψεις του κτιρίου με χρήση φυτικών σκιάστρων.

Το δεύτερο σύστημα σκίασης αφορά πλαίσια *(οριζοντια και κατακορυφα)* και πέργκολες όπου θα φιλοξενήσουν φυτά που προσφέρουν υψηλής πυκνότητας σκίαση σε διαστήματα του έτους που αυτή απαιτείται, πάνω από τα ανοίγματα της Νοτιοανατολικής όψης του κτιρίου. Εκτός των πλαισίων αυτών θα χρησιμοποιηθούν και κινητά σκίαστρα *(τέντες)* για την ίδια περίοδο που θα σκιάζουν εξολοκλήρου τα νοτιοανατολικά υαλοπετάσματα των εξωστών του 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου.

Το φυτό που επιλέχθηκε για την εφαρμογή αυτή είναι το *'καλλωπιστικό αμπελάκι'* το οποίο αποτελεί οικιστικό φυτό, είδος αμπελιού, κατάλληλο για πέργκολες και εύκολο στην ανάπτυξη του στην εν λόγο περιοχή με περίοδο όπου διατηρεί το φύλλωμα του από τα μέσα Απριλίου έως τα μέσα Οκτωβρίου. Από την προσομοίωση όλων των επεμβάσεων εξήχθησαν τα ακόλουθα ενεργειακά αποτελέσματα εν συγκρίσει με την υφιστάμενη κατάσταση όπως αυτά παρουσιάζονται στον *Πίνακα 5.5*.

Πίνακας5.5 Ενεργειακές μειώσεις μετά το σύνολο τον επεμβάσεων στο κτίριο.

Θέρμανση	***Ψύξη***	***Σύνολο***
Μείωση απαιτούμενης ενέργειας (%)	Βελτίωση ενεργειακής συμπεριφοράς (%)	***Μείωση απαιτούμενης ενέργειας (%)***
89	55	79

Από την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης παρατηρείται μια μείωση για την εξοικονόμηση ενέργειας μετά την χρήση των ηλιακών χώρων και των σκίαστρων από 62 σε 55 % για την θερινή περίοδο. Επίσης οι εκπομπές του διοξειδίου το άνθρακα μειώθηκαν από ***16,6 τόνους τον χρόνο σε 9,7 τόνους*** ενώ η συνολική απαίτηση ενέργειας για θέρμανση από ***78,4 KWh/m^{2}year έπεσε στα8,5 KWh/m^{2}year*** ενώ η απαίτηση για ψύξη ανέρχεται σε ***14,5 KWh/m^{2}year***. Μετά από προσομοιώσεις με διάφορα υλικά, επιλέχτηκε ο βέλτιστος δομικός συνδυασμός για την ποιο βέλτιστο και ενεργειακά αυθόρμητο αποτέλεσμα.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ελεύθερες θερμοκρασίες του κτιρίου για κάθε θερμική ζώνη κατά την διάρκεια ενός τυπικού έτους, η απαιτούμενη ενέργεια για την επίτευξη των συνθηκών άνεσης που πρέπει να προσφερθεί στο κτίριο, συγκριτικά διαγράμματα θερμοκρασιών για την ζώνη 5 του κτιρίου καθώς και διάγραμμα καταμερισμού των εκπομπών ανά διεργασία.

Διάγραμμα 5.1 θερμοκρασίες 1ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.2 θερμοκρασίες 2ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.3 θερμοκρασίες 3ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.4 θερμοκρασίες 4ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.5 θερμοκρασίες 5ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.6 θερμοκρασίες 6ης Ζώνης

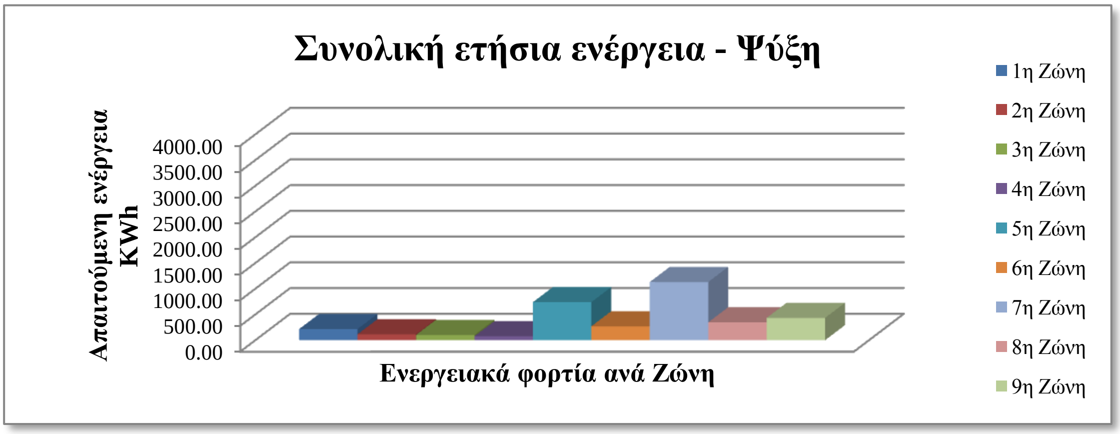
Διάγραμμα 5.7 θερμοκρασίες 7ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.8 θερμοκρασίες 8ης Ζώνης

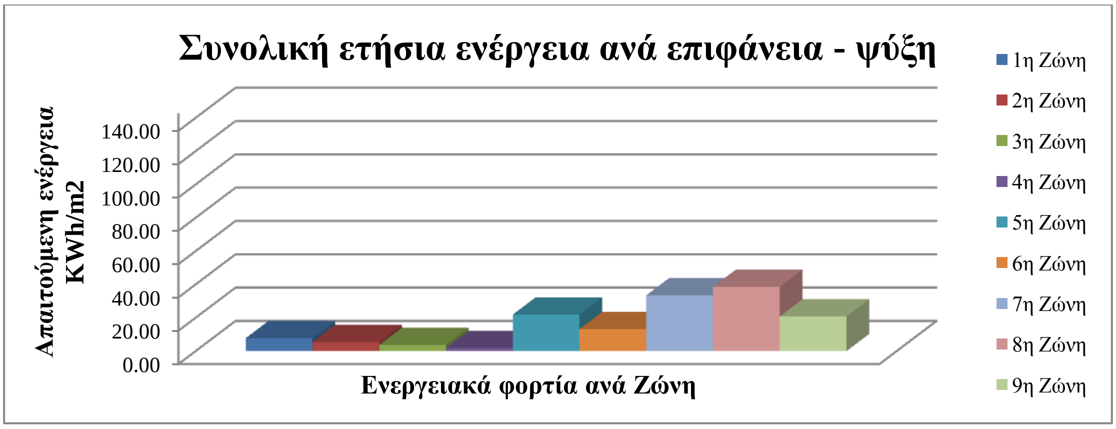
Διάγραμμα 5.9 θερμοκρασίες 9ης Ζώνης

Διάγραμμα 5.10 Ετήσια ενεργειακή απαίτηση για θέρμανση ανά ζώνη.

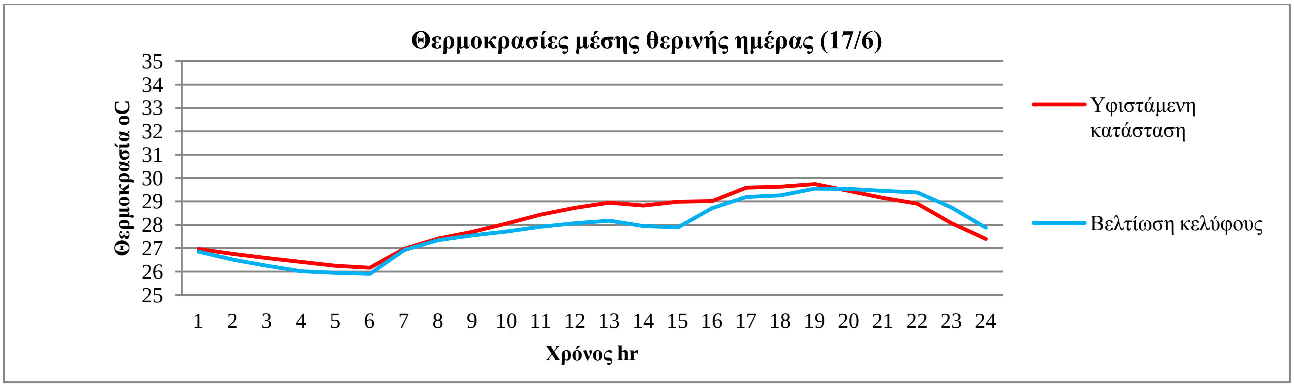
Διάγραμμα 5.11 Ετήσια ενεργειακή απαίτηση για θέρμανση ανά εμβαδό θερμαινόμενης επιφάνειας ζώνης.



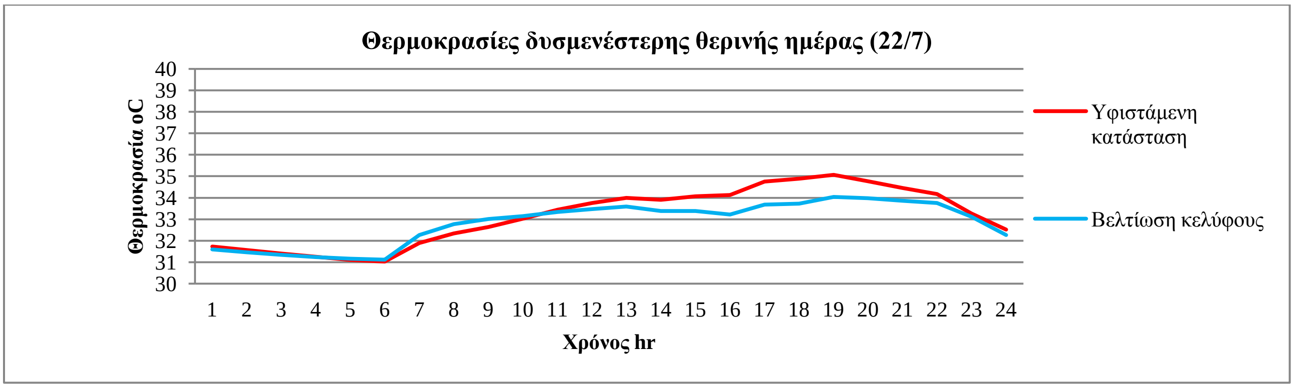
Διάγραμμα 5.12 Ετήσια ενεργειακή απαίτηση για Ψύξη ανά ζώνη.



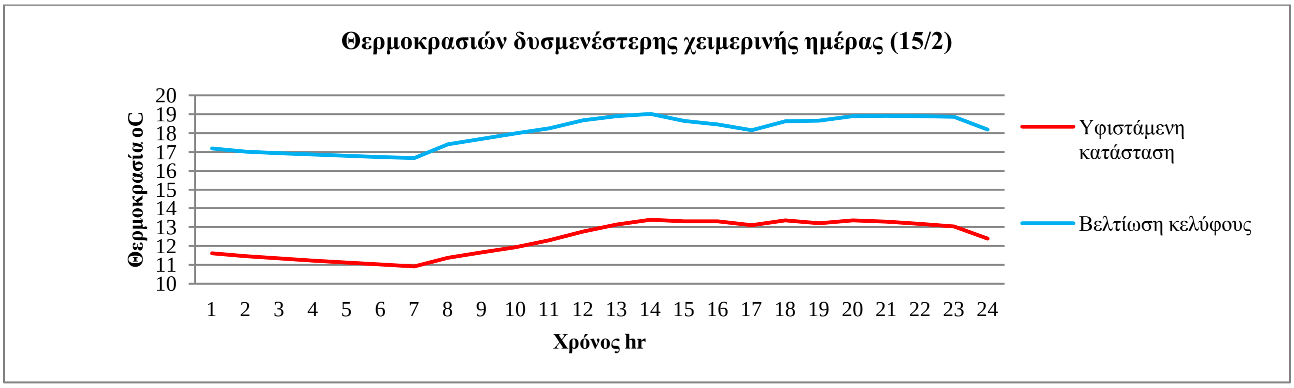
Διάγραμμα 5.13 Ετήσια ενεργειακή απαίτηση για Ψύξη ανά εμβαδό ψυχωμένης επιφάνειας ζώνης.



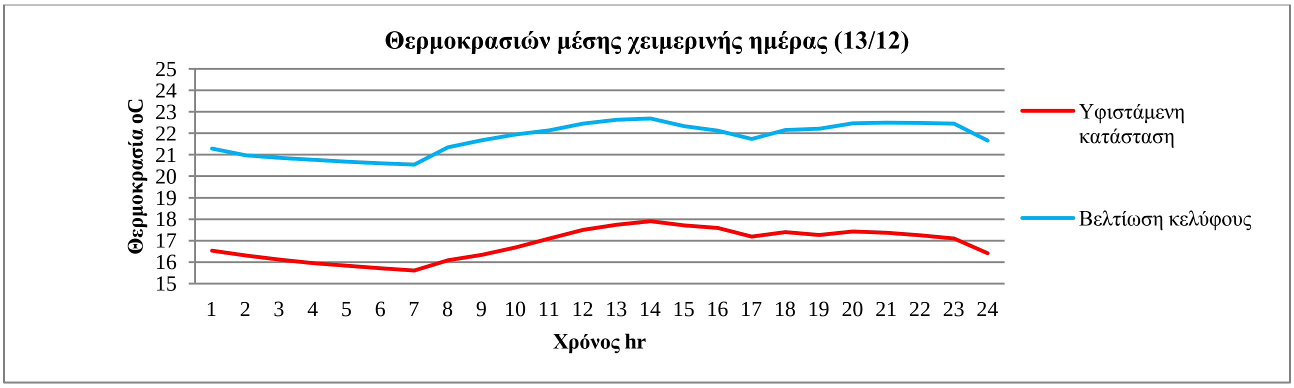
Διάγραμμα 5.14 Σύγκριση θερμοκρασιών του υφιστάμενου & βελτιωμένου κτιριακού κελύφους μίας μέσης θερινής ημέρας



Διάγραμμα 5.15 Σύγκριση θερμοκρασιών του υφιστάμενου & βελτιωμένου κτιριακού κελύφους της δυσμενέστερης θερινής ημέρας



Διάγραμμα 5.14 Σύγκριση θερμοκρασιών του υφιστάμενου & βελτιωμένου κτιριακού κελύφους της δυσμενέστερης χειμερινής ημέρας



Διάγραμμα 5.14 Σύγκριση θερμοκρασιών του υφιστάμενου & βελτιωμένου κτιριακού κελύφους μίας μέσης χειμερινής ημέρας.

Κεφάλαιο 6

Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου

6.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

6.1.1 *Εισαγωγή*

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας *(ΑΠΕ)* ή ήπιες μορφές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος ήπιες αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για καθαρές μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών και οικονομικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η παγκόσμια κοινότητα. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια προερχόμενη από:

- Την εκμετάλλευση Αιολικής, Ηλιακής Ενέργειας, βιομάζας ή Βιοαερίου.
- Την εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
- Την εκμετάλλευση της Ενέργειας από την Θάλασσα.
- Την εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.
- Συνδυασμό των ανωτέρω.
- Τη Συμπαραγωγή, με χρήση των Πηγών Ενέργειας, των (1) και (2) και συνδυασμό τους *(N. 2773/1999)*.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας *(π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα)*, όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των *(μη ανανεώσιμων)* αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ *(wikipedia.org)*.

Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την πετρελαϊκή οικονομία.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

6.1.2 *Είδη Ανανεώσιμων μορφών ενέργειας*

Αιολική ενέργεια. Χρησιμοποιήθηκε από την αρχαιότητα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές *(π.χ. την άλεση στους ανεμόμυλους)*. Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή με εγκατάσταση οριζόντιου και καθέτου άξονα πτερυγίων. Η παγκόσμια εγκαταστημένη ονομαστική ισχύς ανεμογεννητριών έφτασε τα 159 GW το 2009 και αντίστοιχα στην Ευρώπη στα 76 GW ενώ η συνολική εγκαταστημένη ισχύς στην Ελλάδα ανέρχεται στα 1087,69 MW στα τέλη του 2009 με στόχο τα 2,3 GW έως τα τέλη του 2010.

Ηλιακή ενέργεια. Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος με την εφαρμογή των φωτοβολταικών στοιχείων. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι ένα σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν φωτίζεται εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση. Η τεχνολογία των Φ.Β. στοιχείων αναπτύχθηκε ραγδαία το δεύτερο μισό του $20^{ου}$ αιώνα. Η παγκόσμια εγκαταστημένη ισχύς υπολογίζεται σε 22 GW_p στα τέλη του 2009 από αυτά τα 16 αφορούν εγκατεστημένη ισχύ στην Ευρώπη ενώ στην Ελλάδα για το τέλος του 2009 η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταικών συστημάτων ανέρχεται σε 55 MW με στόχο τα 790 MW στο τέλος του 2010.

Υδραυλική ενέργεια. Αποτελεί έναν από τους ποιο φυσικούς τρόπους παραγωγής καθαρής οικολογικής ενέργειας. Η υδατόπτωση, κινεί υδροστροβίλους που με την σειρά τους θέτουν σε κίνηση ηλεκτρογεννήτριες έχοντας μηδενικές εκπομπές υδρογονανθράκων. Παρόλα αυτά η κατασκευή ενός φράγματος για την εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας του νερού μπορεί να προκαλέσει σημαντική οικολογική καταστροφή. Σήμερα η υδροηλεκτρική ενέργεια καλύπτει το 7% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας.

Βιομάζα. Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα για παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοαερίου, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον. Η βιομάζα σήμερα καλύπτει το 14% της παγκόσμιας απαιτούμενης ενέργειας

Γεωθερμική ενέργεια. Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια. Το γεωθερμικό δυναμικό που αφορά αποκλειστικά σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως ανερχόταν σε 11 GW το 2010, ενώ στην χώρα μας αξιοποιείται κυρίως για θέρμανση θερμοκηπιακών μονάδων σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδος και σε νησιά του Βορειοανατολικού και Κεντρικού Αιγαίου.

Ενέργεια από τη θάλασσα

Ενέργεια από παλίρροιες. Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. *Ενέργεια από κύματα.* Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας. Στην Βρετάνη της Γαλλίας λειτουργεί από το 1966 σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την ονομασία Pelamis ισχύος 240 MW. *Ενέργεια από τους ωκεανούς.* Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.*(Φωτοβολταικά Συστήματα, Ι.Ε. Φραγκιαδάκης)*

6.2 Οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου.

Η χρήση εναλλακτικών μεθόδων για την παραγωγή θερμικής, ψυκτικής και ηλεκτρικής ενέργειας πρόκειται να αποφέρει ενεργειακή εξοικονόμηση και πλήρη αυτονομία στο κτίριο. Για να γίνει αυτό εφικτό θα πρέπει να γίνει αξιολόγηση του απαιτούμενου ενεργειακού μεγέθους του κτιρίου και να αξιολογηθούν οι πιθανές τεχνολογικές επεμβάσεις που θα επιφέρουν τα καλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα. Μετά από την προσομοίωση των λειτουργικών (ηλιακοί προθάλαμοι) και δομικών επεμβάσεων (θερμομονώσεις, υαλοπετάσματα κτλ) στο κτιριακό κέλυφος είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση των απαιτούμενων φορτίων που απαιτούνται για θέρμανση και ψύξη ώστε να υπάρχει διατήρηση των επιθυμητών θερμοκρασιακών ορίων *(20-26^o C).*

Η συνολική εξοικονόμηση για τα φορτία θέρμανσης και ψύξης ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 89 % και 55 % αντίστοιχα με την απαιτούμενη ενέργεια να ανέχεται σε 2004 KWh/year για θέρμανση και 3430 KWh/year για ψύξη. Από την ανάλυση των μετρήσεων της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) υπολογίστηκαν και τα ετήσια μέσα και μέγιστα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου σε 8416 KWh/ year *(23 KWh/day)* και 13528 KWh/ year *(37 KWh/day)* αντίστοιχα. Καλό είναι να αναφερθεί ότι η μέγιστες τιμές ηλεκτρικής κατανάλωσης παρουσιάζονταν σε περιόδους όπου η θέρμανση του κτιρίου πραγματοποιήθηκε μόνο με ηλεκτρικά μέσα *(A/C, ηλεκτρικές θερμάστρες κλπ).* Παράλληλα έγινε και επιτόπια καταγραφή της ισχύος και της διάρκειας λειτουργίας *(για δύο περιόδους χρήσης μία θερινή και μία χειμερινή, δυο βδομάδων περίπου έκαστος)* κάθε ηλεκτρικής διάταξης του κτιρίου για την προσέγγιση των φορτίων αυτών. Με βάση την ισχύ και την διάρκεια λειτουργίας κάθε συσκευής έγινε προσέγγιση των μέσων ημερησίων ηλεκτρικών φορτίων τα οποία ανέρχονται σε 30 KWh/day και 25 KWh/day για χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα.

Με μερική αλλαγή των ηλεκτρικών διατάξεων είναι δυνατή η μείωση των ηλεκτρικών φορτίων χωρίς την αλλαγή ούτε της άνεσης ούτε των ηλεκτρικών δυνατοτήτων του κτιρίου. Στον *Πίνακα 6.1* που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου.

Πίνακας 6.1 Ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου εν σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση

Θέρμανση				
	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας [kWh/year]	***Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ενέργεια [kWh/year]***	***Ετήσια κατανάλωση ενέργειας [kWh/m^{2}year]***	***Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ενέργειας [kWh/m^{2}day]***
Υφιστάμενη κατάσταση	18504	270	78	1.15
Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	2004	**38**	8	0.16
Ψύξη				
	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας [[kWh/year]	***Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ενέργεια [kWh/year]***	***Ετήσια κατανάλωση ενέργειας [kWh/m^{2}year]***	***Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ενέργειας [kWh/m^{2}year]***
Υφιστάμενη κατάσταση	7644	147	32	0.63
Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	3430	**46**	14	0.20
Ηλεκτρική ενέργεια – Προσέγγιση (Υφιστάμενη κατάσταση)				
Μέση συνολική εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια[kWh/year]	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Φωτισμό [kWh/year]***	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για ΖΝΧ [kWh/year]***	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Μαγείρεμα [kWh/year]***	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Λοιπές Συσκευές [kWh/year]***
9979	2506	703	2464	4307
Ηλεκτρική ενέργεια (μετρήσεις Δ.Ε.Η.)				
Εκτίμηση μέσης ετήσιας κατανάλωσης Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/year]		***Εκτίμηση μέγιστης ετήσιας κατανάλωσης Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/year]***		
8416		13528		
Εκτίμηση μέσης ημερήσιας κατανάλωσης Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/year]		***Εκτίμηση μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/year]***		
23		**37**		
Ηλεκτρική ενέργεια – Προσέγγιση (Αλλαγή ηλεκτρικών διατάξεων)				
Μέση συνολική εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια [kWh/year]	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Φωτισμό [kWh/year]***	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για ΖΝΧ [kWh/year]***	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Μαγείρεμα [kWh/year]***	***Μέση εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ηλ. Ενέργεια για Λοιπές Συσκευές [kWh/year]***
6657	442	-	2464	2035

Η εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με την αλλαγή των λαμπτήρων, την κατάργηση του ΖΝΧ με παρεχόμενη την ηλεκτρική ενέργεια και πιθανή την αλλαγή των ηλεκτρικών κουζινών σε υγραερίου ανέρχεται πλέον σε 19 kWh/day και 17 kWh/day το χειμώνα και το θέρος αντίστοιχα, με χρήση των ηλεκτρικών κουζινών, ενώ χωρίς αυτές ανέρχεται σε 12.4 kWh/day και 10.6 kWh/day.

Ωστόσο για τη μετατροπή του κτιρίου σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης πρέπει η καταναλισκόμενη ενέργεια να προέρχεται από συστήματα ανανεώσιμης ενέργειας.

Για το εν λόγω κτίριο μελετήθηκε η χρήση ηλιοθερμικών συλλεκτών για την πλήρη κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων *(με χρήση ψύκτη απορρόφησης)* σε συνδυασμό με έναν καυστήρα βιομάζας για την κάλυψη των φορτίων για περιόδους χαμηλής ηλιοφάνειας ή όταν τα φόρτια είναι ιδιαίτερα υψηλά. Ωστόσο η χρήση συστημάτων θέρμανσης με βάση την ηλιακή ενέργεια θέτει μερικούς περιορισμούς για την σχεδίαση των συστημάτων αυτών.

Ένας από τους μεγαλύτερους περιοριστικούς παράγοντες στο κτίριο που μελετάται είναι ο διαθέσιμος χώρος τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών και ο όσο δυνατών καλύτερος προσανατολισμός αυτών για την καλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και η σκίαση του κτιρίου. Το εν λόγω κτίριο αν και παρουσιάζει καλά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά (*απουσία σκίασης στο δώμα και σε προαύλιους χώρους του κτιρίου, δυνατότητα τοποθέτησης των ηλιοθερμικών συλλεκτών με Νότιο προσανατολισμό κλπ)* δεν έχει μεγάλη έκταση τοποθέτησης για τους ηλιακούς συλλέκτες και των φωτοβολταικών panel για την κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας.

Για την αντιμετώπιση της έλλειψης διαθέσιμου χώρου τοποθέτησης είναι αναγκαία η χρήση υβριδικών συστημάτων με *(PV-T)* φωτοβολταικά-θερμικά panel. Με εφαρμογή υβριδικών συλλεκτών η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται παράλληλα σε θερμότητα και ηλεκτρισμό. Η απόδοση ανά εμβαδό των PV-T συλλεκτών είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των θερμικών και φωτοβολταικών συλλεκτών που θα χρησιμοποιούνταν για κάθε αντίστοιχη εφαρμογή. Ωστόσο παρατηρείται και μία ελαφρά αύξηση στην απόδοση των φωτοβολταικών στοιχείων καθώς αυτά ψύχονται από το μέσο μετάδοσης. *(Wim G. J. van Helden, Ronald J. Ch. van Zolingen et al, 2004)*. Για το συγκεκριμένο σύστημα θα γίνει διαστασιολόγηση συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμού νερού για ZNX, θέρμανση (και ψύξη κατά την θερινή περίοδο) για τις μέγιστες απαιτήσεις κάθε συστήματος.

6.3 Φωτοβολταικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

6.3.1 *Φωτοβολταικά συστήματα.*

Τα φωτοβολταϊκά *(ή Φ/Β)* συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τεράστιο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Εκμεταλλευόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ φωτοβολταϊκών στοιχείων, μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων, το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε *μονοκρυσταλλικό* ή *πολυκρυσταλλικό*. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής *(κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.)* ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Στο εμπόριο διατίθενται φωτοβολταϊκά πάνελ *(τα οποία είναι πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες, εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο)* σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω *(wikipedia.org)*.

Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος *(DC)*, και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης *(«κομπιουτεράκι»)* και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές, οι αναστροφείς *(inverters)*, που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση *(κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.)* που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος *(AC)*.

Ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο 13 – 19%, ο οποίος, συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος *(συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.)*, παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 KWh *(Φωτοβολταικά Συστήματα, Ι.Ε. Φραγκιαδάκης)*.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

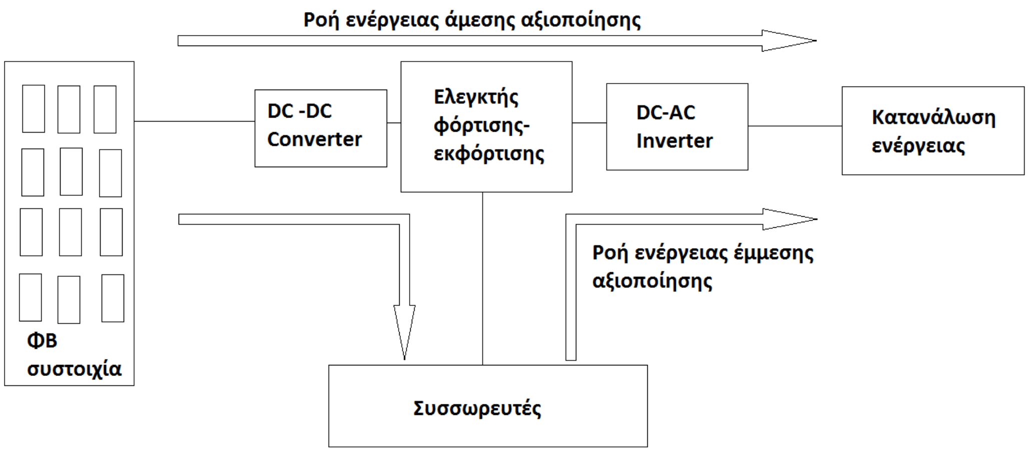
- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον, δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα
- Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής
- Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
- Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών
- Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου,

- Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.

6.3.2 *Περιγραφή Φ/Β συστήματος*

Το Φ/Β σύστημα περιλαμβάνει εν συντομία τις εξής κύριες διατάξεις όπως παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα παρακάτω, *Εικόνα 6.1*.

Τους ηλιακούς συλλέκτες
τον σταθεροποιητή συνεχούς τάσης (DC-DC Converter)
τον ελεγκτή φόρτισης εκφόρτισης των συσσωρευτών
τους συσσωρευτές
και τον ανορθωτή τάσης από συνεχές σε εναλλασσόμενο (DC-AC Inverter)



Εικόνας 6.1 Σχηματική αναπαράσταση του Φ/Β συστήματος και της ροής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Φωτοβολταικά Συστήματα, Ι.Ε. Φραγκιαδάκης).

6.3.3 *Ελάχιστες απαιτήσεις ΦΒ συστήματος για την κάλυψη των μέγιστων φορτίων.*

Για την κάλυψη των μέγιστων ηλεκτρικών φορτίων, *12,36 kWh/day* τα οποία παρουσιάζονται κατά την χειμερινή περίοδο παρουσιάζονται αναλυτικά τα ελάχιστα χαρακτηριστικά του ΦΒ συστήματος στον *Πίνακα 6.2*. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του Φ/Β συστήματος (φ/β πλαίσια έως κατανάλωση) ανέρχεται σε $n_{t\text{-}PV\ system} \approx 7{,}63$ %, ποσοστό που εκφράζει το σύνολο των απωλειών της ενέργειας διαμέσου των ηλεκτρονικών διατάξεων του συστήματος.

Πίνακας 6.2 Ελάχιστες απαιτήσεις Φ/Β συστήματος

Υβριδικά πάνελ (PV-t)	***Πλήθος***	***Διαστάσεις μήκος Χ πλάτος Χ πάχος m***
	38	*1,601 x 0,8 x 0.09*
Κλίση Υβριδικών πάνελ (^{o})	**Αζιμούθια γωνία (^{o})**	**Εμβαδό απαιτούμενης επιφάνειας τοποθέτησης επί οριζόντιας επιφάνειας για ένα συλλέκτη m^2**
30	*0 (Νότιος προσανατολισμός)*	*2,47*
Συσσωρευτές	**Ονομαστική τάση V**	**Ονομαστική χωρητικότητα συσσωρευτή (Ah)**
	24	***200***
Χρόνος Αυτονομίας [days]	**Αριθμός απαιτούμενων συσσωρευτών**	
5 days	*55*	
Inverter	***Ισχύς εξόδου [kW]***	***Τάση εισόδου/εξόδου - Συχνότητα***
	10	24V / 220 Vac -50 Hz
Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος	***Ισχύς Η/Ζ [kW]***	***Χρόνος Φόρτισης συσσωρευτών [hr]***
	32	4,4
	Ρεύμα φόρτισης [A]	
	1088	

6.4 Σύστημα ηλιακής θέρμανσης

6.4.1 *Ηλιακή θέρμανση*

Η ηλιακή θέρμανση ή αλλιώς ηλιοθερμία αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο θέρμανσης και παροχής ΖΝΧ. Η ηλιοθερμία είναι μια μέθοδος κατά την οποία αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια, παράγοντας ΖΝΧ και καλύπτοντας, συνήθως, μέρος των απαιτήσεων θέρμανσης των κτιρίων. Η μέθοδος εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια σε χώρες της Ευρώπης, στη χώρα μας όμως είναι πολύ λιγότερο γνωστή. Στην Ελλάδα οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας ευνοούν τη χρήση των ηλιακών συστημάτων καθ όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Το ηλιακό σύστημα θέρμανσης χώρου (ΘΧ) και ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ), ή σύστημα *Combi*, είναι ένα σύστημα που εκμεταλλεύεται τη θερμική ενέργεια που παράγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Με αυτόν τον τρόπο θερμαίνεται το νερό χρήσης και το νερό που κυκλοφορεί στο σύστημα θέρμανσης. Αποτελείται από τρία βασικά μέρη: τους ηλιακούς συλλέκτες και δύο δοχεία αποθήκευσης ζεστού νερού, ένα του νερού χρήσης και το άλλο του νερού θέρμανσης χώρου. Τα δύο αυτά δοχεία μπορούν να τοποθετηθούν το ένα μέσα στο άλλο *(δοχείο σε δοχείο)*, εξοικονομώντας έτσι χώρο, σωληνώσεις και αυτοματισμούς και μικρότερες απώλειες λόγο της μικρότερης εκτεθειμένης επιφάνειας στις εξωτερικές συνθήκες. Καθώς τα δοχεία μπορούν τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε διαθέσιμο χώρο του κτιρίου, οι ηλιακοί συλλέκτες εντάσσονται αισθητικά καλύτερα στο κτίριο. Επιπλέον, μπορούν να τοποθετηθούν σε χώρους που θερμαίνονται, μειώνοντας έτσι τις απώλειες θερμότητας του νερού. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες απορροφούν διάχυτο ηλιακό φως, συλλέγοντας ηλιακή ενέργεια ακόμη και σε συννεφιασμένες ημέρες και μετατρέποντας την ηλιακή ακτινοβολίας σε ωφέλιμη ενέργεια. Οι περισσότεροι εμπορικοί συλλέκτες διαθέτουν γυαλί υψηλής απορροφητικότητας που δεν αντανακλά για να εξασφαλίζεται η μέγιστη μετάδοση θερμότητας. Η ιδιαιτερότητα των ηλιοθερμικών είναι ότι, λειτουργούν συνεισφέροντας στη θέρμανση που παράγεται με τη χρήση άλλων καυσίμων και όχι καταργώντας την. Μπορούν να συνδυαστούν με οποιαδήποτε συμβατική πηγή ενέργειας (*καυστήρες πετρελαίου ή φυσικού αερίου)* ή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας *(καυστήρες βιομάζας)*, ενώ ενσωματώνονται και σε υφιστάμενο σύστημα, αρκεί να υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των συλλεκτών και των δοχείων αποθήκευσης ζεστού νερού. Επίσης, μπορούν να συνδυαστούν με οποιοδήποτε μέσο θέρμανσης, αλλά είναι προτιμότερη η χρήση τους με μέσα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών, όπως είναι τα fancoils ή η ενδοδαπέδια θέρμανση. Αυτό συμβαίνει, γιατί το νερό ως μέσο θέρμανσης κυκλοφορεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, τέτοιες που ακόμα και με ελάχιστη ηλιοφάνεια είναι εύκολο να επιτευχθούν.

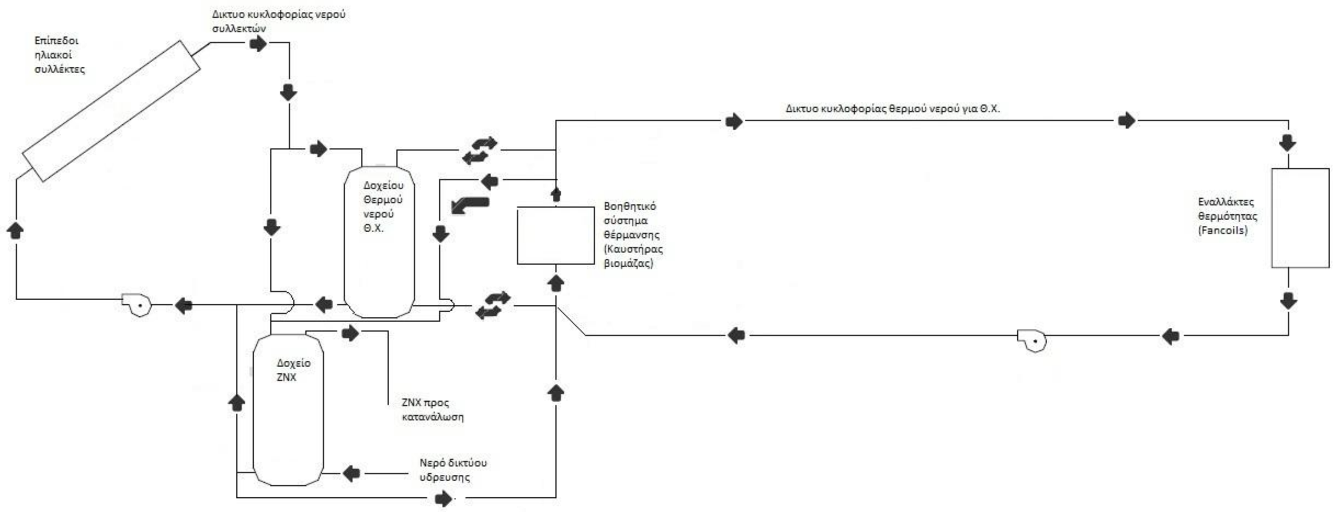
Το σύστημα φροντίζει κατά προτεραιότητα για την πλήρη κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης και στη συνέχεια, εάν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, ζεσταίνει το νερό θέρμανσης χώρου. Αν η περίσσεια ενέργεια δεν επαρκεί, το ηλιακό σύστημα παρακάμπτεται και η θέρμανση του χώρου γίνεται από το βοηθητικό σύστημα καυστήρα, όπως στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.

Ο βαθμός συνεισφοράς των ηλιοθερμικών και κατ επέκταση η μείωση της χρήσης καυσίμων, εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, το υψόμετρο, τη γεωγραφική θέση, το μέγεθος της εγκατάστασης και άλλους παράγοντες. Ανάλογα με το τοπικό κλίμα και τη θέση του κτιρίου, το ηλιακό πάνελ δύναται να αιχμαλωτίσει περισσότερη ή λιγότερη ενέργεια. Ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, τα ηλιοθερμικά καλύπτουν από πολύ μικρό, έως και ποσοστό μεγαλύτερο από το 80% των ετήσιων αναγκών θέρμανσης. Βέβαια, πολύ υψηλές καλύψεις δεν αποτελούν οικονομικά βιώσιμες λύσεις. Η ιδανική σχέση κόστους - απόδοσης είναι η επίτευξη μιας κάλυψης της τάξης του 40-60% του συνολικού θερμικού φορτίου (Ζ.Ν.Χ. και Θ.Χ.).

6.4.2 *Περιγραφή συστήματος θέρμανσης*

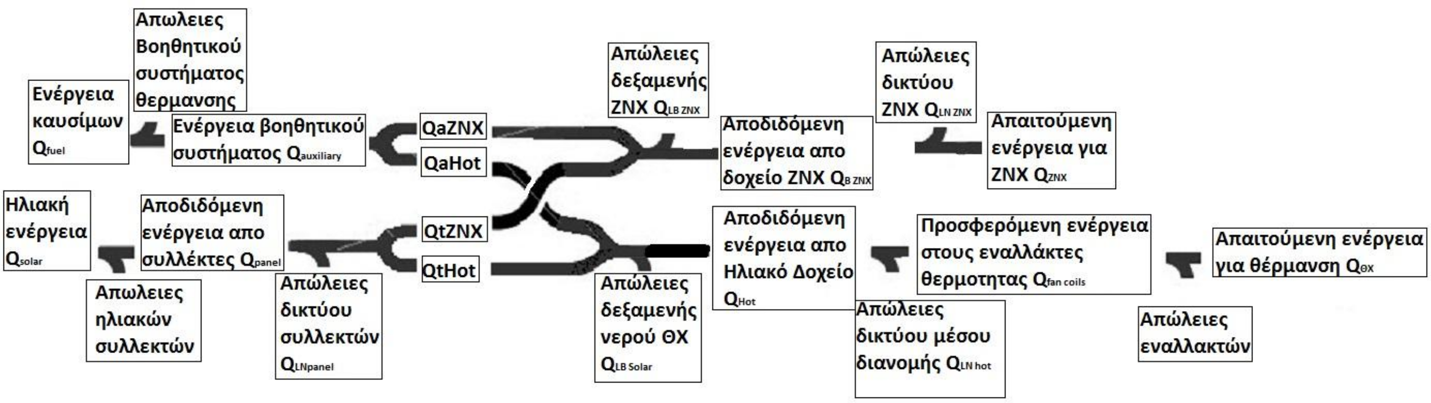
Όπως προαναφέρθηκε, το σύστημα ηλιακής θέρμανσης περιλαμβάνει εν συντομία τις εξής κύριες διατάξεις όπως παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα παρακάτω.

Τους ηλιακούς συλλέκτες.
Τα δύο δοχεία αποθήκευσης ΖΝΧ και θερμού νερού για ΘΧ.
Το βοηθητικό σύστημα θέρμανσης (καυστήρας βιομάζας).
Και το τελικό σύστημα απόδοσης της θερμότητας με εναλλάκτες θερμότητας υποβοηθούμενους από ανεμιστήρες (Fancoils).



Εικόνας 6.2 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος ηλιοθερμίας.

Μεγάλη σημασία παρουσιάζουν επίσης και τα δίκτυα διανομής *(δίκτυο διανομής πάνελ, ΖΝΧ, δίκτυο διανομής νερού ΘΧ)*. Για τον σωστό υπολογισμό του συστήματος απαιτείται η δημιουργία ενεργειακού ισοζυγίου για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες. Το ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω, *Εικόνα 6.2*.



Εικόνας 6.3 Ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος ηλιοθερμίας

Όπου :

Q_{tZNX} : *η προσφερόμενη ενέργεια για ΖΝΧ από το ηλιακό σύστημα.*

Q_{tHot} : *η προσφερόμενη ενέργεια για θέρμανση από το ηλιακό σύστημα.*

Q_{aZNX} : *η προσφερόμενη ενέργεια για ΖΝΧ από το βοηθητικό σύστημα.*

Q_{aHot} : *η προσφερόμενη ενέργεια για θέρμανση από το βοηθητικό σύστημα.*

Για την εξεύρεση των ελαχίστων απαιτήσεων στο σύστημα θέρμανσης έγινε προσδιορισμός για την κάλυψη του μέγιστου δυνατού φορτίου από τις ηλιακές εγκαταστάσεις. Η αδυναμία, λόγο έλλειψης χώρου, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση μόνο από ηλιακούς συλλέκτες απαιτεί τον πλήρη προσδιορισμό του χρόνου και του ποσοστού λειτουργίας και συνεισφοράς των βοηθητικών συστημάτων παροχής θερμότητας *(καυστήρας βιομάζας)*. Ο μέγιστος αριθμός θερμοφωτοβολταικών πάνελων που δύναται να τοποθετηθούν είναι 38. Η μέση ημερήσια προσφερόμενη ενέργεια στο κτίριο, τον μήνα που παρουσιάζονται οι μέγιστες απαιτήσεις για θέρμανση, από το σύστημα των 38 συλλεκτών ανέρχεται σε 22,3 KWh/day. Παρακάτω παρουσιάζεται το ετήσιο διάγραμμα με τις ημερήσιες απαιτήσεις ενέργειας του κτιρίου εν συγκρίση με την μέση δυνατή προσφορά ενέργεια από το ηλιακό σύστημα.

Διάγραμμα 6.1: Ημερήσια φορτία θέρμανσης σε σύγκριση με την μέση προσφερόμενη ενέργεια από το ηλιακό σύστημα θέρμανσης.

Από την μελέτη των ενεργειακών δεδομένων εξάγονται τα συμπεράσματα ότι κατά την περίοδο θέρμανση απαιτείται συνεισφορά του βοηθητικού συστήματος συνολικής διάρκειας 34 ημερών με μέση και μέγιστη ημερήσια απόδοση ενέργειας του συστήματος στο κτίριο 4,8 kWh/day και 15,5 kWh/day αντίστοιχα με συνολικά προσφερόμενη ενέργεια ίση με 164,3 kWh για το διάστημα όπου αυτό απαιτείται.

6.4.3 *Ελάχιστες απαιτήσεις συστήματος θέρμανσης για την κάλυψη των μέγιστων φορτίων.*

Από το τεύχος των αναλυτικών υπολογισμών του Παραρτήματος, για την κάλυψη του μέγιστου φορτίου θέρμανσης κατά 80% *(22,3kWh/day)* και του ZNX *(20.82 kWh/day)* παρουσιάζονται αναλυτικά τα ελάχιστα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιοθερμίας στον *Πίνακα 6.3* που ακολουθεί. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος ηλιοθερμίας ανέρχεται σε $n_{t\text{-}hot\ \&\ ZNX} \approx 26{,}9\%$

Πίνακας 6.3 Ελάχιστες απαιτήσεις συστήματος ηλιοθερμίας.

Υβριδικά πάνελ (PV-t)	**Πλήθος**	**Διαστάσεις μήκος Χ πλάτος Χ πάχος m**
	38 (κάλυψη 60%) ή 47(100% κάλυψη)	1,601 x 0,8 x 0.09
Κλίση Υβριδικών πάνελ (^{o})	**Αζιμούθια γωνία (^{o})**	**Εμβαδό απαιτούμενης επιφάνειας τοποθέτησης επί οριζόντιας επιφάνειας για ένα συλλέκτη m^2**
30	0 (Νότιος προσανατολισμός)	2,47
Θερμοδοχείο ΘΧ	**Πλήθος**	**Χρόνος Αυτονομίας [days]**
	1	**1.23 days** για ΔΤ 10^{o}C
Εσωτερικές διαστάσεις θερμοδοχείου Ύψος Χ Ακτίνα [m]	**Πάχος μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) [m]**	
3 X 0.7	0.1	
Θερμοδοχείο ZNX	**Πλήθος**	**Χρόνος Αυτονομίας [days]**
	1	**0.91 days** για ΔΤ 5^{o}C
Εσωτερικές διαστάσεις θερμοδοχείου Ύψος Χ Ακτίνα [m]	**Πάχος μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) [m]**	
3 X 0.7	0.1	
Βοηθητικό σύστημα θέρμανσης (Καυστήρας Βιομάζας)	**Υπολογιζόμενη ελάχιστη ισχύς Βοηθητικού Συστήματος kW**	**Επιλεγόμενη Ονομαστική ισχύς Βοηθητικού συστήματος [kW]**
	2,85	14-35

6.5 Σύστημα ηλιακής ψύξης.

6.5.1 *Ηλιακή ψύξη*

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για τη λειτουργία συστημάτων κλιματισμού χώρων είναι ελκυστική, δεδομένου ότι το ψυκτικό φορτίο συμπίπτει γενικά με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας και επομένως οι απαιτήσεις σε ψύξη ενός κτιρίου συμπίπτουν με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Το 40 % της ενέργειας που καταναλώνεται από τον κτιριακό τομέα στις ΗΠΑ έχει ως σκοπό την κάλυψη αναγκών για ψύξη, θέρμανση και ΖΝΧ *(Yin Hang, Ming Qu et al, 2010).*

Τα συστήματα ηλιακής ψύξης έχουν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούν απολύτως αβλαβή ρευστά όπως το νερό, ή διαλύματα αλάτων για την λειτουργία τους. Είναι ενεργειακά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομα συστήματα, είτε σε συνδυασμό με συμβατικό κλιματισμό, για να βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας του εσωτερικού όλων των τύπων κτιρίων.

Ένα σύστημα ηλιακού κλιματισμού αποτελείται από ένα απλό ηλιοθερμικό σύστημα το οποίο απαρτίζεται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τη μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες και έναν θερμοκινούμενο ψύκτη. Οι ηλιακοί συλλέκτες που χρησιμοποιούνται είναι υψηλής απόδοσης κυρίως συλλέκτες κενού. Η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια, με τη μορφή ηλιακής ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται από ηλιακούς συλλέκτες με σκοπό τη παραγωγή υγρού υψηλής θερμοκρασίας (συνήθως νερού) το οποίο είναι αποθηκευμένο σε μία δεξαμενή. Ο ψύκτης ο οποίος αποτελεί το πυρήνα της διαδικασίας χρησιμοποιεί το θερμό νερό της δεξαμενής για παραγωγή ψυχρού υγρού. Το υγρό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε τυπική εγκατάσταση κλιματισμού.

Κατά την διάρκεια μιας συνηθισμένης μέρας, η θερμική δεξαμενή αποθήκευσης λειτουργεί ως ρυθμιστής, ο οποίος βοηθά στη βελτιστοποίηση της ασύγχρονης θερμικής απορρόφησης κατά της ώρες της ηλιακής ακτινοβολίας και του δροσισμού που πιθανόν να απαιτείται σε διαφορετική χρονική περίοδο, γεγονός που καθιστά την ύπαρξη της απολύτως αναγκαία.

Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού μπορούν να ταξινομηθούν σε κλειστά ή ανοικτά συστήματα: Τα κλειστά συστήματα αποτελούνται από θερμοκίνητους ψύκτες, που παρέχουν ψυχρό νερό το οποίο είτε χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες προκειμένου να παρέχει πλήρη κλιματιζόμενο αέρα, είτε διανέμεται μέσω δικτύου ψυχρού νερού σε προκαθορισμένους χώρους προκειμένου να θέσει σε λειτουργία τις ανεξάρτητες μονάδες των χώρων αυτών. Ο εξοπλισμός που είναι διαθέσιμος σήμερα στην αγορά διακρίνεται σε ψύκτες απορρόφησης και ψύκτες προσρόφησης.

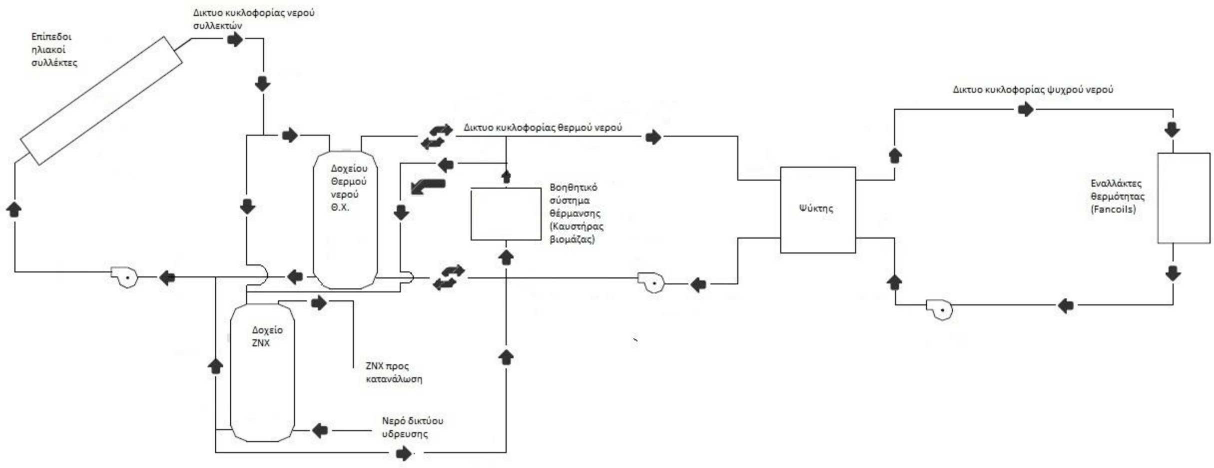
Τα πιο διαδεδομένα ανοικτά συστήματα είναι τα λεγόμενα ως desiccant, τα οποία χρησιμοποιούν ως ψυκτικό μέσο το νερό που έρχεται σε άμεση επαφή με τον αέρα. Ο θερμοκινούμενος ψυκτικός κύκλος συνδυάζει δροσισμό μέσω εξάτμισης και αφύγρανσης αέρα με τη βοήθεια αφυγραντικού υλικού. Ο όρος ανοικτός χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει ότι το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται από το σύστημα αφού έχει εξασφαλίσει την απαραίτητη ψύξη στο χώρο, ενώ το νέο ψυκτικό μέσο το αντικαθιστά έχοντας μία επαναλαμβανόμενη κυκλική διαδικασία *(Σεμινάριο ηλιακού κλιματισμού, Μη.Περ.)*.

6.5.2 *Περιγραφή συστήματος ψύξης*

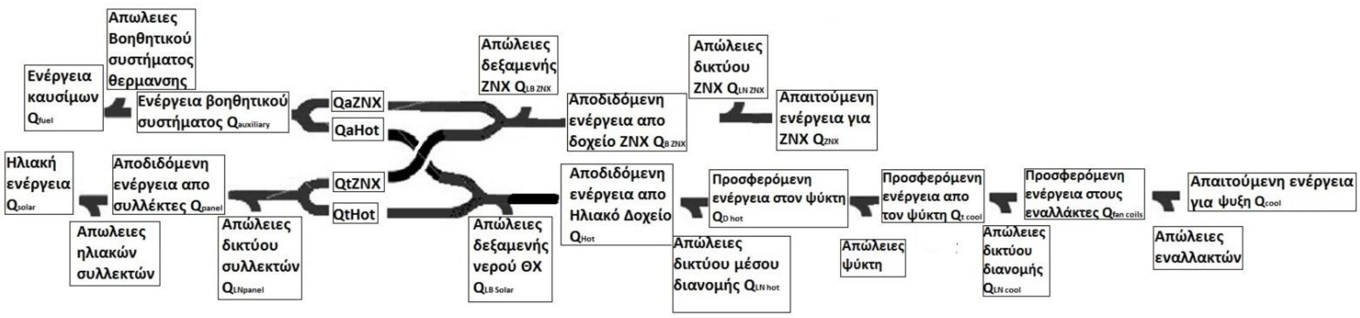
Όπως προαναφέρθηκε το σύστημα ηλιακής ψύξης περιλαμβάνει εν συντομία τις εξής κύριες διατάξεις όπως παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα παρακάτω *(Yin Hang, Ming Qu et al, 2010)*.

Τους ηλιακούς συλλέκτες.
Τα δύο δοχεία αποθήκευσης ΖΝΧ και θερμού νερού για Ψύξη χώρων.
Το βοηθητικό σύστημα θέρμανσης (καυστήρας βιομάζας).
Το θερμοκινούμενο ψύκτη.
Και το τελικό σύστημα απορρόφησης της θερμότητας για την ψύξη του κτιρίου με εναλλάκτες υποβοηθούμενους από ανεμιστήρες (Fancoils).

Στις *Εικόνες 6.4 και 6.5* παρουσιάζεται η σχηματική αναπαράσταση και το ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος ηλιακής ψύξεως του κτιρίου.



Εικόνας 6.4 Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος ηλιακού κλιματισμού.



Εικόνας 6.5 Ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος ηλιακού κλιματισμού.

6.5.3 *Ελάχιστες απαιτήσεις συστήματος ψύξης για την κάλυψη των μέγιστων φορτίων.*

Από το τεύχος των αναλυτικών υπολογισμών του Παραρτήματος, για την κάλυψη του μέγιστου ημερήσιου φορτίου ψύξης σε ποσοστό 100% *(46,16kWh/day)* και του ΖΝΧ *(13.61 kWh/day)* παρουσιάζονται αναλυτικά τα ελάχιστα χαρακτηριστικά του συστήματος ηλιακού κλιματισμού, στο Πίνακα 6.4 το οποίο παρουσιάζει συνολικό βαθμό απόδοσης $n_{t\text{-cool}\ \&\ ZNX} \approx 32{,}6\%$. Παρατηρούμε ότι το σύστημα ψύξης παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, αυτό έγκειται στο γεγονός ότι την θερινή περίοδο λόγο μικρότερης θερμοκρασιακής διαφοράς του εξοπλισμού και του εξωτερικού περιβάλλοντος παρατηρούνται μικρότερες συνολικά απώλειες από τις διατάξεις.

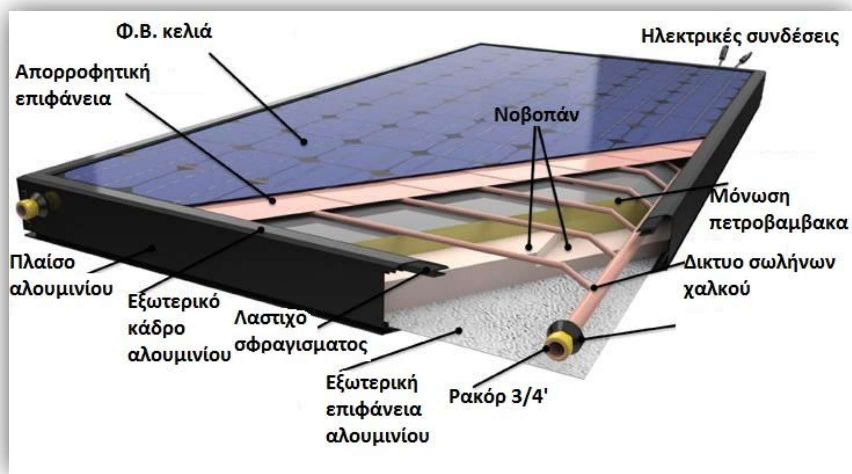
Πίνακας 6.4Ελάχιστες απαιτήσεις συστήματος ηλιακής ψύξης.

Υβριδικά πάνελ (PV-t)	***Πλήθος***	***Διαστάσεις*** ***μήκος Χ πλάτος Χ πάχος m***
	26 *(οι 38 συλλέκτες που είναι τοποθετημένοι αποδίδουν περί τις 77KWh ημερησίως για την περίοδο του Αυγούστου όπου και παρατηρούνται οι μέγιστες ενεργειακές απαιτήσεις)*	*1,601 x 0,8 x 0.09*
Κλίση Υβριδικών πάνελ (^{o})	**Αζιμούθια γωνία (^{o})**	**Εμβαδό απαιτούμενης επιφάνειας τοποθέτησης επί οριζόντιας επιφάνειας για ένα συλλέκτη m^2**
30	*0 (Νότιος προσανατολισμός)*	*2,47*
Θερμοδοχείο ΘΧ	**Πλήθος**	**Χρόνος Αυτονομίας [days]**
	1	***0,8 days*** *για ΔΤ 15^oC*
Εσωτερικές διαστάσεις θερμοδοχείου Ύψος Χ Ακτίνα [m]	**Πάχος μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) [m]**	
3 X 0.7	*0.1*	
Ψυκτική μονάδα (Ψύκτης απορρόφησης)	**Υπολογιζόμενη ψυκτική ισχύς kW**	**Ονομαστική ψυκτική ισχύς kW**
	1.3	*5*
Θερμοδοχείο ΖΝΧ	**Πλήθος**	**Χρόνος Αυτονομίας [days]**
	1	***1,48 days*** *για ΔΤ 5^oC*
Εσωτερικές διαστάσεις θερμοδοχείου Ύψος Χ Ακτίνα [m]	**Πάχος μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) [m]**	
3 X 0.7	*0.1*	
Βοηθητικό σύστημα (Καυστήρας Βιομάζας)	**Υπολογιζόμενη ελάχιστη ισχύς Βοηθητικού Συστήματος kW**	**Ονομαστική ισχύς Βοηθητικού συστήματος kW**
	2,85	*14-35*

6.6 Βασικά στοιχεία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου.

6.6.1 *Υβριδικοί θερμο-φωτοβολταικοί συλλέκτες (PV-t)*

Για την δημιουργία του συστήματος επιλέχθηκαν οι συλλέκτες με την εμπορική ονομασία ***VOLTHER hybrid collectors,*** *Εικόνα 6.6,* της εταιρίας ***SOLIMPEKS*** τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα. Η επιλογή της κάλυψης της απαιτούμενης ενέργειας με χρήση ηλιακών συστημάτων έγινε με κριτήρια την περιοδικότητας της παρεχόμενης ενέργειας (ηλιακή ενέργεια) καθώς την απουσία ηχητικής όχλησης που θα επέφεραν άλλου είδους ΑΠΕ όπως οι ανεμογεννήτριες και την ευκολία της εγκατάστασης μέσω ενός ενιαίου συστήματος παραγωγής ενέργειας.



Εικόνας 6.6 Υβριδικός θερμό-φωτοβολταικός συλλέκτης Volther

6.6.2 *Εφεδρικό σύστημα προσφοράς ενέργειας.*

Για την κάλυψη των αναγκών για την θέρμανση και ψύξη του κτιρίου είναι αναγκαία η χρήση θερμού νερού, η δημιουργία του θερμού νερού έχει σαν πρωταρχική πηγή την ηλιακή ενέργεια, σε περιόδους απουσίας αυτής η απαραίτητη θερμότητα για το νερό θα πρέπει να προέρχεται από εναλλακτικές πηγές θέρμανσης όπως είναι η χρήση καυστήρων βιομάζας *(πελλετ, επεξεργασμένου πυρήνα, αγροτικών αποβλήτων κτλ).* Η μέγιστη υπολογιζόμενη ισχύς του βοηθητικού συστήματος ανέρχεται σε 4.99 kW τόσο κατά την περίοδο θέρμανσης όσο και για την περίοδο ψύξης. βάση αυτού του χαρακτηριστικού επιλέχτηκε το σύστημα καυστήρα πελλετ ***Octagon,*** *Εικόνα 6.7* ελληνικής κατασκευής, από την εταιρία ***Bio-Burner Hellas,*** η ισχύς του οποίου κυμαίνεται 14 – 35 kW το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί αυτούσιο στο ήδη υπάρχον θάλαμο καύσης της εταιρίας ***Hencel.***

Εικόνας 6.7 Καυστήρας Pellet Octagon (αριστερά),Ο εγκατεστημένος θάλαμος καύσης-απαερίων Hencel

6.6.3 Ψύκτης απορρόφησης

Η ψυκτική ισχύς του κτιρίου θα καλύπτεται με την χρήση ενός θερμοκινούμενου ψύκτη απορρόφησης. Η απαιτούμενη ψυκτική ισχύς του ψύκτη όπως αυτή υπολογίστηκε *(Παράρτημα)* ανέρχεται σε 1.3 kW. Για την επίτευξη της ψύξης επιλέχθηκε ο μονοβάθμιος ψύκτης απορρόφησης ***Solar 045V***, Εικόνα 6.8, της ισπανικής εταιρίας ***RotArtica*** με ονομαστική ισχύ 4.5 kW, (*2-8 kW αναλόγως των εκάστοτε συνθηκών λειτουργίας).*

Εικόνας 6.8 θερμοκινούμενος ψύκτης της RotArtica ισχύος 4.5 kW

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

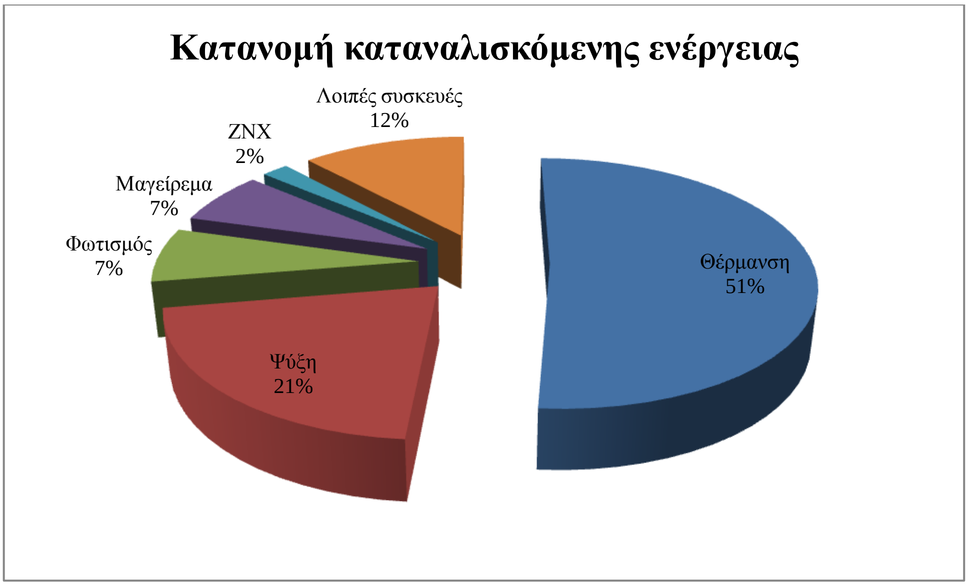
7.1 Συμπεράσματα

Η εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση ενέργειας στον κτιριακό τομέα αποτελεί στις μέρες μας επιτακτική ανάγκη. Στο πλαίσιο αυτό, στην παρούσα διπλωματική διερευνήθηκαν τεχνικές προτάσεις για την ενεργειακή αυτονόμηση κτιρίων στην Ελληνική επικράτεια και σε χώρες με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες.

Πραγματοποιήθηκε μελέτη μίας διώροφης κατοικίας, του Νομού Ηρακλείου με σκοπό την ενεργειακή αξιολόγηση του κτηρίου μέσω της οποίας απορρέει ένα σύνολο εναλλακτικών επεμβάσεων με στόχο την ενεργειακή βελτίωση της συμπεριφοράς του. Πρόκειται για ένα κτίριο του πρωτογενούς τομέα, με ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά.

Κατόπιν ενεργειακής επιθεώρησης που διενεργήθηκε στο εν λόγω κτίριο, εξήχθη το συμπέρασμα ότι πρόκειται για κτίριο με χαμηλή θερμομονωτική επάρκεια κτιριακού κελύφους και περιέχει μόνο τον βασικό εξοπλισμό θέρμανσης ενώ παρουσιάζει πλήρη απουσία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για ψύξη.

Από την προσομοίωση του κτιρίου, προέκυψε ότι καταναλώνονται 18504 kWh/ year για κάλυψη αναγκών θέρμανσης και 7644 kWh/ year για κάλυψη αναγκών ψύξης. Το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου υπέδειξε υψηλές ανάγκες θέρμανσης της τάξεως του 51% του συνόλου των ενεργειακών καταναλώσεων, *Διάγραμμα 7.1*, 21% για τις ανάγκες ψύξης του κτιρίου, 7% για φωτισμό και μαγείρεμα, 2% για ανάγκες ZNX, και 12% για τις υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές *(εργαλεία, υπολογιστές, τηλεοράσεις κτλ)*.



Διάγραμμα 7.1 Κατανομή της καταναλισκόμενης ενέργειας

Τα σενάρια ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου που εξετάστηκαν είχαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Το πρώτο σενάριο αφορά στην πλήρη εφαρμογή θερμομονωμένων, υψηλής αεροστεγανότητας, θυρών και υαλοστασίων χαμηλής εκπομπής, μέσω του οποίου οι καταναλώσεις ψύξης και θέρμανσης μειώθηκαν αντίστοιχα κατά 22 % και, 44 %. Τα επίπεδα θερμικής άνεσης βελτιώθηκαν σημαντικά, καθώς παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κάθε ορόφου (και ζώνης) κατά την χειμερινή περίοδο, ενώ παράλληλα μείωση θερμοκρασιών παρατηρήθηκε και κατά την θερινή περίοδο.

Η αποτελεσματικότητα των υαλοστασίων είναι άμεση συνάρτηση της επιφάνειας τους και συνεπώς των ηλιακών κερδών. Επομένως, κρίνεται ικανοποιητική η απόδοση του σεναρίου αντικατάστασης των υαλοπετασμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις μεγάλες επιφάνειες των υαλοστασίων που διαθέτει το μελετούμενο κτίριο, όσο και τη μεγάλη ενεργειακή εξοικονόμηση για θέρμανση που παρουσιάζει ένα κτίριο με τα κλιματικά χαρακτηριστικά της Κρήτης.

Στο δεύτερο επιπρόσθετο σενάριο, η αποτελεσματική και στοχευμένη θερμομόνωση των δομικών στοιχείων του κελύφους *(τοιχοπετάσματα δώματα και δάπεδα)*, είχε ως αποτέλεσμα να παρουσιαστεί σε ετήσια βάση, υψηλή ενεργειακή εξοικονόμηση έως και 64 %. Η επιτυχία του σεναρίου έγκειται στο ότι η ήδη υπάρχουσα τοιχοποιία παρουσίαζε μεγάλες επιφάνειες χωρίς μόνωση και ότι έχει γίνει ήδη η αλλαγή των υαλοπετασμάτων από όπου και υπήρχε μεγάλο ποσοστό θερμοδιαφυγής.

Στο τρίτο σενάριο εξετάστηκε, πέραν των προηγούμενων επεμβάσεων, η δημιουργία τεσσάρων μη θερμαινόμενων ηλιακών χώρων *(θερμοκηπίων)* για την αύξηση των ηλιακών κερδών κατά την διάρκεια του χειμώνα με παράλληλη χρήση. Η επεμβάσεις αυτές δύναται να επιφέρουν μειώσεις στα φορτία θέρμανσης και ψύξης 89 % και 55 % αντίστοιχα ενώ συνολικά έχουμε 79 % ενεργειακή μείωση των απαιτούμενων φορτίων.

Ως κύρια συστήματα ΑΠΕ που μπορούν να εφαρμοστούν στο κτίριο, θεωρήθηκε η χρήση υβριδικών θερμοφωτοβολταικών συλλεκτών που δεσμεύουν ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση - ψύξη αλλά και την ηλεκτρική ενέργεια του κτιρίου. Σε δευτερεύοντα ρόλο για την κάλυψη των επιπλέων ενεργειακών αναγκών σε περιόδους όπου η ενέργεια από τα κύρια συστήματα ΑΠΕ δεν επαρκεί χρησιμοποιήθηκαν ένας καυστήρας βιομάζας και μία ηλεκτρική γεννήτρια. Ωστόσο η απαιτούμενη ενέργεια για μαγείρεμα, λόγω του μικρού εμβαδού που υπήρχε διαθέσιμο, θα καλυφθεί από την καύση αέριου καυσίμου *(υγραέριο, φυσικό αέριο ή βιοαερίου)*, που εάν συνυπολογιστεί ο τρόπος με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια στην εν λόγο περιοχή *(παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ντίζελ)* μπορεί να χαρακτηριστεί φιλικότερος προς το περιβάλλον.

Εξετάζοντας κάθε κτίριο σαν αυτόνομο ενεργειακό σύστημα είναι δυνατή η εξεύρεση του καταλληλότερου συνδυασμού τεχνολογιών και τεχνικών που θα επιτρέψει στο κάθε κτίριο ή κτιριακό σύνολο να παράγει επιτόπου την απαραίτητη ενέργεια για την κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών.

7.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε πρωταρχικό στάδιο έρευνας στο πεδίο των Κτιρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης *(Κ.Μ.Ε.Κ.)* στον Ελλαδικό χώρο. Ανοίγει δε νέους ορίζοντες μελλοντικών ερευνών που θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν:

Αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας των εναλλακτικών τεχνικών και τεχνολογιών που προτάθηκαν για την μετατροπή της υφιστάμενης κατοικίας σε Κ.Μ.Ε.Κ.

Την αύξηση της αποδοτικότητας της κατασκευής σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές όπως την χρήση υλικών αλλαγής φάσης, τη χρήση ή τη μελέτη εφαρμογής επιπλέων ενεργειακών διατάξεων *(αιολικά, γεωθερμικά κτλ)* ή ενσωμάτωσης αυτών που ήδη υπάρχουν στα δομικά στοιχεία του κτιρίου *(φωτοβολταϊκές συστοιχίες εντοιχισμένες σε προσόψεις του κτιρίου)* για την αύξηση της ενεργειακής δυναμικότητας.

Συνδυασμό με παθητικές τεχνικές δροσισμού, όπως ο νυχτερινός αερισμός, ο φυσικός εξαερισμός με κατάλληλο σχεδιασμό και λειτουργία των ανοιγμάτων στο κέλυφος και θυρίδες στο πάνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, τη χρήση θερμικής μάζας για τη μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Σχεδιασμό συστήματος αυτόματου ελέγχου σύμφωνα με τον οποίο θα ελέγχεται η ηλεκτρική κατανάλωση των κατασκευών για την βέλτιστη απόδοσή τους ή και την χρήση ηλιοστατών για την παρακολούθηση της ηλιακής τροχιάς και την αύξηση των ενεργειακών απολαβών. Επίσης θα ήταν επιθυμητό να γίνει και μία διεξοδική έρευνα για την χρήση νέων μη ενεργοβόρων συσκευών για την ακόμα μικρότερη απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Παράρτημα Α

Στον *Πίνακα Α1* παρουσιάζονται οι ηλεκτρικές μετρήσεις από το αρχείο της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού *(ΔΕΗ)*. Οι παρακάτω μετρήσεις αναφέρονται μόνο στις πραγματικές τιμές από εκκαθαριστικούς λογαριασμούς και όχι στις υπολογισμένες μετρήσεις που αναφέρονταν στους έναντι.

Πίνακας Α1 Παρουσίαση των ηλεκτρικών μετρήσεων από τη Δ.Ε.Η.

Αριθμός Ρολογιού	**M3164647**	**M33322692**
Ημερομηνία	**1ος & 2ος όροφος**	**Εισόγειο**
	Μέτρηση [kWh]	**Μέτρηση [kWh]**
6/8/2011	*35541*	*14359*
5/4/2011	*33999*	*12938*
8/12/2010	*31888*	*11009*
9/8/2010	*31565*	*9541*
12/4/2010	*31050*	*8270*
7/12/2009	*29927*	*6235*
10/8/2009	*29131*	*5823*
6/4/2009	*28017*	*5427*
4/12/2008	*26726*	*5123*
9/8/2008	-	*4720*
8/4/2008	*25821*	*4249*
3/12/2007	*23190*	*3743*
5/8/2007	*21688*	*3133*
10/4/2007	-	*2623*
4/12/2006	-	*2269*
10/8/2006	-	*1949*
10/4/2006	-	*1600*
7/12/2005	*13429*	*1276*
12/4/2005	*10679*	-
14/12/2004	*9133*	*616*
11/8/2004	-	*327*
15/4/2004	-	*326*
8/12/2003	*7012*	*326*
12/8/2003	-	*295*
8/12/2002	-	*229*
9/8/2002	-	*156*
10/4/2002	-	*120*
12/12/2001	*278*	*120*
10/4/2001	*273*	-

Στους *Πίνακες Α2 & Α3* παρουσιάζεται ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, η ισχύς και η χρονική διάρκεια λειτουργίας της κάθε διάταξης καθώς και η μέση εκτιμώμενη ηλεκτρική κατανάλωση για κάθε περίοδο χρήσης αντίστοιχα.

Πίνακας Α2 Παρουσίαση της καταγραφής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και προσέγγιση ηλεκτρικής κατανάλωσης της χειμερινής περιόδου.

		Συσκευή	**Τεμάχια**	**Ισχύς [W]**	**Συνολική Ισχύς [W]**	**Εκτιμώμενη & καταγεγραμμένη Διάρκεια Λειτουργίας [hr]**	**Εκτιμώμενη Ηλεκτρική Κατανάλωση [Wh]**
ΕΙΣΟΓΕΙΟ	**Σαλόνι**	**Λάμπες-Οικ. Φθοριου**	*3*	*25*	*75*	*8*	*600*
		Τηλεοράσεις	*1*	*50*	*50*	*8*	*400*
		Ψυγεία	*1*	*0.92 kw/24hr*			*920*
		Φαξ	*1*	*25*	*0.5*	*24*	*12*
		Μόντεμ	*1*	*18*	*0.5*	*24*	*12*
		Ξυλόσομπα	*1*	*2,5 Ton Ξυλείας /Year*			
		Κουζίνα Υγραερίου	*1*	*1Φυάλη υγραερίου (15kg) / μήνα*			
	Δωμάτιο 1	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*1*	*25*	*25*	*8*	*200*
		Επιδαπέδιο φωτιστικό	*1*	*150*	*150*	*1*	*150*
		Τηλεοράσεις	*1*	*30*	*30*	*2*	*60*
		Η/Υ	*1*	*400*	*120*	*10*	*1200*
		Οθόνες Η/Υ	*2*	*40*	*80*	*10*	*800*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*10*	*400*
	Δωμάτιο 2	**Λάμπες-Οικ. Led**	*1*	*9*	*9*	*6*	*54*
		Η/Υ	*1*	*300*	*120*	*3*	*360*
		Οθόνες Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*3*	*120*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*10*	*10*	*3*	*30*
		Μόντεμ	*1*	*18*	*0.5*	*24*	*12*
	Δωμάτιο 3	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*1*	*25*	*25*	*2*	*50*
		Τηλεοράσεις	*1*	*50*	*5*	*3*	*15*
	Μπάνιο	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*1*	*21*	*21*	*3*	*63*
		Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας	*1*	*4000*	*4000*	*0.25*	*1000*
	Αποθήκη	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*5*	*25*	*125*	*2*	*250*
		Καταψύκτης	*1*	*0.82kWh/24hr*			*820*
		Ψυγεία	*1*	*0.82kWh/24hr*			*820*
		Ψυγεία	*1*	*0.82kWh/24hr*			*820*
1ος Όροφος	**Σαλόνι**	**Ψυγεία**	*1*	*0.75kW/24hr*			*750*
		Ηλεκτρική Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*2*	*4500*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*9*	*720*
		Λάμπες-Πυρακτώσεως	*4*	*60*	*240*	*9*	*2160*
		Λάμπες-Spot	*4*	*30*	*120*	*4*	*480*
	Δωμάτιο 1	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*5*	*300*
		Η/Υ	*1*	*430*	*120*	*7*	*840*
		Οθόνες Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*7*	*280*

		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*45*	*45*	*7*	*315*
	Δωμάτιο 2	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*1*	*60*
	Μπάνιο	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*2*	*45*	*90*	*2*	*180*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*3500*	*3500*	*0.25*	*875*
	Εξωτερικός χώρος 1ου	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*3*	*60*	*180*	*0.5*	*90*
2ος Όροφος	**Σαλόνι**	**Ψυγεία**	*1*		*0.8kW/24hr*		*800*
		Ηλεκτρική Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*1*	*2250*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*5*	*400*
		Λάμπες-Πυρακτώσεως	*4*	*60*	*240*	*5*	*1200*
		Λάμπες-Spot	*4*	*30*	*120*	*1*	*120*
	Δωμάτιο 1	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*3*	*180*
	Δωμάτιο 2	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*5*	*300*
		Τηλεοράσεις	*1*	*45*	*45*	*5*	*225*
	Μπάνιο	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*2*	*45*	*90*	*1*	*90*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*3500*	*3500*	*0.25*	*875*
	Εξωτερικός χώρος 2ου	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*3*	*60*	*180*	*2*	*360*
Εξωτερικός χώρος	**Αυλές - Κλιμακοστάσια**	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*22*	*60*	*1320*	*0.5*	*660*
		Πιεστικό	*1*	*1460*	*1460*	*1*	*1460*
	Λεβητοστάσιο	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*-*	*0*
		Κυκλοφορητής	*1*	*120*	*120*	*-*	
		Λέβητας	*1*	*-*	*-*	*-*	

Πίνακας Α3 Παρουσίαση της καταγραφής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και προσέγγιση ηλεκτρικής κατανάλωσης της θερινής περιόδου.

		Συσκευή	Τεμάχια	Ισχύς [W]	Συνολική Ισχύς [W]	Εκτιμώμενη & καταγεγραμμένη Διάρκεια Λειτουργίας [hr]	Εκτιμώμενη Ηλεκτρική Κατανάλωση [Wh]
ΕΙΣΟΓΕΙΟ	**Σαλόνι**	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*3*	*25*	*75*	*6*	*450*
		Τηλεοράσεις	*1*	*50*	*50*	*6*	*300*
		Ψυγεία	*1*		*0.92kW/24hr*		
		Φαξ	*1*	*25*	*0.5*	*24*	*12*
		Μόντεμ	*1*	*18*	*0.5*	*24*	*12*
		Ξυλόσομπα	*1*		*2,5 Ton Ξυλείας /Year*		
		Κουζίνα Υγραερίου	*1*		*1Φυάλη υγραερίου (15kg) / μήνα*		
	Δωμάτιο 1	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*1*	*25*	*25*	*6*	*150*
		Επιδαπέδιο φωτιστικό	*1*	*150*	*150*	*1*	*150*
		Τηλεοράσεις	*1*	*30*	*30*	*2*	*60*
		Η/Υ	*1*	*400*	*120*	*6*	*720*
		Οθόνες Η/Υ	*2*	*40*	*80*	*6*	*480*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*6*	*240*
	Δωμάτιο 2	**Λάμπες-Οικ. Led**	*1*	*9*	*9*	*4*	*36*
		Η/Υ	*1*	*300*	*120*	*3*	*360*
		Οθόνες Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*3*	*120*

1ος Όροφος		**Ηχοσύστημα Η/Υ**	*1*	*10*	*10*	*3*	*30*
		Μόντεμ	*1*	*18*	*0.5*	*24*	*12*
	Δωμάτιο 3	**Λάμπες-Οικ. Φθοριου**	*1*	*25*	*25*	*2*	*50*
		Τηλεοράσεις	*1*	*50*	*5*	*3*	*15*
	Μπάνιο	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*1*	*21*	*21*	*3*	*63*
		Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας	*1*	*4000*	*4000*	*0.1*	*400*
	Αποθήκη	**Λάμπες-Οικ. Φθορίου**	*5*	*25*	*125*	*2*	*250*
		Καταψύκτης	*1*		*0.82kWh/24hr*		
		Ψυγεία	*1*		*0.82kWh/24hr*		
		Ψυγεία	*1*		*0.82kWh/24hr*		
	Σαλόνι	**Ψυγεία**	*1*		*0.75kW/24hr*		
		Ηλεκτρική Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*2*	*4500*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*6*	*480*
		Λάμπες-Πυρακτώσεως	*4*	*60*	*240*	*6*	*1440*
		Λάμπες-Spot	*4*	*30*	*120*	*2*	*240*
	Δωμάτιο 1	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*4*	*240*
		Η/Υ	*1*	*430*	*120*	*5*	*600*
		Οθόνες Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*5*	*200*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*45*	*45*	*5*	*225*
	Δωμάτιο 2	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*1*	*60*
	Μπάνιο	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*2*	*45*	*90*	*2*	*180*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*3500*	*3500*	*0.1*	*350*
	Εξωτερικός χώρος 1ου	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*3*	*60*	*180*	*0.5*	*90*
2ος Όροφος	**Σαλόνι**	**Ψυγεία**	*1*		*0.8kW/24hr*		
		Ηλεκτρική Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*1*	*2250*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*5*	*400*
		Λάμπες-Πυρακτώσεως	*4*	*60*	*240*	*5*	*1200*
		Λάμπες-Spot	*4*	*30*	*120*	*1*	*120*
	Δωμάτιο 1	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*3*	*180*
	Δωμάτιο 2	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*5*	*300*
		Τηλεοράσεις	*1*	*45*	*45*	*5*	*225*
	Μπάνιο	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*2*	*45*	*90*	*1*	*90*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*3500*	*3500*	*0.1*	*350*
	Εξωτερικός χώρος 2ου	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*3*	*60*	*180*	*2*	*360*
Εξωτερικός χώρος	**Αυλές - Κλιμακοστάσια**	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*22*	*60*	*1320*	*0.5*	*660*
		Πιεστικό	*1*	*1460*	*1460*	*1*	*1460*
	Λεβητοστάσιο	**Λάμπες-Πυρακτώσεως**	*1*	*60*	*60*	*-*	*0*
		Κυκλοφορητής	*1*	*120*	*120*	*-*	
		Λέβητας	*1*	*-*	*-*	*-*	

Στους *Πίνακες Α4 & Α5* παρουσιάζοται οι αλλαγές στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, η ισχύς και η χρονική διάρκεια λειτουργίας της κάθε διάταξης και η μέση εκτιμώμενη ηλεκτρική κατανάλωση για κάθε περίοδο χρήσης αντίστοιχα.

Πίνακας Α4 Παρουσίαση της μετατροπής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και προσέγγιση ηλεκτρικής κατανάλωσης της χειμερινής περιόδου.

		Συσκευή	Τεμάχια	Ισχύς [W]	Συνολική Ισχύς [W]	Εκτιμώμενη & καταγεγραμμένη Διάρκεια Λειτουργίας [hr]	Εκτιμώμενη Ηλεκτρική Κατανάλωση [Wh]
ΕΙΣΟΓΕΙΟ	Σαλόνι	Λαμπτήρες led	3	9		8	216
		Τηλεοράσεις	1	50	50	8	400
		Ψυγεία	1	-	-	-	920
		Φαξ	1	25	0.5	24	12
		Μόντεμ	1	18	0.5	24	12
		Ξυλόσομπα	1	Προαιρετική χρήση			
		Κουζίνα	1	2250	2250	2	4500
	Δωμάτιο 1	Λαμπτήρες led	1	9	9	8	72
		Επιδαπέδιο φωτιστικό	1	Κατάργηση ενεργοβόρων μικροσυσκευών			0
		Τηλεοράσεις	1	30	30	2	60
		Η/Υ	1	400	120	10	1200
		Οθόνες Η/Υ	2	40	80	10	800
		Ηχοσύστημα Η/Υ	1	40	40	10	400
	Δωμάτιο 2	Λαμπτήρες led	1	9	9	6	54
		Η/Υ	1	300	120	3	360
		Οθόνες Η/Υ	1	40	40	3	120
		Ηχοσύστημα Η/Υ	1	10	10	3	30
		Μόντεμ	1	18	0.5	24	12
	Δωμάτιο 3	Λαμπτήρες led	1	9	9	2	18
		Τηλεοράσεις	1	50	5	3	15
	Μπάνιο	Λαμπτήρες led	1	9	9	3	27
		Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας	1	Χρήση ηλιοθερμικών διατάξεων για ΖΝΧ			
	Αποθήκη	Λαμπτήρες led	5	9	45	2	90
		Καταψύκτης	1	-	-	-	820
		Ψυγεία	1	77	77	-	820
		Ψυγεία	1	150	150	-	820
1ος Όροφος	Σαλόνι	Ψυγεία	1	-	-	-	750
		Κουζίνα	1	2250	2250	2	4500
		Τηλεοράσεις	1	80	80	9	720
		Λαμπτήρες led	4	9	36	9	324
		Λάμπες led-Spot	4	6	24	4	96
	Δωμάτιο 1	Λαμπτήρες led	1	9	9	5	45
		Η/Υ	1	430	120	7	840
		Οθόνες Η/Υ	1	40	40	7	280
		Ηχοσύστημα Η/Υ	1	45	45	7	315
	Δωμάτιο 2	Λαμπτήρες led	1	9	9	1	9
	Μπάνιο	Λαμπτήρες led	2	9	18	2	36
		Θερμοσίφωνας	1	Χρήση ηλιοθερμικών διατάξεων για ΖΝΧ			
	Εξωτερικός χώρος	Λαμπτήρες led	3	9	27	0.5	13.5

	1ου						
2ος Όροφος	**Σαλόνι**	**Ψυγεία**	*1*	*-*	*-*	*-*	*800*
		Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*1*	*2250*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*5*	*400*
		Λαμπτήρες led	*4*	*9*	*36*	*5*	*180*
		Λάμπες led-Spot	*4*	*6*	*24*	*1*	*24*
	Δωμάτιο 1	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*3*	*27*
	Δωμάτιο 2	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*5*	*45*
		Τηλεοράσεις	*1*	*45*	*45*	*5*	*225*
	Μπάνιο	**Λαμπτήρες led**	*2*	*9*	*18*	*1*	*18*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*Χρήση ηλιοθερμικών διατάξεων για ΖΝΧ*			
	Εξωτερικός χώρος 2ου	**Λαμπτήρες led**	*3*	*9*	*27*	*2*	*54*
Εξωτερικός χώρος	**Αυλές - Κλιμακοστάσια**	**Λαμπτήρες led**	*22*	*9*	*198*	*0.5*	*99*
		Πιεστικό	*1*	*1460*	*1460*	*0*	*0*
	Λεβητοστάσιο	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*-*	*0*
		Κυκλοφορητής	*1*	*120*	*120*	*-*	
		Λέβητας	*1*	*-*	*-*	*-*	

Πίνακας Α5 Παρουσίαση της μετατροπής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και προσέγγιση ηλεκτρικής κατανάλωσης της θερινής περιόδου.

		Συσκευή	Τεμάχια	Ισχύς [W]	Συνολική Ισχύς [W]	Εκτιμώμενη & καταγεγραμμένη Διάρκεια Λειτουργίας [hr]	Εκτιμώμενη Ηλεκτρική Κατανάλωση [Wh]
ΕΙΣΟΓΕΙΟ	**Σαλόνι**	**Λαμπτήρες led**	*3*	*9*	*27*	*6*	*162*
		Τηλεοράσεις	*1*	*50*	*50*	*6*	*300*
		Ψυγεία	*1*	*-*	*-*	*-*	*920*
		Φαξ	*1*	*25*	*0.5*	*24*	*12*
		Μόντεμ	*1*	*18*	*0.5*	*24*	*12*
		Ξυλόσομπα	*1*	*Προαιρετική χρήση*			
		Κουζίνα Υγραερίου	*1*	*2250*	*2250*	*2*	*4500*
	Δωμάτιο 1	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*6*	*54*
		Επιδαπέδιο φωτιστικό	*1*	*Κατάργηση ενεργοβόρων μικροσυσκευών*			
		Τηλεοράσεις	*1*	*30*	*30*	*2*	*60*
		Η/Υ	*1*	*400*	*120*	*6*	*720*
		Οθόνες Η/Υ	*2*	*40*	*80*	*6*	*480*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*6*	*240*
	Δωμάτιο 2	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*4*	*36*
		Η/Υ	*1*	*300*	*120*	*3*	*360*
		Οθόνες Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*3*	*120*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*10*	*10*	*3*	*30*
		Μόντεμ	*1*	*18*	*0.5*	*24*	*12*
	Δωμάτιο 3	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*2*	*18*

		Τηλεοράσεις	*1*	*50*	*5*	*3*	*15*
	Μπάνιο	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*3*	*27*
		Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας	*1*	*Χρήση ηλιοθερμικών διατάξεων για ΖΝΧ*			
	Αποθήκη	**Λαμπτήρες led**	*5*	*9*	*45*	*2*	*90*
		Καταψύκτης	*1*	*-*	*-*	*-*	*820*
		Ψυγεία	*1*	*77*	*77*	*-*	*820*
		Ψυγεία	*1*	*150*	*150*	*-*	*820*
1ος Όροφος	**Σαλόνι**	**Ψυγεία**	*1*	*-*	*-*	*-*	*750*
		Ηλεκτρική Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*2*	*4500*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*6*	*480*
		Λαμπτήρες led	*4*	*9*	*36*	*6*	*216*
		Λάμπες led-Spot	*4*	*6*	*24*	*2*	*48*
	Δωμάτιο 1	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*4*	*36*
		Η/Υ	*1*	*430*	*120*	*5*	*600*
		Οθόνες Η/Υ	*1*	*40*	*40*	*5*	*200*
		Ηχοσύστημα Η/Υ	*1*	*45*	*45*	*5*	*225*
	Δωμάτιο 2	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*1*	*9*
	Μπάνιο	**Λαμπτήρες led**	*2*	*9*	*18*	*2*	*36*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*Χρήση ηλιοθερμικών διατάξεων για ΖΝΧ*			
	Εξωτερικός χώρος 1ου	**Λαμπτήρες led**	*3*	*9*	*27*	*0.5*	*13.5*
2ος Όροφος	**Σαλόνι**	**Ψυγεία**	*1*	*-*	*-*	*-*	*800*
		Ηλεκτρική Κουζίνα	*1*	*2250*	*2250*	*1*	*2250*
		Τηλεοράσεις	*1*	*80*	*80*	*5*	*400*
		Λαμπτήρες led	*4*	*9*	*36*	*5*	*180*
		Λάμπες led-Spot	*4*	*6*	*24*	*1*	*24*
	Δωμάτιο 1	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*3*	*27*
	Δωμάτιο 2	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*5*	*45*
		Τηλεοράσεις	*1*	*45*	*45*	*5*	*225*
	Μπάνιο	**Λαμπτήρες led**	*2*	*9*	*18*	*1*	*18*
		Θερμοσίφωνας	*1*	*Χρήση ηλιοθερμικών διατάξεων για ΖΝΧ*			
	Εξωτερικός χώρος 2ου	**Λαμπτήρες led**	*3*	*9*	*27*	*2*	*54*
Εξωτερικός χώρος	**Αυλές - Κλιμακοστάσια**	**Λαμπτήρες led**	*22*	*9*	*198*	*0.5*	*99*
		Πιεστικό	*1*	*1460*	*1460*	*0*	*0*
	Λεβητοστάσιο	**Λαμπτήρες led**	*1*	*9*	*9*	*-*	*0*
		Κυκλοφορητής	*1*	*120*	*120*	*-*	
		Λέβητας	*1*	*-*	*-*	*-*	

Παράρτημα Β

Αναλυτικοί υπολογισμοί για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων ΑΠΕ

Β1 Υπολογισμός Φωτοβολταϊκού συστήματος

Υπολογισμός Ισχύς αιχμής της Φ.Β. συστοιχίας** **(Φωτοβολταικά Συστήματα, Ι.Ε. Φραγκιαδάκης)

Η μέγιστη ημερήσια απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παρουσιάζεται κατά την χειμερινή περίοδο, για την λειτουργία του συστήματος είναι ίση με **E_L=12.36 [kWh].** Για τον υπολογισμό της ισχύς αιχμής της Φ.Β. συστοιχίας έχουμε:

$$\mathbf{P_p} = \frac{\mathbf{1 \cdot m \cdot G_{STC}}}{\mathbf{H}_t \mathbf{\cdot PR}_\sigma}\left(\frac{\mathbf{E_{L,\alpha}}}{\boldsymbol{\eta_\alpha}} + \frac{\mathbf{E_{L,\varepsilon}}}{\boldsymbol{\eta_\varepsilon}}\right)$$

<u>Όπου</u>

<u>P_p</u> η ισχύς αιχμής της Φ.Β. συστοιχίας σε [kWh].

<u>m</u> ≈ 1.1 ο συντελεστής περιθωρίου υπολογισμού ηλεκτρικών φορτίων, (*για πιθανή υποτίμηση των ηλεκτρικών φορτίων).*

<u>G_{STC}</u> Πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας (πρότυπες συνθήκες) G_{STC}= 1 [kW/m2].

<u>$E_{L\alpha}$</u> η άμεση καταναλισκόμενη ενέργεια από το ηλεκτρικό κύκλωμα ορίστηκε ίση με **$E_{L\alpha}$ ≈ 5 [kWh]** για τον ρεαλιστικό υπολογισμό του συστήματος (φορτία ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας από τις ΦΒ συστοιχίες).

<u>$E_{L\varepsilon}$</u> η έμμεση καταναλισκόμενη ενέργεια (καταναλισκόμενη ενέργεια από τους συσσωρευτές) **$E_{L,\varepsilon}$= E_L- $E_{L,\alpha}$ ≈ 7.36 [kWh].**

<u>η_α</u> συντελεστής απόδοσης της άμεσης ενέργειας σε ένα τυπικό ΦΒ σύστημα **η_α =0.91**

<u>η_ε</u> συντελεστής απόδοσης της έμμεσης ενέργειας σε ένα τυπικό ΦΒ σύστημα **η_ε= 0.76**

<u>H_t</u> η μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια ακτινοβολίας ανά m^2 στο επίπεδο του συλλέκτη.

Υπολογισμός της μέσης ηλιακής ενέργειας ακτινοβολίας στο επίπεδο του συλλέκτη. ***(Τοτεε 20701-3)***

Για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο των συλλεκτών έγινε χρήση του μοντέλου των Liu, Jordan & klein από την ακόλουθη σχέση:

$$H_t = (H-H_d) \bullet R_b + 0.5 \bullet H_d \bullet (1+\cos\beta) + 0.5 \bullet \rho * H \bullet (1-\cos\beta)$$

Όπου

ρ η ανακλαστικότητα του εδάφους όπου θεωρήθηκε ίση με **0.15.**

β η κλίση της επιφάνειας των συλλεκτών επιλέχθηκε σύμφωνα με τους πίνακες των τεχνικών οδηγιών ίση με $\beta=30^o$ για την περιοχή του Ηρακλείου.

Η η μέση ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για την υπό μελέτη περιοχή **Η= 61.2 [kWh / m^2 / mo]** για τον μήνα Δεκέμβριο.

H_d η μέση διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για την υπό μελέτη περιοχή Η= **24.8 [KWh / m^2 / mo]** για τον μήνα Δεκέμβριο.

R_b ο μέσος μηνιαίος γεωμετρικός παράγοντας για Νότιο προσανατολισμό των συλλεκτών (αζιμούθιο γ=0).

$$R_b = \frac{\left[\cos(\varphi-\beta)\bullet\cos(\delta)\bullet\sin(\omega_{ss})+\frac{\pi}{180}\bullet\omega_{ss}\bullet\sin(\varphi-\beta)\bullet\sin(\delta)\right]}{\left[\cos(\varphi)\bullet\cos(\delta)\bullet\sin(\omega_{ss})+\frac{\pi}{180}\bullet\omega_{ss}\bullet\sin(\varphi)\bullet\sin(\delta)\right]}$$

Όπου

ω_{ss} η ωριαία γωνία δύσης της κεκλιμένης επιφάνειας για την μέση αντιπροσωπευτική ημέρα του μήνα στην υπό μελέτη περιοχή σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$\omega_{ss}=\min\{\cos^{-1}(-\tan(\varphi)*\tan(\delta)), \cos^{-1}(-\tan(\varphi-\beta)*\tan(\delta))\}$$

Όπου

φ το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής $\varphi=32.396^o$.

δ η ηλιακή απόκλιση την μέση αντιπροσωπευτική ημέρα του μήνα σύμφωνα με την σχέση:

$$\delta=23{,}45\bullet\sin\left[360\bullet \frac{D+284}{365}\right]$$

Για **D = 345** για την 15η ημέρα του μήνα Δεκεμβρίου.

Από την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

$\delta=-23.12^o$

$\omega_{ss}=74.28$

$R_b= 1.82$

& **H_t=94.45 [kWh / m^2 / mo] ή H_t=3.18 [kWh / m^2 / d]**

Με την εφαρμογή των παραπάνω αποτελεσμάτων στην σχέση για την ισχύ αιχμής της φωτοβολταϊκής συστοιχίας έχουμε **$P_p \approx$ 7.06 [kW].**

Β2 Υπολογισμός συστήματος θέρμανσης

Τυπολόγιο και απαιτούμενα στοιχεία για την διαστασιολόγηση του συστήματος.

Για την διαστασιολόγηση του συστήματος θα πρέπει να κινηθούμε για τους υπολογισμούς μας αντίθετα της κίνησης της ενέργειας στο ισοζύγιο ενέργειας με την μέθοδο δοκιμής λάθους καθώς δεν μπορούμε να υπερβούμε το συνολικό αριθμό (38) των θερμοφωτοβολταικων συλλεκτών. Το ποσοστό συνεισφοράς του βοηθητικού συστημάτων κατά τη περίοδο θέρμανσης για την κάλυψη του μέγιστου φορτίου ανέρχεται έως 20%.

Υπολογισμός προσφερόμενης ενέργειας στους εναλλάκτες θερμότητας (fan coils) ***(Τοτεε 20701-1).***

Συντελεστής απόδοσης εναλλάκτων $\mathbf{n_{em.t}} = \dfrac{n_{em}}{f_{im} \cdot f_{rad} \cdot f_{hydr}}$ & $\mathbf{Q_{fan\ coils}} = \dfrac{Q_{\theta X}}{n_{em.t}}$

Όπου

n_{em} η απόδοση ακτινοβολίας των τερματικών μονάδων και ίση με **0.93**.
f_{rad} ο παράγοντας αποτελεσματικότητας ακτινοβολίας εναλλακτών, ίσος με **1**.
f_{im} ο παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας, ίσος με **0.97**.
f_{hydr} ο παράγοντας υδραυλικής ισορροπίας του συστήματος ο οποίος λαμβάνεται ίσος με **1.03**.

Με αποτελέσματα των συναρτήσεων **$n_{em,t} \approx$ 0.93** και **$Q_{fan\ coils} \approx$ 40.6 kWh/day**.

Υπολογισμός των απωλειών του δικτύου διανομής θερμού νερού για Θ.Χ. ***(Τοτεε 20701-1).***

Η ενεργειακές απώλειες είναι ίσες με $\mathbf{Q_{LN\ hot}= t_{LN\ h} \bullet Q_{\Sigma\ h} \bullet l_{d\ h}}$

και $\mathbf{Q_{\Sigma\ h} = \Psi_{d\ h} \bullet [T_{i\ h} - T_{a(in)}]}$

και από το ισοζύγιο ενέργειας $\mathbf{Q_{Hot} = Q_{LN\ hot} + Q_{fan\ coils}}$

Όπου

$t_{LN\ h}$ η χρονική διάρκεια λειτουργίας του δικτύου λαμβάνεται ίση με την δεδομένη χρονική διάρκεια λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης για τον δυσμενέστερο μήνα του χρόνου (Δεκέμβριος) και ίση περίπου με **0.5 day**.

$Q_{\Sigma\ h}$ οι γραμμικές απώλειες του δικτύου **[kW/m]**.
$l_{d\ h}$ το ολικό μήκος του δικτύου το οποίο ύστερα από διεξαγωγή καταγραφής του ήδη υπάρχον και την πιθανή προσαύξηση του με βάση το σημείο επιλογής τοποθέτησης του Δοχείου του θερμού νερού για ΘΧ λαμβάνεται περίπου ίσο με **60 m**.
$\Psi_{d\ h}$ η γραμμική θερμική μετάδοση για πλαστικούς σωλήνες διαμέτρου ίση με 22mm και πάχος μόνωσης ίσο με 9 mm η οποία λαμβάνεται ίση με **0.00025 [kW/mK]**.
$T_{i\ h}$ η μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης, η θερμοκρασία του μέσου διάδοσης λαμβάνεται ίση με **65^o C**.
$T_{\alpha(in)}$ η θερμοκρασία του χώρου διέλευσης η οποία λαμβάνεται ίση με την χειμερινή θερμοκρασία των ορίων θερμικής άνεσης **19^o C** καθώς περισσότερο από το 90% του δικτύου διανομής βρίσκεται εντός του κτιριακού συνόλου.

Από την εφαρμογή των τύπων $\mathbf{Q_{LN\ hot} \approx 0.46}$ **kWh/day** & $\mathbf{Q_{Hot} \approx 41.11}$ **kWh/day**.

Υπολογισμός απωλειών βάση των επιλεγόμενων διαστάσεων του δοχείου θερμού νερού για ΘΧ ***(RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1).***

Για τον υπολογισμό του απωλειών του δοχείου αποθήκευσης θα πρέπει πρώτα να γίνει η επιλογή του καταλληλότερου δοχείου, η επιλογή του οποίου μπορεί να γίνει είτε από εμπορικά διαθέσιμα δοχεία είτε από το επιθυμητό δοχείο που θα κατασκευαστεί για την εν λόγω εφαρμογή. Για την σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος θα θεωρηθούν ως ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του μέσου διανομής οι 70 και 90^o C αντίστοιχα.

Η εξωτερική ακτίνα του δοχείου αποθήκευσης $\mathbf{R_{2,sb}=R_{1,sb}+2\bullet L_{m,sb}}$

Όπου

$\mathbf{R_{1,sb}}$ η εσωτερική ακτίνα του δοχείου η οποία θεωρήθηκε ίση με **0.7 m**.
$\mathbf{L_{m,sb}}$ το πάχος της μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) το οποίο θεωρήθηκε ίσο με **0.1m**.
Οι θερμικές απώλειες του δοχείου αποθήκευσης του μέσου διανομής για ΘΧ δίνονται από την σχέση:

$$\mathbf{Q_{LB\ solar}} = \frac{k_{sb}\bullet(2\bullet\pi\bullet L_{sb})\bullet(T_{S,sb}-T_{a(out)})}{\ln\left(\frac{R_{2,sb}}{R_{1,sb}}\right)+(k_{sb}/(h_{t,sb}\bullet R_{2,sb}))} \quad \text{σε } \mathbf{[kWh/d]}$$

Όπου

$\mathbf{L_{sb}}$ το ύψος της κυκλικής δεξαμενής το οποίο το θεωρήσαμε ίσο με **3m**.
$\mathbf{k_{sb}}$ η θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης (υαλοβάμβακας η πετροβάμβακας) του θερμοδοχείου για την μέση θερμοκρασία στην διεπιφάνεια μεταξύ του δοχείου και της μονώσεως του, ίση με περίπου με **0.65 [W/m ^{o}C]**.
$\mathbf{T_{S,sb}}$ η μέση θερμοκρασία στην διεπιφάνεια της δεξαμενής και της μόνωσης της η οποία θα θεωρηθεί ίση με την μέση θερμοκρασία του νερού (μέση θερμοκρασία του μέσου διανομής) στο θερμοδοχείο και ίση με **80^o C**.
$\mathbf{T_{a(out)}}$ η θερμοκρασία του χώρου τοποθέτησης του δοχείου, λόγο της έλλειψης διαθέσιμου χώρου εντός του κτιριακού συνόλου τα θερμοδοχεία θα τοποθετηθούν σε εξωτερικό χώρο. Οπότε και η θερμοκρασία θα είναι ίση με την μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου η οποία για τον μήνα Δεκέμβριο είναι περίπου **9^o C**.
$\mathbf{h_{t,sb}}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της μονώσεως ίσος με **15.1 [Kj/ m^2 hr ^{o}C]**.

Η εφαρμογή του τύπου έχει σαν αποτέλεσμα $\mathbf{Q_{LB\ solar}}\approx$ **19.38 [kW/day]** οι οποίες είναι οι ημερήσιες απώλειες του θερμοδοχείου για την περίοδο ενός εικοσιτετραώρου.

Από το ισοζύγιο ενέργειας ***για 20% συνεισφορά του βοηθητικού συστήματος*** και χρήση μόνο ενός θερμοδοχείου για ΘΧ (το επιθυμητό είναι η χρήση ενός θερμοδοχείου γιατί θέλουμε την μικρότερη δυνατή επιφάνεια για μείωση των θερμικών απωλειών) έχουμε ότι:

$$\mathbf{Q_{tHot} = Q_{LB\ solar} + Q_{Hot}}$$

όπου από την εφαρμογή του ισοζυγίου $\mathbf{Q_{tHot} \approx 60.49}$ **[kWh/day]**. Εκ των οποίων το 80% θα προέρχεται από το ηλιακό σύστημα: $\mathbf{Q_{tHot(80\%)} \approx 48.39}$**[kWh/day]**.

Υπολογισμός του χρόνου αυτονομίας του θερμοδοχείου ***(RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1).***

Χρόνος Αυτονομίας του θερμοδοχείου $\mathbf{\Delta t_{sb} = \frac{V_{sb} \bullet p \bullet c \bullet \Delta T_{sb}}{Q_{tHot}}}$ σε **[days]** .

<u>*Όπου*</u>

<u>$\mathbf{V_{sb}}$</u> ο όγκος του θερμοδοχείου σε **[m^3]** και $\mathbf{V_{sb} = R_{1,sb}^2 \bullet L_{sb} \bullet \pi}$ όπου $\mathbf{V_{sb} \approx 4.62\ m^3}$.

<u>$\mathbf{\Delta T_{sb}}$</u> Η ανεκτή θερμοκρασιακή διαφορά στο Δοχείο η οποία επιλέχθηκε ίση με διαφορά της μέσης (80^o C) με την μέγιστη επιθυμητή θερμοκρασία (90^o C) του μέσου διάδοσης ώστε μετά την πάροδο του χρόνου αυτονομίας να μπορεί να δώσει ακέραια την απαιτούμενη θερμότητα για θέρμανση στις επιθυμητές θερμοκρασίες λειτουργίας του μέσου διανομής, με $\mathbf{\Delta T_{sb} = 10^o\ C}$.

Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε $\mathbf{\Delta t_{sb} \approx 0.89}$ **[days]** το οποίο μεταφράζεται ότι μετά από πλήρη απουσία ηλιοφάνειας μπορεί να δώσει κατά την διάρκεια της ημέρας εκείνης το πλήρες ημερήσιο φορτίο για την δυσμενέστερη περίοδο μέχρι και σε χρόνο 0.89 d.

Υπολογισμός της απαιτούμενης ποσότητας & ενέργειας για ΖΝΧ ***(Τοτεε 20701-1)***

Δεδομένης της έλλειψης διαθέσιμων στοιχείων για τις ποσότητες ΖΝΧ, η εκτίμηση της ποσότητας έγινε με βάση την δυσμενέστερη περίπτωση υπολογισμού από τα διαθέσιμα δεδομένα από τις τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδος.

$\mathbf{V_{ZNX} = max\{V_{T\,N}, V_{T\,\Delta E}\}}$ όπου $\mathbf{V_{T\,N} = N \bullet V_N}$ **&** $\mathbf{V_{T\,\Delta E} = A_{\Delta E} \bullet V_{\Delta E}}$

<u>*Όπου*</u>

<u>$\mathbf{V_{ZNX}}$</u> η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ΖΝΧ σε **m^3.**

$V_{T\ N}$ & V_N η ολική και η κατ' άτομο κατανάλωση ΖΝΧ στο κτίριο με **V_N = 50 [lt/άτομο/day]**.

$V_{T\ \Delta E}$ & $V_{\Delta E}$ η ολική κατανάλωση ΖΝΧ για το σύνολο των τετραγωνικών του κτιρίου και η κατανάλωση ΖΝΧ, για το κτίριο αναφοράς, ανά εμβαδόν όπου **$V_{\Delta E}$= 2.5 [lt/m2/day]**.

N ο αριθμός των ατόμων του κτιρίου **N= 7**

$A_{\Delta E}$ το συνολικό εμβαδών του υπό μελέτη κτιρίου **$A_{\Delta E}$= 235.6 m^2**

Όποτε από τους τύπους **$V_{ZNX} \approx 0.59\ m^3$**

Η απαιτούμενη ενέργεια για ΖΝΧ **$Q_{ZNX} = V_{ZNX} \bullet p \bullet C \bullet (T_{w,ZNX}-T_{in})$** σε **[days]**

Όπου

$T_{w,ZNX}$ η μέση θερμοκρασία του ΖΝΧ , ίση με **47.5^o C.**

T_{in} η θερμοκρασία νερού δικτύου, ίση με **17.2^o C.**

οπότε **$Q_{ZNX} \approx$ 20.82 [kWh/day] .**

Υπολογισμός των απωλειών του δικτύου διανομής θερμού νερού για ΖΝΧ (Τοτεε 20701-1).

Η ενεργειακές απώλειες είναι ίσες με **$Q_{LN\ ZNX} = t_{LN\ ZNX} \bullet Q_{\Sigma\ ZNX} \bullet l_{d\ ZNX}$**

και **$Q_{\Sigma\ ZNX} = \Psi_{d\ ZNX} \bullet [T_{i\ ZNX} - T_{a(in)}]$**

και από το ισοζύγιο ενέργειας **$Q_{B\ ZNX} = Q_{LN\ ZNX} + Q_{ZNX}$**

Όπου

$t_{LN\ ZNX}$ η χρονική διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου λαμβάνεται ίση με την δεδομένη χρονική διάρκεια λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης για τον δυσμενέστερο μήνα του χρόνου (Δεκέμβριος) και ίση περίπου με 0.04 **day.**

$Q_{\Sigma\ ZNX}$ οι γραμμικές απώλειες του δικτύου σε **[kW/m].**

$l_{d\ ZNX}$ το ολικό μήκος του δικτύου το οποίο ύστερα από διεξαγωγή καταγραφής του ήδη υπάρχον και την πιθανή προσαύξηση του με βάση το σημείο επιλογής τοποθέτησης του Δοχείου του θερμού νερού για ΘΧ λαμβάνεται ίσο με 20 **m.**
$\Psi_{d\ ZNX}$ η γραμμική θερμική μετάδοση για χάλκινους σωλήνες διαμέτρου ίση με 22mm και πάχος μόνωσης ίσο με 9 mm η οποία λαμβάνεται ίση με 0.00025 **[kW/mK].**
$T_{i\ ZNX}$ η μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης, η θερμοκρασία του μέσου διάδοσης λαμβάνεται ίση με 47.5^{o} **C**.

Από την εφαρμογή των τύπων έχουμε **$Q_{LN\ ZNX} \approx$ 0.0061 kWh/day**

& $Q_{B\ ZNX} \approx$ 20.83 kWh/day.

***Υπολογισμός απωλειών βάση των επιλεγόμενων διαστάσεων του θερμοδοχείου για ZNX** (RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1)*

Για τον υπολογισμό του απωλειών του δοχείου αποθήκευσης θα πρέπει πρώτα να γίνει η επιλογή του καταλληλότερου δοχείου, η επιλογή του οποίου μπορεί να γίνει είτε από εμπορικά διαθέσιμα δοχεία είτε από το επιθυμητό δοχείο που θα κατασκευαστεί για την εν λόγο εφαρμογή. Για την σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος θα θεωρηθούν ως ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του ZNX οι 50 και 45^{o} C αντίστοιχα.

Η εξωτερική ακτίνα του δοχείου αποθήκευσης **$R_{2,ZNX}=R_{1,ZNX}+2\bullet L_{m,ZNX}$**

Όπου

$R_{1,ZNX}$ η εσωτερική ακτίνα του δοχείου η οποία θεωρήθηκε ίση με **0.7 m.**
$L_{m,ZNX}$ το πάχος της μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) το οποίο θεωρήθηκε ίσο με **0.1m.**

Οι θερμικές απώλειες του Θερμοδοχείου ZNX

$$Q_{LB\ ZNX} = \frac{k_{ZNX}\bullet(2\bullet\pi\bullet L_{ZNX})\bullet(T_{S,ZNX}-T_{a(out)})}{\ln\left(\frac{R_{2,ZNX}}{R_{1,ZNX}}\right)+(k_{ZNX}\,/(h_{t,ZNX}\bullet R_{2,ZNX}))} \quad \text{σε [kWh/d]}$$

Όπου

L_{ZNX} το ύψος της κυκλικής δεξαμενής το οποίο το θεωρήσαμε ίσο με **3m.**
k_{ZNX} η θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης (υαλοβάμβακας η πετροβάμβακας) του θερμοδοχείου για την μέση θερμοκρασία στην διεπιφάνεια μεταξύ του δοχείου και της μονώσεως του, ίση με περίπου με **0.52 [W/m ^{o}C].**
$T_{S,ZNX}$ η μέση θερμοκρασία στην διεπιφάνεια της δεξαμενής και της μόνωσης της η οποία θα θεωρηθεί ίση με την μέση θερμοκρασία του νερού (μέση θερμοκρασία του μέσου διανομής) στο θερμοδοχείο και ίση με **47.5^{o} C.**
$h_{t,ZNX}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της μονώσεως ίσος με **15.1 [Kj/ m^2 hr ^{o}C]**
Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε σαν αποτέλεσμα **$Q_{LB\ ZNX} \approx$ 8.68 [kW/day]** οι οποίες είναι οι ημερήσιες απώλειες του θερμοδοχείου για την περίοδο ενός εικοσιτετραώρου.

Από το ισοζύγιο ενέργειας για ZNX έχουμε ότι:

$$\mathbf{Q_{tZNX} = Q_{LB\ ZNX} + Q_{ZNX}}$$

όπου από την εφαρμογή του ισοζυγίου **$Q_{tZNX} \approx$ 29.51 [kWh/day].** Εκ των οποίων το 80 % αυτού θα προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια: **$Q_{tZNX(80\%)} \approx$ 23.61 [kWh/day].**

***Υπολογισμός του χρόνου αυτονομίας του θερμοδοχείου** (RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1).*

Χρόνος Αυτονομίας του θερμοδοχείου $\mathbf{\Delta t_{sb}} = \frac{\mathbf{V_{sb} \bullet p \bullet c \bullet} \Delta T_{sb}}{\mathbf{Q_{tHot}}}$ σε **[days]** .

Όπου

V_{sb} ο όγκος του θερμοδοχείου σε **[m^3]** και **$V_{sb} = R_{1,sb}{}^2 \bullet L_{sb} \bullet \pi$** όπου **$V_{sb} \approx 4.62$ m^3**.
ΔT_{sb} Η ανεκτή θερμοκρασιακή διαφορά στο Δοχείο η οποία επιλέχθηκε ίση με διαφορά της ελάχιστης (45 C) με την μέγιστη επιθυμητή θερμοκρασία (50^{o} C) του μέσου διάδοσης ώστε μετά την πάροδο του χρόνου αυτονομίας να μπορεί να δώσει ακέραια την απαιτούμενη θερμότητα για θέρμανση στις επιθυμητές θερμοκρασίες λειτουργίας του μέσου διανομής, με **ΔT_{sb} = 5^{o} C**.

Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε **$\Delta t_{sb} \approx$ 0.91 [days]** το οποίο μεταφράζεται ότι μετά από πλήρη απουσία ηλιοφάνειας μπορεί να δώσει ΖΝΧ με ελάχιστη θερμοκρασία τους 45^{o}C σε διάστημα 0,91 d.

Υπολογισμός των απωλειών του υδραυλικού δικτύου των ηλιακών συλλεκτών

Η ενεργειακές απώλειες είναι ίσες με $\mathbf{Q_{LN\ p} = t_{LN\ p} \bullet Q_{\Sigma\ p} \bullet l_{d\ p}}$

και $\mathbf{Q_{\Sigma\ p} = \Psi_{d\ p} \bullet [T_{ip} - T_{a(out)}]}$

Από το ισοζύγιο ενέργειας $\mathbf{Q_{B\ ZNX} = Q_{LN\ ZNX} + Q_{ZNX}}$

Όπου

$\mathbf{t_{LN\ p}}$ η χρονική διάρκεια λειτουργίας του δίκτυο λαμβάνεται ίση με την δεδομένη χρονική διάρκεια ηλιοφάνειας και ίση περίπου με 0.17 day.
$\mathbf{Q_{\Sigma\ p}}$ οι γραμμικές απώλειες του δικτύου σε **[kW/m].**
$\mathbf{l_{d\ p}}$ το ολικό μήκος του δικτύου το οποίο ύστερα από διεξαγωγή καταγραφής του ήδη υπάρχον και την πιθανή προσαύξηση του με βάση το σημείο επιλογής τοποθέτησης του Δοχείου του θερμού νερού για ΘΧ λαμβάνεται ίσο με 20 **m.**
$\mathbf{\Psi_{d\ p}}$ η γραμμική θερμική μετάδοση για χάλκινους σωλήνες διαμέτρου ίση με 22mm και πάχος μόνωσης ίσο με 9 mm η οποία λαμβάνεται ίση με 0.00025 **[kW/mK].**
$\mathbf{T_{i\ p}}$ η μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης, η θερμοκρασία του μέσου διάδοσης λαμβάνεται ίση με 80^{o} **C**.

Από την εφαρμογή των τύπων $\mathbf{Q_{LN\ p} \approx}$ **0.355 kWh/day.**

Υπολογισμός απαιτούμενης ηλιακής ενέργειας

Από το ισοζύγιο ενέργειας έχουμε ότι:

$\mathbf{Q_{panel} = Q_{LN\ p} + Q_{tZNX} + Q_{tHot} \approx}$ **72.35 [kWh/day].**

επίσης από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων ηλιακών συλλεκτών έχουμε ότι ο συντελεστής μετατροπής **(n_{panel})** της ηλιακής ενέργειας σε θερμική για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10^{o}C για μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης στους 80^{o}C ανέρχεται σε $\mathbf{n_{panel} = 0.46}$ όπου:

$\mathbf{n_{panel}} = \frac{\mathbf{Q_{panel}}}{\mathbf{Q}_{solar}}$ οπότε με εφαρμογή του τύπου έχουμε $\mathbf{Q_{solar}} \approx$ **157.29 [kWh/day].**

Β3 Υπολογισμός συστήματος ψύξης.

Υπολογισμός προσφερόμενης ενέργειας στους εναλλάκτες θερμότητας (fan coils) ***(Τοτεε 20701-1).***

Συντελεστής απόδοσης εναλλάκτων $\mathbf{n_{em.t}} = \frac{n_{\mathbf{em}}}{\mathbf{f_{im}} \cdot \mathbf{f_{hydr}}}$ & $\mathbf{Q_{fan\ coils}} = \frac{Q_{cool}}{n_{em.t}}$

Όπου

$\mathbf{n_{em}}$ η απόδοση ακτινοβολίας των τερματικών μονάδων και ίση με **0.93.**
$\mathbf{f_{im}}$ ο παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας, ίσος με **0.97.**

$\mathbf{f_{hydr}}$ ο παράγοντας υδραυλικής ισορροπίας του συστήματος ο οποίος λαμβάνεται ίσος με **1.03.**

Με αποτελέσματα των συναρτήσεων $\mathbf{n_{em,t}} \approx$ **0.93** και $\mathbf{Q_{fan\ coils}} \approx$ **49.59 kWh/day.**

Υπολογισμός των απωλειών του δικτύου διανομής ψυχρό νερού ***(Τοτεε 20701-1).***

$\mathbf{t_{LN\ c}}$ η χρονική διάρκεια λειτουργίας του δικτύου ψύξης ίση περίπου με **0.5day.**
$\mathbf{l_{d\ c}}$ το ολικό μήκος του δικτύου ίσο με **50 m.**
$\mathbf{\Psi_{d\ c}}$ η γραμμική θερμική μετάδοση για πλαστικούς σωλήνες διαμέτρου ίση με 22mm και πάχος μόνωσης ίσο με 9 mm η οποία λαμβάνεται ίση με **0.00025 [kW/mK].**
$\mathbf{T_{i\ c}}$ η μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης, η θερμοκρασία του μέσου διάδοσης λαμβάνεται ίση με **7.5^o C**.
$\mathbf{T_{\alpha(in)}}$ η θερμοκρασία του χώρου διέλευσης η οποία λαμβάνεται ίση με την θερινή θερμοκρασία των ορίων θερμικής άνεσης **25^o C.**

Από την εφαρμογή των τύπων $\mathbf{Q_{LN\ c}} \approx$ **0.11 kWh/day & $\mathbf{Q_{t\ cool}} \approx$49.70 kWh/day.**

Υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας για την λειτουργία του Ψύκτη

Ο συντελεστής απόδοσης COP των ψυκτών απορρόφησης, τιμή του οποίου ανέρχεται περίπου σε 0,6. είναι ίσος με $\mathbf{COP} = \frac{Q_{\mathrm{t\,cool}}}{\mathrm{Q_{D\,hot}}}$

με $\mathbf{Q_{D\,hot} \approx 82.83\ kWh/day}$

Υπολογισμός απωλειών βάση των επιλεγόμενων διαστάσεων του δοχείου θερμού νερού (***RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1***).

Για την σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος θα θεωρηθούν ως ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του μέσου διανομής οι 80 και 110^o C αντίστοιχα.

Η εξωτερική ακτίνα του δοχείου αποθήκευσης $\mathbf{R_{2,sb}=R_{1,sb}+2 \bullet L_{m,sb}}$

Όπου

$\mathbf{R_{1,sb}}$ η εσωτερική ακτίνα του δοχείου η οποία θεωρήθηκε ίση με **0.7m**.
$\mathbf{L_{m,sb}}$ το πάχος της μόνωσης (υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας) το οποίο θεωρήθηκε ίσο με **0.1m.**

Οι θερμικές απώλειες του δοχείου αποθήκευσης του μέσου διανομής.

$$\mathbf{Q_{LB\,solar}} = \frac{k_{\mathrm{sb}} \bullet (2 \bullet \pi \bullet \mathrm{L_{sb}}) \bullet (\mathrm{T_{S,sb}} - \mathrm{T_{a(out)}})}{\ln\left(\frac{\mathrm{R_{2,sb}}}{\mathrm{R_{1,sb}}}\right) + (\mathrm{k_{sb}} / (\mathrm{h_{t,sb}} \bullet \mathrm{R_{2,sb}}))} \qquad \text{σε } \mathbf{[KWh/d]}$$

Όπου

$\mathbf{L_{sb}}$ το ύψος της κυκλικής δεξαμενής το οποίο το θεωρήσαμε ίσο με **3m.**
$\mathbf{k_{sb}}$ η θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης (υαλοβάμβακας η πετροβάμβακας) του θερμοδοχείου για την μέση θερμοκρασία στην διεπιφάνεια μεταξύ του δοχείου και της μονώσεως του, ίση με περίπου με **0.65 [W/m ^{o}C].**
$\mathbf{T_{S,sb}}$ η μέση θερμοκρασία στην διεπιφάνεια της δεξαμενής και της μόνωσης της η οποία θα θεωρηθεί ίση με την μέση θερμοκρασία του νερού (μέση θερμοκρασία του μέσου διανομής για την λειτουργία του ψύκτη) στο θερμοδοχείο και ίση με **95^o C.**
$\mathbf{T_{a(out)}}$ η θερμοκρασία του χώρου τοποθέτησης του δοχείου, λόγο της έλλειψης διαθέσιμου χώρου εντός του κτιριακού συνόλου τα θερμοδοχεία θα τοποθετηθούν σε

εξωτερικό χώρο. Οπότε και η θερμοκρασία θα είναι ίση με την μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου η οποία είναι περίπου **27^o C**.

$h_{t,sb}$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της μονώσεως ίσος με **15.1 [Kj/ m^2 hr ^{o}C]**

Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε σαν αποτέλεσμα **$Q_{LB\ solar}$≈ 18.56 [kW/day]** οι οποίες είναι οι ημερήσιες απώλειες του θερμοδοχείου για την περίοδο ενός εικοσιτετραώρου.

Από το ισοζύγιο ενέργειας ***για 0% συνεισφορά του βοηθητικού συστήματος*** και χρήση μόνο ενός θερμοδοχείου για ΘΧ (το επιθυμητό είναι η χρήση ενός θερμοδοχείου γιατί θέλουμε την μικρότερη δυνατή επιφάνεια για μείωση των θερμικών απωλειών) έχουμε ότι **Q_{tHot}≈ 101.57[kWh/day].**

Υπολογισμός του χρόνου αυτονομίας του θερμοδοχείου ***(RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1).***

Ο όγκος του θερμοδοχείου είναι ίσος με **V_{sb}≈4.62 m^3** οπότε:

ΔT_{sb} Η ανεκτή θερμοκρασιακή διαφορά στο Δοχείο η οποία επιλέχθηκε ίση με **ΔT_{sb} = 15^o C**.

Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε **Δt_{sb}≈ 0.80 [days].**

Υπολογισμός της απαιτούμενης ποσότητας & ενέργειας για ΖΝΧ ***(Τοτεε 20701-1)***

για **$T_{w,ZNX}$** η μέση θερμοκρασία του ΖΝΧ , ίση με **47.5^o C** και

T_{in} η θερμοκρασία νερού δικτύου, ίση με **17.2^o C.**

οπότε **Q_{ZNX}≈ 13.61 [kWh/day]**

Υπολογισμός των απωλειών του δικτύου διανομής θερμού νερού για ΖΝΧ. ***(Τοτεε 20701-1)***

Από την εφαρμογή των τύπων έχουμε **$Q_{LN\ ZNX}$≈ 0.0059 kWh/day**

& $Q_{B\ ZNX}$ ≈ 13.61 kWh/day

***Υπολογισμός απωλειών βάση των επιλεγόμενων διαστάσεων του θερμοδοχείου για ZNX** (**RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, Vol. 1**).*

Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε σαν αποτέλεσμα $\mathbf{Q_{LB\ ZNX} \approx 4.62}$ **[kW/day]** οι οποίες είναι οι ημερήσιες απώλειες του θερμοδοχείου για την περίοδο ενός εικοσιτετραώρου.

Από το ισοζύγιο ενέργειας ***για 0% συνεισφορά του βοηθητικού συστήματος*** και χρήση μόνο ενός θερμοδοχείου για ZNX έχουμε ότι:

$$\mathbf{Q_{tZNX} = Q_{LB\ ZNX} + Q_{ZNX}}$$

Από την εφαρμογή του ισοζυγίου $\mathbf{Q_{tZNX} \approx 18.24}$ **[kWh/day]** και ο χρόνος αυτονομίας του θερμοδοχείου ZNX ανέρχεται σε $\mathbf{\Delta t_{ZNX} \approx 1.48}$ **d.**

Υπολογισμός των απωλειών του υδραυλικού δικτύου των ηλιακών συλλεκτών.

$\underline{\mathbf{T_{i\ p}}}$ η μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης, η θερμοκρασία του μέσου διάδοσης λαμβάνεται ίση με 95^{o} **C**.

Από την εφαρμογή των τύπων $\mathbf{Q_{LN\ p} \approx 0.34}$ **kWh/day.**

Υπολογισμός απαιτούμενης ηλιακής ενέργειας

Από το ισοζύγιο ενέργειας έχουμε ότι:

$$\mathbf{Q_{panel} = Q_{LN\ p} + Q_{tZNX} + Q_{tHot} \approx 120.15\ [kWh/day]}$$

Επίσης από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων ηλιακών συλλεκτών έχουμε ότι ο συντελεστής μετατροπής $(\mathbf{n_{panel}})$ της ηλιακής ενέργειας σε θερμική για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10^{o}C για μέση θερμοκρασία του μέσου διάδοσης στους 80^{o}C ανέρχεται σε $\mathbf{n_{panel} = 0.46}$ όπου:

$\mathbf{n_{panel}} = \dfrac{\mathbf{Q_{panel}}}{\mathbf{Q}_{solar}}$ οπότε με εφαρμογή του τύπου έχουμε $\mathbf{Q_{solar} \approx 261.19}$ **[kWh/day].**

Υπολογισμός απαιτούμενων αριθμών υβριδικών θερμο-φωτοβολταικών συλλεκτών για ηλεκτρισμό θέρμανση και ψύξη.

Απαιτούμενος αριθμός συλλεκτών για ηλεκτρική ενέργεια

Για τον υπολογισμό του αριθμού των συλλεκτών για ηλεκτρισμός θα χρησιμοποιήσουμε την σχέση:

$$\boldsymbol{N_{\eta\lambda} = \frac{P_p}{P_{\varphi/\beta}}}$$

όπου $\mathbf{P_{\varphi/\beta}}$**=190 [kWp]** η ονομαστική ηλεκτρική ισχύ των φωτοβολταικών συλλεκτών από την εφαρμογή της σχέσης, με στρογγυλοποίηση προς τα απάνω στον άμεσος μεγαλύτερο ακέραιο, έχουμε $\boldsymbol{N_{\eta\lambda}}$ ***=38 συλλέκτες.***

Απαιτούμενος αριθμός συλλεκτών για θέρμανση

Η συνολική μέση ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του κάθε συλλέκτη είναι :

$$\boldsymbol{H_{t,p} = H_t \bullet E_p}$$

Όπου

$\mathbf{E_p}$ το εμβαδόν της επιφάνειας του συλλέκτη $\mathbf{E_p = L \bullet b}$ όπου **L=1.601m** το μήκος του συλλέκτη και **b=0.828m** το πλάτος του συλλέκτη οπότε $\boldsymbol{H_{t,p}}$ =4.22**[kWh / m^2 / panel].**

Για τον υπολογισμό του αριθμού των συλλεκτών για θέρμανση θα διαιρέσουμε την συνολική απαιτούμενη ηλιακή ενέργεια $\mathbf{Q_{sun}}$**= 157.29 [kWh/d]** δηλ:

$$\boldsymbol{N_{\theta\varepsilon\rho} = \frac{Q_{sun}}{H_{t,p}}}$$

Από την παραπάνω σχέση έχουμε $\boldsymbol{N_{\theta\varepsilon\rho}}$***=38 συλλέκτες*** *(επιλέχθηκε σαν πλήθος των συλλεκτών ο αμέσως μεγαλύτερος ακέραιος αριθμός που προέκυψε από την παραπάνω διαίρεση).*

Απαιτούμενος αριθμός συλλεκτών για ψύξη

Επειδή τα μέγιστα φορτία για τις ανάγκες ψύξης παρουσιάζονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους θα υπολογιστούν για τα μέσα του Αυγούστου όπου και εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των φορτίων ψύξης. Για την διαδικασία αυτή απαιτείται ξανά ο υπολογισμός ορισμένων μεγεθών με την χρήση των προηγούμενων σχέσεων για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο όπως αυτά φαίνονται παρακάτω.

Για **D = 225** για την 15η ημέρα του Αυγούστου, από την εφαρμογή των σχέσεων έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

δ=14.43^o

ω_{ss}=90.62

R_b= 0.96

& **H_t=233.10 [kWh / m^2 / mo] ή H_t=7.77 [kWh / m^2 / d]**

Η συνολική μέση ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του κάθε συλλέκτη είναι όμοια $\boldsymbol{H_{t,p} = H_t \bullet E_p}$ όπου $\boldsymbol{H_{t,p}}$ =10.30 **[kWh / m^2 / panel]**.

Για τον υπολογισμό του αριθμού των συλλεκτών για θέρμανση θα διαιρέσουμε την συνολική απαιτούμενη ηλιακή ενέργεια **Q_{sun}= 261.19 [kWh/d]** δηλ:

$$N_\psi = \frac{Q_{sun}}{H_{t,p}}$$

Από την παραπάνω σχέση έχουμε ***N_ψ=26 συλλέκτες*** (*επιλέχθηκε σαν πλήθος των συλλεκτών ο αμέσως μεγαλύτερος ακέραιος αριθμός που προέκυψε από την παραπάνω διαίρεση).*

Από την ανάλυση του αριθμού των απαιτούμενων συλλεκτών προκύπτει ότι θα χρειαστούν συνολικά **38 υβριδικοί συλλέκτες** για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση-ψύξη και ηλεκτρισμό.

Υπολογισμός της απαιτούμενης επιφάνειας για την τοποθέτηση ενός συλλέκτη

(Φωτοβολταικά Συστήματα, Ι.Ε. Φραγκιαδάκης)

Η απόσταση **$s_{o\varepsilon}$** που αποτελεί την οριζόντια απόσταση από την μπροστινή πλευρά του εμπρόσθιου συλλέκτη (ή συστοιχίας) στο οριζόντιο επίπεδο μέχρι την μπροστινή πλευρά του αμέσως επόμενου οπίσθιου συλλέκτη (ή συστοιχίας) και μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$s_{o\varepsilon}=(r \bullet \sin\beta+\cos\beta) \bullet b$$

<u>Όπου</u>

<u>r</u> ο λόγος που εκφράζει το ανεκτό ποσοστό ετήσιων ηλιακών απωλειών από την σκίαση των ιδίων των συλλεκτών μεταξύ τους, για την περιοχή του Ηρακλείου επιλέχθηκε r = 2 όπου εκφράζει ανεκτές ετήσιες απώλειες της τάξεως του 4%.

Από την εφαρμογή της παραπάνω σχέσης προκύπτει ότι $\mathbf{s_{οε} = 1.55m}$.

Η απαιτούμενη επιφάνεια για την τοποθέτηση ενός συλλέκτη ισούται με:

$$A_{τ,p} = s_{οε} \bullet L = 2.47m^2$$

Το εμβαδό αυτό είναι ενδεικτικό καθώς η τοποθέτηση στο εν λόγο κτίριο έγινε σε πέντε (5) οριζόντιες βαθμίδες σε διάφορα σημεία του κτιρίου γιατί δεν δύναται να τοποθετηθούν όλοι οι συλλέκτες άνωθεν του κύριου δώματος.

Βιβλιογραφία

Akash Singh, Mohd. Alam Khan Jhhi Guar and Grishma Gupta, Thermal insulation of energy efficient buildings.

ASHRAE Fundamentals Handbook, (2005), Chapter 8, Thermal Comfort.

ASHRAE Fundamentals Handbook, (2005), Chapter 30, Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations.

ASHRAE Fundamentals Handbook, (2005), Chapter 27, Ventilation and Infiltration

ASHRAE Fundamentals Handbook, (2005), Chapter 31, Fenestration.

ASHRAE HVAC Fundamentals Handbook, (2005), Chapter 32, Energy Estimating and Modeling Methods.

ASHRAE Handbook — HVAC Systems and Equipment (SI), (2008), Chapter 5, In-Room Terminal Systems.

ASHRAE Handbook — HVAC Systems and Equipment (SI), (2008), Chapter 4, Air Handling and Distribution.

ASHRAE Handbook — HVAC Systems and Equipment (SI), (2008), Chapter 48, Unitary Air Conditioners and Heat Pumps.

ASHRAE (2001), Ventilation for acceptable indoor air quality, ANSI / ASHRAE Standard 62-2001.

Αξάρλη Κ. (2009), Γενικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Beausoleil-Morrison, I., (1996), BASECALC A Software Tool for Modelling Residential - Foundation Heat Losses, Proc. pp. 117-126, Third Canadian

Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Montréal Canada.

Beausoleil-Morrison, I., Mitalas, G., (1997), BASESIMP: A Residential-Foundation Heat-Loss Algorithm for Incorporating into Whole-Building Energy-Analysis Programs, Building Simulation ’97, International Building Performance Simulation Association, Vol. 2, pp. 1-8, Prague Czech Republic.

Geoffrey H. Donovan, David T. Butry (2009), Energy and Buildings- The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use.

Google Earth, Version 7.0.3.8542

Hassan E. S. Fath, Renewable energy systems and desalination Vol. I - *Thermal Energy Storage.*

Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Βρυξέλλες 8.3.2006, (COM(2006) 105), Πράσινη Βίβλος, Ευρωπαϊκή στρατηγική για αειφόρο, ανταγωνιστική και ασφαλή ενέργεια.

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Αθήνα 4 Ιουλίου 1979, (Φ.Ε.Κ. 362/ 1979), Διάταγμα Περί εγκρίσεως κανονισμού για την θερμομόνωση των κτιρίων.

Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, (98/C 394/01), Ψήφισμα του συμβουλίου της 7ης Δεκεμβρίου 1998, για την ενεργειακή απόδοση στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα.

Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Οδηγία, 93/76/ΕΟΚ, του συμβουλίου της 13ης Σεπτεμβρίου 1993, Για τον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE).

Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Οδηγία, 89/106/ΕΟΚ, του συμβουλίου της 21ης Δεκεμβρίου 1988, Για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών.

Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Οδηγία, 2002/91/ ΕΟΚ, του συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002, Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Κολοκοτσά Δ. (2010), Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης διεθνής εμπειρία και μελέτες περίπτωσης.

Kreider, J.F, Curtiss, P.S., Rabl, A., (2002), Heating and Cooling of Buildings, Design for Efficiency, Second Edition, McGraw- Hill, New York.

Klein, S.A., Duffie, J.A., Beckman, W.A., (2007), TRNSYS - A Transient System Simulation Program User Manual - Version 16.1, University of Wisconsin, Madison, The Solar Energy Laboratory, US.

Λάζαρη Ε. & Τζανακάκη Ε. (2002), Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής.

Λύτρας Κ. (2006), Θεσμικό πλαίσιο νέα προσέγγισης για την χρήση κατάλληλων δομικών προϊόντων σε κτιριακά έργα με κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας, Κ.Α.Π.Ε.

Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Οδηγία 92/42/ΕΟΚ, του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1992, Σχετικά με τις απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα.

Τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701-1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

Τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701-2/2010, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων.

Τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701-3/2010, Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών.

Τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701-4/2010, Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων, εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού.

Τζανακάκη Ε. (2006), Βιοκλιματικά και Ενεργειακά Αποδοτικά κτίρια στην Ελλάδα, Ημερίδα Ε.Δ.Ε.Μ., Κ.Α.Π.Ε.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF SOLAR ENERGY SYSTEMS RESULTS FROM A LIFE CYCLE ANALYSIS V.Gekas, N.Frantzeskaki and T.Tsoutsos Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete, Chania & Centre for Renewable Energy Sources (CRES)

Jebaraj, S. Iniyan, S., (2006), A review of energy models, Vol. 10, No. 4, pp. 281 - 311, Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Meteonorm software, meteonorm is a comprehensive meteorological reference, incorporating a catalogue of meteorological data and calculation procedures for solar applications and system design at any desired location in the world. It is based on over 25 years of experience in the development of meteorological databases for energy applications http://meteonorm.com .

The MathWorks, Inc., (2007), Getting started with MATLAB. Natick, Mass., US.

EnergyPlus, (2007), U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Building Technologies, [www.energyplus.gov], 11/8/2011.

EnergyPlus, (2010), Getting Started with EnergyPlus, Basic Concepts Manual - Essential Information You Need about Running EnergyPlus, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Building Technologies, 12/10/2010, [www.energyplus.gov], 11/8/2011.

EnergyPlus, (2010), Input Output Reference, The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Building Technologies, 11/11/2010, [www.energyplus.gov], 11/8/2011.

EnergyPlus, (2010), Output Details and Examples, EnergyPlus Outputs (including error messages), Example Inputs and Data Set Files, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Building Technologies, 11/10/2010, [www.energyplus.gov], 11/8/2011.

EnergyPlus, (2005), Guide for Interface Developers, Everything You Need to know about EnergyPlus Input and Output, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Building Technologies, 21/ 4/2005, [www.energyplus.gov], 11/8/2011.

Σεμινάριο ηλιακού κλιματισμού, Πολυτεχνείο Κρήτης–Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο ανανεώσιμων και βιώσιμων ενεργειακών συστημάτων.

Ημερίδα Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος- Τμήμα Δυτικής Κρήτης, Εφαρμογές ηλιακού κλιματισμού-Το κοινοτικό έργο Solco, Θ. Τσούτσος, Πολυτεχνείο Κρήτης –Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο ανανεώσιμων και βιώσιμων ενεργειακών συστημάτων.

S. Sadrzadehrafiei, K. Sopian, C. Lim (2007), Application of advanced glazing to mid-rise office buildings in Malaysia.

Joakim Karlsson (2001), Windows – Optical Performance and Energy Efficiency.

Φραγκιαδάκης Ι., 2009, Φωτοβολταικά συστήματα, 3η έκδοση.

Yin Hang, Ming Qu et al (2010), The impact of hot and cold storages on a solar absorption cooling system for an office building.

Wim G. J. van Helden, Ronald J. Ch. van Zolingen et al, (2004). Progress in photovoltaics: Research and applications - PV Thermal Systems: PV Panels Supplying Renewable Electricity and Heat.

www.zerobuildings.com , The Homepage of Net Zero Energy Buildings.

www.statistics.gr Δημογραφικά στοιχεία για την την κτιριακή κατάσταση στην Ελλάδα.

www.wikipedia.org. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.