



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Α.Ευταξίας

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣΙΑ

Δημήτριος Λ.Ευταξίας

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Ιουλίου 2015

.....

Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Χάρης Δούκας

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015

.....
Ευταξίας Λ. Δημήτριος

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

Copyright © Ευταξίας Λ. Δημήτριος 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Πρόλογος

Αντικείμενο της διπλωματικής είναι η ενεργειακή επιθεώρηση για συγκρότημα πολυκατοικιών στην περιοχή της Λιβαδειάς του νομού Βοιωτίας και την παρουσίαση προτάσεων με κατεύθυνση την πράσινη ανάπτυξη.

Η διπλωματική εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 υπό την επίβλεψη του κ.Ιωάννη Ψαρρά, καθηγητή του Ε.Μ.Π. της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, στον οποίο και οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες.

Δε θα μπορούσα να λησμονήσω και να ευχαριστήσω την Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, διδάκτορα του Ε.Μ.Π. η οποία μου στάθηκε άριστη οδηγός με την συνεχή καθοδήγηση της.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξή της καθ'όλη την διάρκεια της σταδιοδρομίας μου και ιδιαίτερα τον πατέρα μου του οποίου και αφιερώνω την παρούσα διπλωματική.

Αθήνα, Ιούλιος 2015

Δημήτριος Λ. Ευταξίας

Περίληψη

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και η μείωση των εκπομπών αερίων, τα οποία είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ένα μείζον ζήτημα που απασχολεί σύσσωμη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Ένας από τους τομείς με μεγάλες προοπτικές εφαρμογής δράσεων προς αυτή την κατεύθυνση είναι ο κτιριακός, ο οποίος σύμφωνα με μελέτες ευθύνεται για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Στη χώρα μας, ο κτιριακός τομέας, σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, βρίθκει προβλημάτων λόγω της απουσίας στοιχειωδών μέτρων στα περισσότερα κτίρια και ιδιαίτερα σε όσα ανεγέρθησαν πριν το 1979, οπότε και ετέθη σε εφαρμογή ο πρώτος κανονισμός θερμομόνωσης. Σε μια προσπάθεια να αντιστραφεί αυτή η κατάσταση, το 2010 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) καθορίζοντας την επίσημη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στην Ελλάδα.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι, αρχικά, να εξετάσει τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις υφιστάμενου συγκροτήματος πολυκατοικιών και, έπειτα, να αναλύσει διαφορετικές περιπτώσεις επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και συνδυασμό αυτών, κυρίως σε ό,τι αφορά στον τομέα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης. Ως μελέτη περίπτωσης επιλέχθηκε συγκρότημα πολυκατοικιών αποτελούμενο από 4 τετράωρες πολυκατοικίες και 40 συνολικά διαμερίσματα την Λιβαδειά, κατασκευασμένη το 2002. Καθώς δεν πρόκειται για παλιά αμόνωτη κατοικία, έχει ενδιαφέρον να αποτυπωθεί η συμβολή της κάθε επέμβασης ή και συνδυασμού και να προταθεί τελικά η επέμβαση ή ο συνδυασμός που επιφέρει τα καλύτερα επίπεδα εξοικονόμησης αλλά και απόσβεσης του αρχικού κόστους επένδυσης.

Η εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Στο πρώτο αναλύονται τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο συγκρότημα πολυκατοικιών. Η διαδικασία της επιθεώρησης άφορα την καταγραφή του εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, τη διεξαγωγή μετρήσεων με θερμοκάμερα και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο τρίτο μέρος προτείνονται δράσεις για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου και αξιολογούνται με οικονομικά κριτήρια.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή Επιθεώρηση, Ενεργειακή Αποδοτικότητα, Εξοικονόμηση Ενέργειας σε συγκρότημα πολυκατοικιών, Προσδιορισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας, Θερμοκάμερα, Επεμβάσεις Ενεργειακής βελτίωσης.

Abstract

Ways of improving energy performance and ways to decrease gas emissions, both being causes of the “Greenhouse Effect” and amongst the top priorities in the E.U.. A sector that shows high perspective in implementing some solutions toward this goal is housing, which according to studies is responsible for 40% of total energy consumption in both national and European level.

In our country, the building sector - compared to other European countries - is of poor standards due to the lack of appropriate regulations in the past, especially for buildings erected prior to 1979 when thermal regulation was first implemented. In an effort to reverse this situation, the Regulation of Energy Performance of Buildings (KENAK) was issued in 2010 in order to define a formal energy audit procedure in Greece.

The objective of this thesis is, first, to consider the energy requirements and consumption of existing buildings complex and then to analyze different cases of energy saving interventions, and combination of them, particularly concerned in the field of heating and hot water. As a case study was selected buildings complex consisting of 4 storey buildings and a total of 40 apartments in Livadia, built in 2002. As there is not an unprotected high house, it is interesting to see the reflect of the contribution of each intervention or combination and finally offered surgery or combination that brings the best level of savings and the amortization of the initial investment cost.

This thesis consists of three main parts. The first analyzes the heating, ventilation and air conditioning used in Europe. The second part presents the energy audit which took place in apartment buildings complex. The inspection process includes registering the equipment and assessing the energy consumption of the building, calculating the average U-value of the building envelope, conducting measurements with a thermal camera and studying the results. In the final part, measures are being proposed in order to improve the energy efficiency of the building and evaluating them according to several economic criteria.

Keywords: Heating, Ventilation and Air-Conditioning system (HVAC), Energy Efficiency, Energy Audit in existing buildings complex, Thermal building envelope, energy saving and efficiency in buildings, Interventions of energy improvement in buildings, Thermal Camera, Interventions in Energy Improvement, Net Presented Value (NPV).

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	13
1.1 Σκοπός/Αντικείμενο	16
1.2 Φάσεις Υλοποίησης.....	17
1.3 Οργάνωση Τόμου	18
Κεφάλαιο 2. Τεχνολογίες Θέρμανσης/Ψύξης που εφαρμόζονται στην Ευρώπη.....	21
2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Τεχνολογίες Τηλεθέρμανσης και Τηλέψύξης	24
2.2.1 Ηλιακή Τηλεθέρμανση	24
2.2.2 Εποχιακή Αποθήκευση	25
2.2.3 Ηλεκτρικό Λέβητα.....	26
2.2.4 Αντλίες θερμότητας.....	27
2.2.5 Μετροπή αποβλήτων σε ενέργεια για τηλεθέρμανση	28
2.2.6 Ρινίσματα ξύλου (Τηλεθέρμανση λέβητα,καύση ρινισμάτων)	30
2.2.7 Φυσικό αέριο (τηλεθέρμανση λέβητα, καύση αερίου)	31
2.2.8 Γεωθερμία	32
2.2.9 Συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ)	33
2.2.10 Ψύξη.....	34
2.3 Βιομηχανικές Τεχνολογίες.....	35
2.3.1 Βιομηχανικά Συστήματα Θερμότητας	35
2.3.2 Βιομηχανικά Συστήματα Ψύξης.....	37
2.4 Οικιακές τεχνολογίες.....	39
2.4.1 Λέβητας φυσικού αερίου(και πετρελαίου)	39
2.4.2 Ηλιακά θερμικά συστήματα θέρμανσης	40
2.4.3 Κλιματισμός σε κτίρια	41
2.4.4 Αντλίες θερμότητας.....	42
Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών .	47
3.1 Περιγραφή του υπό μελέτη συγκροτήματος.....	49
3.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	53
3.3 Κατανάλωση πετρελαίου	55
3.4 Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης συγκροτήματος.....	56

3.5 Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά διαμέρισμα	57
3.6 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής περατότητας κτιρίου	62
3.6.1 Μεθοδολογία υπολογισμού	62
3.6.1.1 Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας.....	62
3.6.1.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	65
3.6.1.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δοκιμών στοιχείων	66
3.6.1.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας	66
3.6.1.5 Παρατηρήσεις –Διευκρινίσεις	67
3.6.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου	68
3.6.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου	73
Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό ..	75
4.1 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας	77
4.1.1 Γενικά στοιχεία	77
4.1.2 Όργανα, πειραματική διάταξη και μεθοδολογία πειράματος.....	77
4.1.3 Αποτελέσματα μετρήσεων	80
4.1.3.1 Πλυντήρια ρούχων	80
4.1.3.2 Πλυντήρια πιάτων	85
4.1.3.3 Ψυκτικές συσκευές.....	88
4.1.3.4 Υπολογιστές και εξοπλισμός γραφείου	93
4.1.3.5 Τηλεοράσεις	95
4.1.3.6 Λαμπτήρες.....	96
4.1.3.7 Κλιματιστικά	96
4.1.3.8 Συσκευές κουζίνας.....	100
4.1.3.9 Λοιπές συσκευές.....	101
4.2 Θερμογράφηση	102
4.2.1 Εισαγωγή	102
4.2.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας	102
4.2.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών	103
4.2.4 Ιδανικές συνθήκες θερμογράφησης.....	103
4.2.5 Θερμογέφυρες	104
4.2.6 Θερμοκάμερα	107

4.2.7 Διεξαγωγή των μετρήσεων	108
4.2.8 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφήματων	109
4.2.8.1 Θερμογράφιση κελύφους.....	109
4.2.8.2 Εσωτερική Θερμογράφιση	112
Κεφάλαιο 5. Προτάσεις Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης	115
5.1 Εισαγωγή.....	117
5.2 Κριτήρια επιλογής	117
5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ-NPV)	118
5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA-IRR)	118
5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EPA-DPB).....	119
5.3 Προτεινόμενες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας	119
5.3.1 Δράσεις για την θέρμανση/ψύξη του συγκροτήματος.....	119
5.3.1.1 Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών.....	120
5.3.1.2 Συστήματα COMBI (Ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση χώρων).....	123
5.3.1.3 Εγκατάσταση φυσικού αερίου	128
5.3.1.4 Εγκατάσταση βιομάζας.....	130
5.3.1.5 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας(Γ.Α.Θ.)	132
5.3.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών στην οροφή του κτιρίου	139
5.3.3. Προτεινόμενος Συνδιασμός Επεμβάσεων	144
5.3.3.1. Συνδιασμός Βιομάζα-Ηλιακός Συλλέκτης(για ZNX)	144
5.3.3.1. Συνδιασμός Βιομάζα-Φωτοβολταϊκό	145
5.4 Σύνοψη Προτάσεων	146
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	149
6.1 Συμπεράσματα	151
6.2 Προοπτικές	152
Βιβλιογραφία.....	154

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός/Αντικείμενο

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας, οικιστικός και μη, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 40% της παραγόμενης ενέργειας, με τα ελληνικά κτίρια να είναι από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της ευρύτερης προσπάθειας για αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η σωστή ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου δίνουν τη δυνατότητα να εντοπιστούν τα σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και άλλων καυσίμων για τη θέρμανση, τον κλιματισμό, το φωτισμό κλπ. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται αυξανόμενο ενδιαφέρον από πλευράς καταναλωτών για τον εξοπλισμό των κτιρίων με τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) αλλά και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) το οποίο πλαισιώνεται από ποικίλα μέτρα οικονομικής ενίσχυσης από το κράτος (ευνοϊκά δάνεια, επιδοτήσεις/επιχορηγήσεις κλπ).

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί πλέον υποχρεωτική διαδικασία σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία τόσο για νέα όσο και για παλαιότερα κτίρια. Συνίσταται, αρχικά, στον έλεγχο του κτιρίου ώστε το κτιριακό κέλυφος να πληροί τις προδιαγραφές θερμομόνωσης που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και, εν συνεχεία, στην καταγραφή και ανάλυση του ενεργειακού προφίλ του, ώστε να περιοριστούν οι περιττές καταναλώσεις και να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα. Τα οφέλη από μια τέτοια διαδικασία είναι ποικίλα, τόσο σε οικονομικό επίπεδο, μιας και τα λειτουργικά έξοδα περιορίζονται στα απολύτως αναγκαία αποφεύγοντας άσκοπες σπατάλες, όσο και σε περιβαλλοντικό, με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Συγκρότημα Πολυκατοικιών με κύριο στόχο την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η επιλογή του συγκροτήματος ως αντικείμενο μελέτης έγινε διότι τα διαμερίσματα παρουσιάζουν υψηλές καταναλώσεις ενέργειας στον οικιακό τομέα. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως είναι το μεγάλο μέγεθος κτιρίων, οι ισχύοντες νόμοι που επιβάλλουν ενεργειακά πιστοποιητικά για πώληση ή ενοικίαση σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, η οικονομική ελάφρυνση του νοικοκυριού από θερμικές και ηλεκτρικές καταναλώσεις, η ευαισθητοποίηση του καταναλωτή προς το περιβάλλον.

Βάσει των προαναφερθέντων επιλέχθηκε ένα συγκρότημα πολυκατοικιών από 4 τετράωρες πολυκατοικίες με συνολικά 40 διαμερίσματα στην περιοχή της Λιβαδειάς, στο οποίο στεγάζονται κυρίως οικογένειες. Στα πλαίσια της μελέτης έγινε πλήρης καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου, θερμογράφιση με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας με στόχο τον εντοπισμό ατελειών στη μόνωση ή άλλων προβλημάτων στο κτιριακό κέλυφος, καταγραφή της ηλεκτρικής κατανάλωσης με χρήση ηλεκτρικού αναλυτή και υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας).

Στη συνέχεια, προτάθηκαν δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στο κτίριο, οι οποίες αξιολογήθηκαν μέσω τεχνοοικονομικής ανάλυσης και ελέγχθηκε η βιωσιμότητα τους με κριτήριο την Καθαρή Παρούσα Αξία, την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης

1.2 Φάσεις Υλοποίησης

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε την περίοδο Σεπτέμβριος 2014 – Ιούλιος 2015. Η υλοποίησή της διακρίνεται σε 5 φάσεις οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια και απεικονίζονται εποπτικά στο Διάγραμμα 1.1.

Φάση 1^η: Ανάλυση τεχνολογιών θέρμανσης και ψύξης στην ΕΕ που χαρακτηρίζονται ως βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες (Best Available Technologies, BAT).

Κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης περιγράφονται τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον τομέα της βιομηχανίας και τον οικιακό τομέα. Αρχικά περιγράφονται τρόποι θέρμανσης και ψύξης όπως: ηλιακή θέρμανση, εποχιακή αποθήκευση, αντλίας θερμότητας, μετατροπή αποβλήτων σε ενέργεια, ρινίσματα ξύλου, Φ.Α., γεωθερμία, συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Στην συνέχεια παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες που υπάρχουν στην βιομηχανία και στον οικιακό τομέα.

Φάση 2^η: Καταγραφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του υπό μελέτη κτιρίου, συλλογή στοιχείων, κατανομή ενεργειακών καταναλώσεων ανά χρήση και υπολογισμός θερμικής περατότητας κτιρίου.

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης πραγματοποιείται λεπτομερής καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του συγκροτήματος αλλά και συλλογή πληροφοριών από τους ένοικους σχετικά με τις ώρες χρήσης και λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών, του φωτισμού και των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, ούτως ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των πραγματικών καταναλώσεων κατά τον υπολογισμό του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Επίσης, σε συνεργασία με τους ένοικους και τον ΔΕΔΔΗΕ της Λιβαδειάς συλλέχθηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη διεξαγωγή του υπολογιστικού τμήματος της μελέτης δηλαδή τιμολόγια ΔΕΗ και πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2011/2012. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Φάση 3^η: Διεξαγωγή Μετρήσεων με μετρητικό εξοπλισμό και ανάλυσή τους.

Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης χρησιμοποιείται επιστημονικός εξοπλισμός για τη διεξαγωγή μετρήσεων. Σε πρώτο στάδιο διεξάγεται λεπτομερής έλεγχος του κτιριακού κελύφους του υπό μελέτη κτιρίου με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας για τον εντοπισμό τυχόν ατελειών στη μόνωση, θερμογεφυρών ή άλλων προβλημάτων στα δομικά υλικά και στις ενώσεις τους. Κατόπιν, οι θερμοφωτογραφίες αναλύονται και γίνεται επεξεργασία τους με κατάλληλο λογισμικό ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την κατάσταση του κτιρίου. Τέλος τοποθετείται σε ένα από τα διαμερίσματα αναλυτής ενέργειας για κάθε ηλεκτρική συσκευή δημιουργώντας έτσι ένα πλήρες ενεργειακό προφίλ για μια τυπική

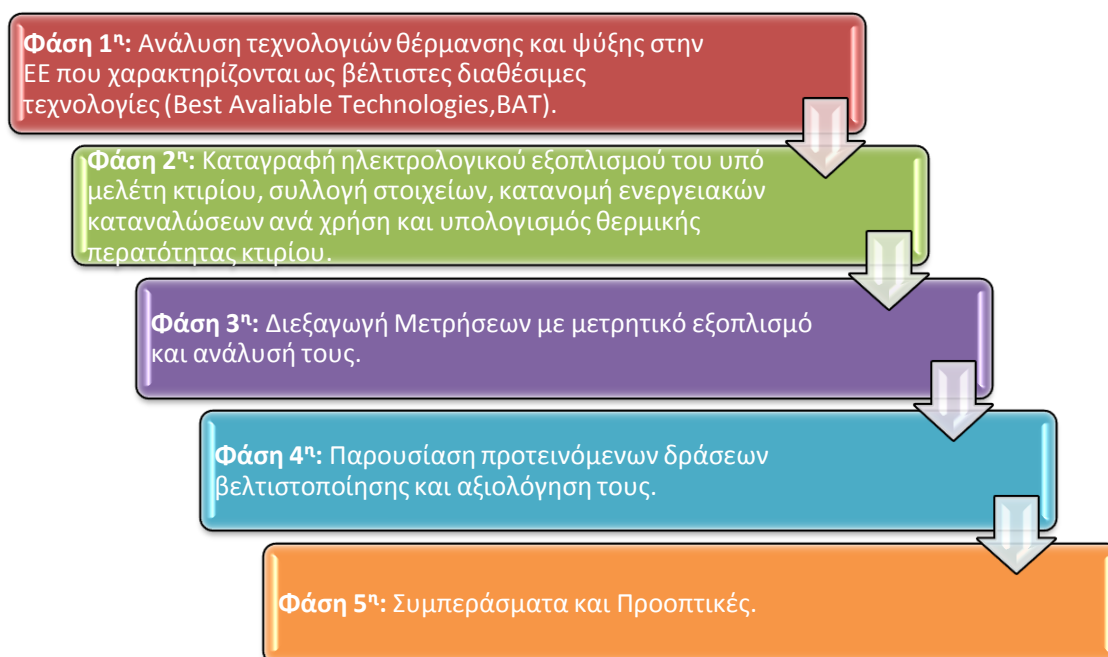
οικογένεια του συγκροτήματος. Η χρήση των οργάνων οδηγεί τελικά στον εντοπισμό των σημείων όπου υπάρχει ενεργειακή διαρροή και άσκοπη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Φάση 4^η: Παρουσίαση προτεινόμενων δράσεων βελτιστοποίησης και αξιολόγηση τους.

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης εξετάζονται ποικίλες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου και αξιολογούνται όσον αφορά τη δυνατότητα υλοποίησης και τη βιωσιμότητά τους. Η αξιολόγηση των δράσεων αξιολογήθηκε από οικονομικού δείκτες όπως η Καθαρή Παρούσα Αξία, η Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης. Οι δράσεις που προτείνονται αφορούν την ενεργειακή βελτίωση της θέρμανσης καθώς και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην οροφή του κτιρίου. Κατόπιν γίνεται σύγκριση των επί μέρους μέτρων και προτείνεται η βέλτιστη λύση από οικονομικής και ενεργειακής πλευράς.

Φάση 5^η: Συμπεράσματα και Προοπτικές.

Κατά την διάρκεια της τελευταίας φάσης της διπλωματικής παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την οικονομοτεχνική μελέτη και εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται από την παρούσα εργασία.



Διάγραμμα 1.1: Φάσεις ολοκλήρωσης Διπλωματικής Εργασίας

1.3 Οργάνωση Τόμου

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Το 1ο μέρος όπου αναλύονται τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού που επικρατούν στην ΕΕ τα οποία χαρακτηρίζονται βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες (Best Available Technologies, BAT).
- Το 2ο και κύριο μέρος της εργασίας που αποτελείται από τα βασικά στάδια της ενεργειακής επιθεώρησης και περιλαμβάνει την περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου, την καταγραφή του εξοπλισμού, την ανάλυση των καταναλώσεων, τη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου και, τέλος, τη διαδικασία μετρήσεων μαζί με τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων και την παρουσίαση των μετρητικών οργάνων των οποίων έγινε χρήση.
- Το 3ο μέρος που περιλαμβάνει την τεχνοοικονομική ανάλυση και πρόταση βελτιωτικών μέτρων, την παρουσίαση των προτάσεων και την τελική αξιολόγησή τους με βάση οικονομικά και λειτουργικά κριτήρια.

Αναλυτικά:

Αρχικά, παρατίθεται η περίληψη της εργασίας στην ελληνική και αγγλική γλώσσα και ακολουθεί ο πρόλογος και ο αναλυτικός πίνακας περιεχομένων.

Το παρόν **Κεφάλαιο 1** αποτελεί το εισαγωγικό κομμάτι της εργασίας όπου παρουσιάζονται ο σκοπός και το κυρίως αντικείμενο της εργασίας, τα στάδια υλοποίησής της και τέλος η δομή και η οργάνωση του τόμου.

Το **Κεφάλαιο 2** αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της διπλωματικής όπου παρουσιάζονται τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον τομέα της βιομηχανίας και τον οικιακό τομέα στην ΕΕ. Χαρακτηρίζονται ως βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες (Best Available Technologies, BAT). Αρχικά περιγράφονται τρόποι θέρμανσης και ψύξης όπως: ηλιακή θέρμανση, εποχιακή αποθήκευση, αντλίας θερμότητας, μετατροπή αποβλήτων σε ενέργεια, ρινίσματα ξύλου, Φ.Α., γεωθερμία, συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Στην συνέχεια παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες που υπάρχουν στην βιομηχανία και στον οικιακό τομέα.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται αναλυτική παρουσίαση του συγκροτήματος πολυκατοικιών που μελετήθηκε στα πλαίσια της εργασίας και ανάλυση του ενεργειακού του προφίλ με βάση τα δεδομένα που συλλέχτηκαν από τους ένοικους, τον ΔΕΔΔΗΕ της Λιβαδειάς, την εταιρεία Σκλαπάνης ΑΤΒΕΕ και την εταιρεία ΚΑΛΙΨΙΣ. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον έλεγχο θερμικής επάρκειας των δομικών στοιχείων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια ειδικού εξοπλισμού, που παραχωρήθηκε από τον Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων, στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης με στόχο την καλύτερη δυνατή ενεργειακή προσέγγιση. Αρχικά, παρουσιάζονται τα δεδομένα από τη θερμογράφιση των χώρων του κτιρίου (εσωτερικών και εξωτερικών) και γίνεται σχολιασμός και ανάλυση των θερμοφωτογραφιών, ενώ περιγράφεται η λειτουργία της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη. Τέλος,

γίνεται ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και μια σύντομη περιγραφή της λειτουργίας του.

Στο **Κεφάλαιο 5** προτείνονται δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για τη μείωση των λειτουργικών εξόδων του Συγκροτήματος και κατόπιν αξιολογούνται βάσει των οικονομικών κριτηρίων της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ).

Το **Κεφάλαιο 6**, που αποτελεί και το τελευταίο κομμάτι της εργασίας, είναι αφιερωμένο στα συμπεράσματα που προκύπτουν με βάση τη μελέτη, στην επιλογή των βέλτιστων προτάσεων και τις δυνατότητες του Συγκροτήματος να ανταποκριθεί στις προτεινόμενες παρεμβάσεις.

Κεφάλαιο 2. Τεχνολογίες Θέρμανσης/Ψύξης που εφαρμόζονται στην Ευρώπη

2.1 Εισαγωγή

Κάθε χρόνο, πάνω από το 40% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας είτε για οικιακή ή βιομηχανική χρήση, ενώ η ζήτηση για ψύξη αυξάνεται εκθετικά[2]. Η σημασία του τομέα της θέρμανσης και της ψύξης υπογραμμίζεται στην ενεργειακή πολιτική πρωτοβουλιών της ΕΕ [3,4]. Αυτή η έμφαση στο ρόλο των τεχνολογιών που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πηγών σε συνδυασμό με τεχνολογίες ενέργειας υψηλής απόδοσης, για να καλύψουν την ζήτηση θερμότητας και ψύξης στην Ευρώπη με πιο βιώσιμο τρόπο στο μέλλον. Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί η τρέχουσα και η μελλοντική ζήτηση θερμότητας και ψύξης και οι τεχνολογίες που θα απασχολούνται για τον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό κλάδο της ΕΕ.

Το Σύστημα Πληροφοριών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τις Στρατηγικές Ενεργειακές Τεχνολογίες σε συνεργασία με το Κοινό Κέντρο Ερευνών (Joint Research Center, JRC) ολοκληρώθηκε πρόσφατα μια μελέτη [1] στην ευρωπαϊκή αγορά θερμότητας και ψύξης και συνδυασμό τεχνολογιών.

Η μελέτη έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία (i) μιας βάσης δεδομένων για την περιγραφή και ποσοτικοποίηση της τρέχουσα κατάσταση της ευρωπαϊκής αγοράς θέρμανσης και ψύξης και της ζήτησης ανά χώρα, (ii) μια βάση δεδομένων χαρτογράφησης των βασικών τεχνολογιών για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη μείωση των εκπομπών CO₂ στο πλαίσιο της δυναμικής καινοτομίας για τεχνολογίες θέρμανσης και ψύξης της αγοράς, καθώς και τα εμπόδια της, και (iii) ένα εργαλείο μοντελοποίησης για την ανάπτυξη σεναρίων για την εξέλιξη της ζήτησης θερμότητας και ψύξης μέχρι για το 2050.

Το παρών κεφάλαιο παρέχει μια επισκόπηση των τεχνολογιών που περιλαμβάνονται στην βάση δεδομένων τεχνολογιών της ΕΕ. Παρουσιάζονται περιγραφές για κάθε τεχνολογίας ανά ενότητα που καλύπτουν τεχνολογίες θέρμανσης, ψύξης, συμπεριλαμβανομένης της συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, των βιομηχανικών τεχνολογιών, υπηρεσιών και οικιακών τεχνολογιών.

Οι τεχνολογίες που περιλαμβάνονται στο παρών κεφάλαιο χαρακτηρίζονται ως βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες (Best Available Technologies, BAT), που είναι τεχνολογικά καινοτόμες τεχνικές, οικονομικά βιώσιμες στο τομέα τους. Η επιλογή έγινε από μια διεπιστημονική ομάδα εμπειρογνομόνων. Οι πληροφορίες που παρέχονται είναι πλήρως τεκμηριωμένες. Οι περιγραφές των τεχνολογιών περιλαμβάνουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα.

2.2 Τεχνολογίες Τηλεθέρμανσης και Τηλεψύξης

2.2.1 Ηλιακή Τηλεθέρμανση

Αυτό το είδος της τεχνολογίας που σχετίζεται με μεγάλες εγκαταστάσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας για συστήματα τηλεθέρμανσης. Ηλιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες και μία μονάδα χειρισμού υγρού η οποία μεταφέρει θερμότητα στο φορτίο γενικά με τη χρήση αποθήκευσης. Το σύστημα αυτό απαιτεί επιπλέον παραγωγή θερμότητας ώστε να εξασφαλίσει ότι όλες οι ανάγκες θέρμανσης των καταναλωτών ικανοποιούνται σε περιόδους με ανεπαρκή ήλιο ή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αυτή η πρόσθετη θερμότητα μπορεί να ληφθεί από λέβητες ή από συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς.

Ένα από τα συστήματα που περιγράφονται σχετίζεται με ένα σύστημα χωρίς θερμική αποθήκευση. Το άλλο σύστημα με αποθήκευση έχει ένα ημερήσια αποθηκευτική ικανότητα εύρους 0,1 έως 0,3m³/m² ηλιακών συλλεκτών και καλύπτει το 10 - 25% της ετήσιας ζήτησης θερμότητας.



Εικόνα 2.1: Παράδειγμα Τηλεθέρμανσης

Οι κύριες συνιστώσες του συστήματος αυτού:

- Ηλιακοί συλλέκτες
- Σύστημα τηλεθέρμανσης
- Εφεδρικά θερμικά συστήματα
- Με ή χωρίς ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας.

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι συνήθως πολύ αποδοτικοί συλλέκτες (π.χ. επίπεδοι συλλέκτες). Υπάρχουν πιο αποτελεσματικά ηλιακά σύστημα όπως τα συστήματα συγκέντρωσης, τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους των κατόπτρων. Αυτά τα συστήματα μπορούν να παράγουν υψηλότερες θερμοκρασίες και χρησιμοποιούνται συνήθως για παραγωγή ενέργειας ή υψηλής θερμοκρασίας εφαρμογές σε περιοχές με υψηλό επίπεδο της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ετήσια απόδοση [5] ενός τυπικού ηλιακού συλλέκτη είναι 500 kWh/m^2 σε μια περιοχή της Δανίας. Το κόστος του συλλέκτη και των σωληνώσεων είναι 200 €/m^2 . Το κόστος για το σύνολο του συστήματος χωρίς αποθήκευση θερμότητας είναι 440 €/m^2 . Με μια ημερήσια αποθήκευσης, το κόστος είναι 480 €/m^2 .

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι χρησιμοποιεί μια πηγή ενέργειας χωρίς CO_2 . Η απόδοση είναι υψηλότερη εάν το επίπεδο θερμοκρασίας του συστήματος τηλεθέρμανσης είναι σχετικά χαμηλό. Λόγω των κλιματικών μεταβολών κατά τη διάρκεια του έτους, είναι λιγότερο αποδοτικό να έχουμε 100% κάλυψη της ζήτησης για θέρμανση από ότι να έχουμε μερική κάλυψη του φορτίου. Για παράδειγμα, στην Δανία, το σύστημα αυτό μπορεί να καλύπτει μεταξύ 10% και 25% της ετήσιας ζήτησης για θέρμανση.

Το βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος της επένδυσης, όπως φαίνεται παραπάνω. Η τεχνολογία χωρίς μέσο αποθήκευσης χρειάζεται μια εφεδρική πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να βασίζεται σε βιοκαύσιμα, τα απόβλητα, ή ορυκτά καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο ή τον άνθρακα. Μια άλλη δυνατότητα είναι η συμπαραγωγή με ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) ή η χρήση των αντλιών θερμότητας.

2.2.2 Εποχιακή Αποθήκευση

Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται για μακροπρόθεσμη (εποχική) αποθήκευση θερμότητας για συστήματα τηλεθέρμανσης. Με αυτή τη τεχνολογία η αποθήκευση γίνεται σε ένα λάκκο νερό (water pit) και είναι ιδανική για μεγάλους αποθηκευτικούς όγκους[5].

Οι θερμές δεξαμενές νερού έχουν χρησιμοποιηθεί στη Γερμανία για μεγέθη μέχρι 12.000 m^3 . Αυτές οι δεξαμενές είναι κατασκευασμένες από σκυρόδεμα ή χάλυβα, και είναι σχετικά ακριβά σε σύγκριση με κατασκευές στις οποίες το έδαφος χρησιμοποιείται ως δομικό ή θερμικό συστατικό. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι οι ιδιότητές τους είναι ευκολότερο να ελεγχθούν και η στεγανότητα τους είναι καλύτερη επειδή δεν είναι επηρεάζεται από τις τοπικές συνθήκες του εδάφους.

Ο λάκκος νερού (PTE) είναι ουσιαστικά ένα άνοιγμα στο έδαφος που καλύφθηκε με αδιάβροχη μεμβράνη, συμπληρώθηκε με νερό και καλύπτονται από κυμαινόμενο και μονωτικό κάλυμμα. Η γη που περιβάλλει το άνοιγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα φράγμα, αυξάνοντας έτσι το βάθος του νερού. Η χωρητικότητα αποθήκευσης είναι $60\text{-}80 \text{ kWh}/(\text{m}^3\cdot\alpha)$. Μία από τις προκλήσεις αυτού του είδους της αποθήκευσης είναι η διατήρηση της μεμβράνης 100% υδατοστεγείς μετά από χρόνια θερμικών κύκλων. Η ροή των υπογείων υδάτων μπορεί να προκαλέσει απώλεια θερμότητας, δεδομένου ότι αυτό το είδος της αποθήκευσης είναι μερικές φορές όχι (καλά) μονωμένο στο κάτω μέρος.

Μόνο για την αποθήκευση της ηλιακής θερμότητας, ένας ηλιακός συλλέκτης με απόδοση περίπου 4 m^3 ανά m^2 χρειάζεται. Το αποθηκευμένο νερό είναι τις τάξεις των $85\text{-}90 \text{ }^\circ\text{C}$. Απόδοση 80% ($56 \text{ kWh}/(\text{m}^3\cdot\alpha)$) μπορεί να επιτευχθεί χωρίς αντλία θερμότητας και αυξάνεται στο 95% ($67 \text{ kWh}/(\text{m}^3\cdot\alpha)$), όταν χρησιμοποιείται μια αντλία θερμότητας για την εκτέλεση της αποθήκευσης.

Μια άλλη πιθανή τεχνολογία είναι η εφαρμογή των σωλήνων σε γεωτρήσεις. Αυτές τυπικά χρησιμοποιούνται με αντλίες θερμότητας και λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες (0 έως 30°C). Η αποθήκευση μπορεί να φθάσει οι αποδόσεις στην περιοχή του 90-100%, όταν η αποθήκευση λειτουργεί γύρω από τον ετήσιο μέσο όρο θερμοκρασιών του εδάφους και δεν υπάρχει ισχυρή ροή νερού στο έδαφος. Αυτό το είδος της θερμική αποθήκευσης είναι μερικές φορές χρησιμοποιείται σε συστήματα ψύξης.

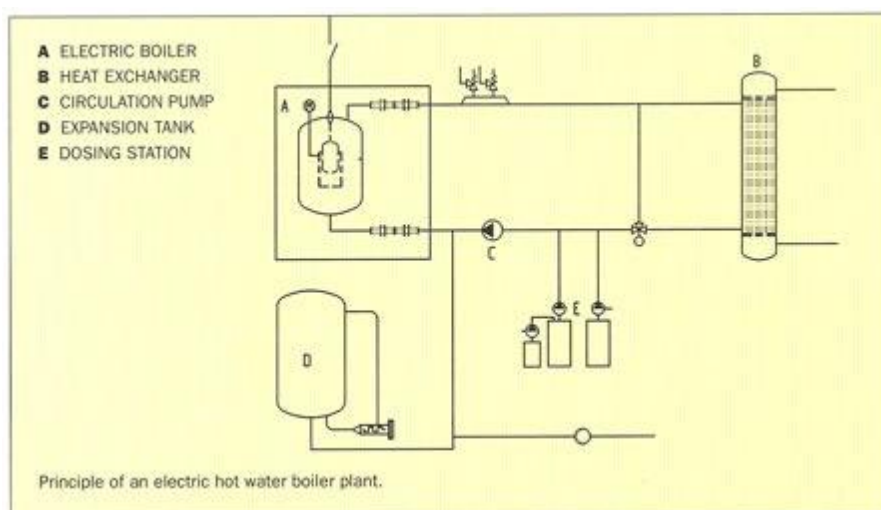
Υπόγειοι υδροφόροι κατασκευάζονται με τη χρήση άμεσης ανταλλαγής θερμότητας σε κατακόρυφες γεωτρήσεις. Τυπικά, υπάρχει μια κεντρική οπή η οποία περιβάλλεται από μια σειρά περιφερειακών οπών. Οι υδροφόροι ορίζοντες χρησιμοποιούνται συνήθως για εφαρμογές χαμηλής θερμοκρασίας σε συνδυασμό με αντλίες θερμότητας για ψύξη το καλοκαίρι και θέρμανση το χειμώνα. Ένα πιθανό πρόβλημα είναι η χημική σύνθεση του νερού στον υδροφόρο ορίζοντα, που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι χρησιμοποιεί μια ελεύθερη πηγή ενέργειας από CO₂. Το μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος της επένδυσης. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή χρειάζεται μια μεγάλη εποχιακή αποθήκευση για τον περιορισμό της απώλειας θερμότητας από την αποθήκευση.

2.2.3 Ηλεκτρικός Λέβητας

Ένας ηλεκτρικός λέβητας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού απ' ευθείας από την ηλεκτρική ενέργεια. Δύο τύποι είναι διαθέσιμοι:

- Στοιχεία θέρμανσης με χρήση ηλεκτρικής αντίστασης (ίδια αρχή με θερμοσίφωνα σε ένα συνηθισμένο νοικοκυριό).
- Στοιχεία θέρμανσης με χρήση λεβήτων ηλεκτροδίων. Η αρχή είναι ότι το νερό στο λέβητα θερμαίνεται από ένα σύστημα ηλεκτροδίων με τριφασικά ηλεκτρόδια. Το ρεύμα από τα ηλεκτρόδια ρέει απευθείας μέσα στο νερό, το οποίο θερμαίνεται.



Εικόνα 2.2: Απεικόνιση Ηλεκτρικού λέβητα

Τυπικά, ηλεκτρική αντίσταση χρησιμοποιείται για μικρότερες εφαρμογές μέχρι 1-2 MW. Οι ηλεκτρικοί λέβητες συνδέονται στα 400 V. Τα συστήματα ηλεκτροδίων χρησιμοποιούνται

για μεγαλύτερες εφαρμογές (μεγαλύτερο από 2MW μέχρι 25MW). Αυτοί οι λέβητες συνδέονται σε 10 kV. Η αποτελεσματικότητα και των δύο τύπων των ηλεκτρικών λεβήτων είναι 99%.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, όταν η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ υψηλή, π.χ. όταν υπάρχει ένας μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες. Διαθέτει απλό σχεδιασμό και είναι εύκολο στη ρύθμιση. Το μειονέκτημα είναι ότι η λύση αυτή έχει περιορισμένη χρήση επειδή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνήθως προσανατολίζεται στην κάλυψη ανάγκες για άλλες χρήσεις, αντί του αυτό.

Το ηλεκτρικό σύστημα είναι κατάλληλο για μικρές εγκαταστάσεις με χαμηλότερες τάσεις και δυνατότητες τροφοδοσίας ενώ το σύστημα με λέβητα ηλεκτροδίου είναι κατάλληλο για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις με υψηλότερες τάσεις και δυνατότητες τροφοδοσίας λόγω του χαμηλότερου κόστους εγκατάστασης.

2.2.4 Αντλίες Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία όπως ψυγεία, θερμότητα μεταφέρεται από μια χαμηλή θερμοκρασία σε μια υψηλότερη. Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν θερμότητα από τον εξωτερικό (θερμότητα εισόδου) και μετατρέπουν τη θερμότητα σε υψηλότερη θερμοκρασία (θερμότητα εξόδου) μέσα από μια κλειστή διαδικασία, είτε αντλίες θερμότητας συμπίεσης (που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια) ή με αντλίες απορρόφησης θερμότητας (με τη χρήση θερμότητας π.χ. ατμού, ζεστού νερού ή καυσαερίων). Αντλίες απορρόφησης θερμότητας χρησιμοποιούν θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας για τη διαδικασία λειτουργίας τους αντί της ηλεκτρικής ενέργειας. Αντλίες απορρόφησης θερμότητας ενσωματώνουν ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας και την μετατρέπουν σε μια υψηλότερη θερμοκρασία, όπως αντλίες θερμότητας που κινούνται με μηχανικό τρόπο. Η δύναμη κίνησης στις αντλίες θερμότητας με απορρόφηση μπορεί να προέρχονται από διάφορες πηγές όπως στερεά καύσιμα (λιθάνθρακας και τα παράγωγα, το πετρέλαιο, τις ανανεώσιμες πηγές βιοκαυσίμων, άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή ή γεωθερμική), απόβλητα (κάρβουνο, MSW και βιομηχανικά απόβλητα), το φυσικό αέριο ή παράγωγα αέρια. Για χαμηλής θερμοκρασίας πηγής θερμότητας, μια από τις δυνατότητες είναι η χρήση της υπολειμματική θερμότητα από άλλες διεργασίες.

Οι πιο κοινοί τύποι των αντλιών θερμότητας χρησιμοποιούν είτε τον κύκλο συμπίεσης ατμού ή τον κύκλο απορρόφησης.

Στο αντλίες θερμότητας με κύκλο συμπίεσης ατμού τα κύρια συστατικά είναι ο συμπιεστής, η βαλβίδα εκτόνωσης και δύο εναλλάκτες θερμότητας τον εξατμιστή και τον συμπυκνωτή. Ένα υγρό εργασίας (ψυκτικό) κυκλοφορεί μέσω των τεσσάρων κύριων συστατικών. Στον εξατμιστή, το εργαζόμενο ρευστό θερμαίνεται από την πηγή θερμότητας (π.χ. το έδαφος, το νερό ή τον αέρα) το οποίο επιτρέπει στον εργαζόμενο ρευστό να εξατμιστεί. Αυτός ο ατμός συμπιέζεται σε μια υψηλότερη πίεση και θερμοκρασία. Ο καυτός ατμός εισέρχεται στο συμπυκνωτή, όπου συμπυκνώνεται και απελευθερώνει θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Το ρευστό εργασίας κατόπιν εκτονώνεται σε βαλβίδα εκτόνωσης και

επιστρέφει στο εξατμιστή και ο νέος κύκλος μπορεί να ξεκινήσει. Ο συμπιεστής μπορεί να οδηγείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Οι αντλίες θερμότητας με χρήση του κύκλου απορρόφησης κινούνται με θερμικό τρόπο αντί με μηχανικό. Συχνά, οι αντλίες θερμότητας απορρόφησης για θέρμανση χώρου κινούνται με φυσικό αέριο, ενώ οι βιομηχανικές εφαρμογές οδηγούνται από υψηλής πίεσης ατμό ή θερμότητα των αποβλήτων.

Συστήματα απορρόφησης χρησιμοποιούν την ικανότητα των υγρών ή αλάτι για να απορροφήσει ατμό. Τα πιο κοινά ζεύγη για εργαζόμενο ρευστό και απορροφητικό είναι αντίστοιχα:

- Νερό και Βρωμιούχο λίθιο
- Αμμωνία και νερού

Η συμπύεση του εργαζόμενου ρευστού επιτυγχάνεται σε ένα κύκλωμα, το οποίο αποτελείται από ένα απορροφητή, μια αντλία διαλύτη, ένα θερμικό συμπιεστή και μια βαλβίδα εκτόνωσης. Ατμός σε χαμηλή πίεση απορροφάται στον εξατμιστή οποίος παράγει θερμότητα στον απορροφητή. Το διάλυμα αντλείται σε υψηλή πίεση και μεταφέρεται στον θερμικό συμπιεστή, όπου το εργαζόμενο ρευστό εξατμίζεται (μετατραπεί σε ατμό) με τη βοήθεια ενός συστήματος παροχής θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας. Ο ατμός συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή ενώ το απορροφητικό επιστρέφει στον απορροφητή μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης.

Το πλεονέκτημα ενός συστήματος αντλίας θερμότητας είναι ότι ενσωματώνει απορριπτόμενη ή ελεύθερη ενέργεια και τη μετασχηματίζει σε μια υψηλότερη θερμοκρασία, η οποία είναι χρήσιμη για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Το μειονέκτημα είναι η ενέργεια που απαιτείται για τον μετασχηματισμό (ηλεκτρικής ενέργειας ή υψηλής θερμοκρασίας θερμότητα) και το κόστος του απαραίτητου εξοπλισμού. Το πλεονέκτημα της ηλεκτροκίνητης αντλίας θερμότητας σε σύγκριση με αντλία απορρόφησης θερμότητας είναι η υψηλότερη απόδοση. Ωστόσο, η θερμότητα που χρησιμοποιείται για να λειτουργήσουν οι αντλίες απορρόφησης θερμότητας θα μπορούσε να επιτευχθεί με χαμηλότερο κόστος καθιστώντας αυτή την επιλογή ευνοϊκότερη σε μερικές εφαρμογές, όπως με βιομηχανικά απορριπτόμενη θερμότητα. Οι επενδυτικές δαπάνες ανά παραγόμενη θερμική ισχύς είναι χαμηλότερες για τις αντλίες θερμότητας με απορρόφηση από ό, τι για τις μηχανικά οδηγούμενες αντλίες θερμότητας.

2.2.5 Μετατροπή αποβλήτων σε ενέργεια για τηλεθέρμανση

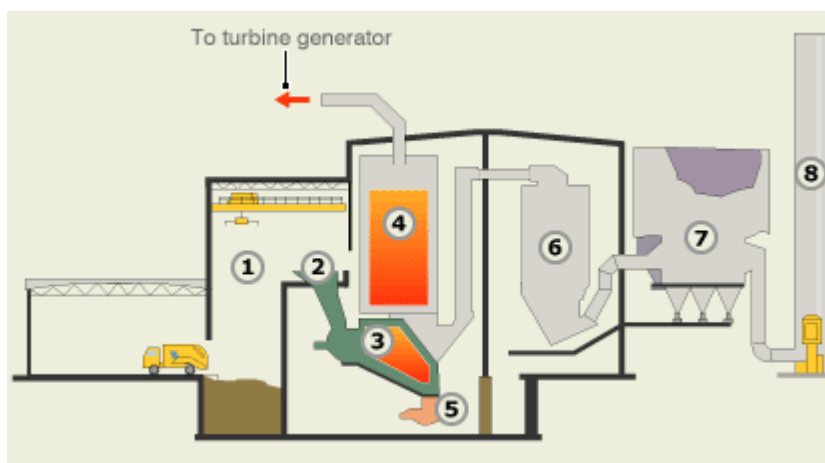
Τα κύρια συστατικά του συστήματος απεικονίζονται στο Σχήμα 1: ένα χώρο υποδοχής αποβλήτων (1), ένα σύστημα τροφοδοσίας (2), μια σχάρα κλιβάνου διασυνδεδεμένη με λέβητα καυτού ή ζεστού νερού. (4, 6, 7, 8), ένα εκτεταμένο σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων και συστήματα διαχείρισης της καύσης και υπολειμμάτων καυσαερίου(10, 11, 12, 13,14). Αν η διαδικασία αυτή συνδυάζεται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τότε και τουρμπίνα ατμού (9) χρησιμοποιείται.

Σαν πρώτη ύλη έχουμε κυρίως βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα. Τα απόβλητα συλλέγονται σε σιλό. Ένας γερανός ρίχνει τα απόβλητα στη μονάδα αποτέφρωσης. Ο αποτεφρωτής αποτελείται από μια σειρά από σχάρες οι οποίες μετακινούνται συνεχώς για την ενίσχυση της καύσης. Αέρα κάτω από τις σχάρες και πάνω από τη φωτιά παρέχει οξυγόνο για την διαδικασία της καύσης. Η θερμοκρασία στον αποτεφρωτή είναι μεταξύ 875 και 1100°C. Σωλήνες σε αποτεφρωτήρα παράγουν ατμό υψηλής θερμοκρασίας, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια τουρμπίνα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πλεονάζουσα θερμότητα επεξεργάζεται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας για να ζεσταθεί το νερό και παραχθεί τηλεθέρμανση.

Η μονάδα έχει σχεδιαστεί κυρίως για την αποτέφρωση των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) και παρόμοιων μη επικίνδυνων αποβλήτων από το εμπόριο και τη βιομηχανία. Ορισμένοι τύποι επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί, ωστόσο να αποτεφρώνονται. Είναι βολικό να αποτεφρώνονται απόβλητα, λόγω του ελέγχου των εκπομπών και λόγω της παραγωγής θερμότητας για τηλεθέρμανση και σε ορισμένες περιπτώσεις και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ). Ένα μεγάλο μέρος των ΑΣΑ θεωρείται ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και, συνεπώς, αντικαθιστά την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Η αποτέφρωση των αποβλήτων μειώνει επίσης τον όγκο και τα υπολείμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατασκευαστικές εργασίες. Το μειονέκτημα είναι η εκτεταμένη κατεργασία των μολυσμένων καυσαερίων[6]. Τα ΑΣΑ απόβλητα κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες:

- Βιομηχανικά απόβλητα
- Αστικά στερεά απόβλητα(ανανεώσιμες πηγές)
- Αστικά στερεά απόβλητα(μη ανανεώσιμες πηγές)

Οι αποδόσεις βασίζονται σε καθαρή θερμογόνο δύναμη. Η διαφορά μεταξύ των καθαρών και των ακαθάριστων θερμιδικών τιμών οφείλεται στο νερό που σχηματίζεται κατά την καύση των αποβλήτων υλικών. Εάν ο υδρατμός συμπυκνώνεται, τότε η θερμότητα που περιέχεται στο νερό μπορεί να αξιοποιηθεί. Αυτό μπορεί να δώσει απόδοση της μονάδας της τάξης του 100%. Το κόστος των επενδύσεων εκτιμάται ότι θα είναι 1,1 Μ€/MW. Οι δαπάνες λειτουργίας εκτιμάται ότι θα είναι γύρω στο 8% του κόστους της επένδυσης.



Εικόνα 2.3: Απεικόνιση μονάδας αποτέφρωσης

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι χρησιμοποιεί τα απόβλητα ως πηγή ενέργειας αντί να χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα ή άλλες πηγές ενέργειας. Ένα σημαντικό μέρος των αποβλήτων υλικών είναι ανανεώσιμα, το οποίο επιφέρει επίσης μειωμένες εκπομπές CO₂. Το μειονέκτημα είναι το κόστος επένδυσης και ότι η τεχνολογία αυτή περιορίζεται μόνο στη συλλογή αποβλήτων. Θα πρέπει να υπάρχει μια συστηματική συλλογή των αποβλήτων, τα οποία θα πρέπει κατά προτίμηση να διαλέγονται, ώστε να μπορούν να αποτεφρωθούν π.χ. αφαιρείτε το γυαλί και μεταλλικά μπουκάλια από τα απόβλητα.

2.2.6 Ρινίσματα ξύλου (Τηλεθέρμανση λέβητα, καύση ρινισμάτων)

Τα ρινίσματα ξύλου που χρησιμοποιούνται σε αυτή την τεχνολογία προέρχεται από τη δασοκομία ή/και από τη βιομηχανία ξύλου. Αυτές οι πηγές περιλαμβάνουν κυρίως άχρηστα υλικά, αλλά είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθούν ρινίσματα από ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. ιτιά) ή τα απόβλητα κήπων. Το καύσιμο θεωρείται ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και είναι αποδεδειγμένα από CO₂. Η ενέργεια μπορεί να παραχθεί με κόστος παρόμοιο με πολλές άλλες πηγές ενέργειας, όπως π.χ. φυσικό αέριο.

Εάν η περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου είναι πάνω από 30-35%, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί συμπύκνωση καυσαερίου. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η θερμική απόδοση υπερβαίνει συνήθως το 100% (με βάση την κατώτερη τιμή θέρμανσης). Η απόδοση καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης, το οποίο είναι λίγο παραπάνω από την θερμοκρασία επιστροφής του δικτύου τηλεθέρμανσης. Σε καλά σχεδιασμένα συστήματα, η επιστροφή θερμοκρασία είναι κάτω από 40°C, αποδίδοντας αποδόσεις πάνω από 110%. Το κόστος των επενδύσεων εκτιμάται ότι είναι 0,3 έως 0,7M €/MW. Το κόστος λειτουργίας εκτιμάται ότι θα είναι γύρω στο 5% του κόστους της επένδυσης για παραγωγή θερμότητας μεταξύ 1 έως 50 MW.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι χρησιμοποιεί ως προϊόν απόβλητα και ότι θεωρείται ουδέτερη από CO₂. Δεν μπορεί να υπάρξει μια μικρή χρήση των ορυκτών καυσίμων π.χ. για μεταφορές. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος της επένδυσης και της περιορισμένης διαθεσιμότητας της πηγής ενέργειας. Στο μέλλον, θα

μπορούσε να υπάρχει μια έλλειψη υλικών βιομάζας για καύση. Ακόμη και αν η ενδεχόμενη παραγωγή ενέργειας από βιομάζα είναι μεγάλη, είναι επίσης περιορισμένο λόγω της ετήσιας αύξησης της τιμής βιομάζας. Ωστόσο, η χρήση της βιομάζας θα συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές από τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις απευθείας για θέρμανσης και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν σχέδια για ανάπτυξη στην μετατροπή των υλικών βιομάζας σε συσσωματώματα ξύλου λόγω των πλεονεκτημάτων της που σχετίζονται με το χειρισμό, τη ναυτιλία και την αποθήκη, την μεγάλη θερμιδική αξία και τη δυνατότητα μεταφοράς των υλικών σε μεγάλες αποστάσεις.

2.2.7 Φυσικό αέριο (τηλεθέρμανση λέβητα, καύση αερίου)

Το καύσιμο καίγεται σε λέβητες. Η θερμότητα από τις φλόγες και τα καυσαέρια χρησιμοποιούνται για την θέρμανση του νερού (ή έλαιο) σε λέβητες (βλέπε Σχήμα 11). Η τυπική μονάδα παραγωγής θερμότητας είναι μεταξύ 0,5 έως 20 MW. Τυπικά σύγχρονα συστήματα τηλεθέρμανσης έχουν τροφοδοσία και επιστροφή θερμοκρασίας ίση με 80°C/40°C, αλλά οι θερμοκρασίες τροφοδοσίας μπορεί να είναι μέχρι 120°C ή ακόμη υψηλότερες σε συστήματα υπό πίεση. Σχέδια υπάρχουν για να την ανάπτυξη νέων συστημάτων τηλεθέρμανσης με περαιτέρω μείωση των θερμοκρασιών σχεδιασμού.

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για έναν μεγάλο αριθμό εφαρμογών σε σχέση με τους λέβητες τηλεθέρμανσης. Στον τομέα των κατοικιών και των υπηρεσιών, χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, θέρμανση ζεστού νερού χρήσης και για μαγείρεμα. Το καύσιμο αυτό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε κεντρικά συστήματα για ψύξη με μηχανήματα απορρόφησης που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο για να δημιουργήσουν θερμό ατμό, αλλά δεν χρησιμοποιείται για συστήματα κατάψυξης ή για ατομικά συστήματα AC/εξαερισμού.

Στον τομέα της βιομηχανίας, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται τόσο σε ατομικό και κεντρικά συστήματα. Υπάρχει επίσης μια ευρεία εφαρμογή στις βιομηχανικές διεργασίες θέρμανσης. Παραδείγματα λειτουργιών που χρησιμοποιούνται σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους είναι:

- Σιδήρου και χάλυβα: Θέρμανση κλιβάνων
- Χημική βιομηχανία: Συστήματα ξήρανσης
- Χαρτοβιομηχανία: Συστήματα ξήρανσης
- Τρόφιμα και ποτά: Συστήματα ξήρανσης
- Μη μεταλλικά ορυκτά: Συστήματα θέρμανσης

Λέβητες κεντρικής θέρμανσης χρησιμοποιούνται περισσότερο από τρεις δεκαετίες. Σήμερα, οι περισσότεροι λέβητες χρησιμοποιούνται για την αιχμή φορτίου ή εφεδρική ικανότητα λόγω της ευελιξίας του φυσικού αερίου, όταν υπάρχει μεγάλο φορτίο αιχμής. Οι αποδόσεις είναι συνήθως της τάξης των 97 έως 105% με βάση την καθαρή θερμογόνο αξίας.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι μπορεί να παράγει θερμότητα σχετικά εύκολα και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται για εφεδρεία σε συστήματα τηλεθέρμανσης στα οποία το κύριο μέρος της θερμότητας προέρχεται από άλλες πηγές όπως η βιομάζα. Υπάρχουν

μεγάλα συστήματα διανομής στις χώρες της ΕΕ. Το μειονέκτημα της τεχνολογίας είναι ότι χρησιμοποιεί μια πηγή ενέργειας με βάση τα ορυκτά, το οποίο εκπέμπει CO₂ και ως εκ τούτου, η εξοικονόμηση ενέργειας ενθαρρύνεται σε περιπτώσεις όπου η ενέργεια προέρχεται από το φυσικό αέριο.

2.2.8 Γεωθερμία

Η θερμότητα από υπόγειες δεξαμενές νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ'ευθείας μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας και χρησιμοποιείται σε συστήματα τηλεθέρμανσης.

Ωστόσο, είναι επίσης δυνατό και πιο οικονομικά εφικτό σε πολλές περιπτώσεις να χρησιμοποιούν αντλίες θερμότητας και να εξάγεις θερμότητα από δεξαμενές που βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα, τα οποία έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες από ό, τι δεξαμενές που βρίσκονται σε βαθύτερα επίπεδα. Οι συμπιεστές μπορούν να είναι είτε συμπιεστές ηλεκτρισμού ή συμπιεστές απορρόφησης θερμότητας.

Το τυπικό σύστημα τηλεθέρμανσης είναι ένα σύστημα με παραγωγή από πηγή, εναλλάκτες θερμότητας ή/και αντλίες θερμότητας, μεταφέροντας θερμότητα στο δίκτυο τηλεθέρμανσης και με γεωτρήσεις επανεισαγωγής μεταφέροντας το ψυχρό νερό προς τη δεξαμενή. Παρ'όλα αυτά, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί θερμότητα από μια γεωθερμική πηγή και, στη συνέχεια, να αυξηθεί η θερμοκρασία της θερμότητας μέσω μιας αντλία απορρόφησης θερμότητας. Ατμός από τους λέβητες σε εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης χρησιμοποιείται για την λειτουργία της αντλίας θερμότητας απορρόφησης. Οι λέβητες μπορούν να χρησιμοποιούν βιομάζα ή απόβλητα υλικά ως πηγή ενέργειας. Το θερμικό περιεχόμενο του ατμού θα μπορούσε να εφοδιαστεί απευθείας στο δίκτυο τηλεθέρμανσης με το ίδιο κόστος, και, συνεπώς, το κόστος μπορεί να αγνοηθεί στα οικονομικά δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση, η θερμοκρασία του νέου επαναχυόμενου νερού μπορεί να είναι περίπου 8°C και η θερμοκρασία τροφοδοσίας του συστήματος κεντρικής θέρμανσης να είναι 80°C κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ειδικό κόστος επένδυσης για το σύστημα αυτό μπορεί να εκτιμάται γύρω στο 1,6 Μ €/MW.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι η καλή απόδοση του συστήματος και ότι χρησιμοποιεί μια "ελεύθερη" πηγή ενέργειας με μειωμένες εκπομπές CO₂. Το μειονέκτημα είναι το κόστος επένδυσης. Θα μπορούσε επίσης να υπάρχουν προβλήματα λόγω ρύπων στο γεωθερμικό νερό και λόγω της απόφραξης φρεατίων και λόγω μειωμένων ορίων στη διαθεσιμότητα της πηγής ενέργειας. Η τεχνική είναι εφαρμόσιμη μόνο σε ορισμένες γεωγραφικές τοποθεσίες. Μερικές περιοχές έχουν στη διάθεσή τους γεωθερμικά σημεία με υψηλή θερμοκρασίες ενώ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αντλίες θερμότητας σε συνδυασμό με χαμηλότερες εδαφικές θερμοκρασίες σε άλλες θέσεις. Είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθούν συστήματα όπου η θερμότητα αποθηκεύεται στο έδαφος.

2.2.9 Συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ)

Οι μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται από τέσσερα βασικά στοιχεία: μια κινητήρια μηχανή, μια γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας και ένα σύστημα ελέγχου. Μονάδες ΣΗΘ ταξινομούνται γενικά από τον τύπο εφαρμογής τους, κινητήρια μηχανή και σε χρησιμοποιημένα καύσιμα. Υπάρχουν αρκετές προχωρημένες τεχνολογίες ΣΗΘ, συμπεριλαμβανομένων των παλινδρομικών μηχανών και στροβίλων. Νεότερες τεχνολογίες ΣΗΘ που δεν έχουν ακόμη πλήρως ενταχθεί στο εμπόριο, όπως οι κυψέλες καυσίμου και μηχανές Stirling, αρχίζουν να αναπτύσσονται. Φυτά μικρής κλίμακας - (τα λεγόμενα μίνι-ΣΗΘ ή μικρό-ΣΗΘ) - μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μεμονωμένων κτιρίων ή σπιτιών.

Η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (για θέρμανση χώρων/ή ΖΝΧ), και ενδεχομένως της ψύξης (με τη χρήση θερμικών ψηκτρών). Τεχνολογίες ΣΗΘ μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ στον τομέα των κτιρίων σήμερα σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, ανάλογα με το επιλεγμένο καύσιμο, η συνολική απόδοσή τους συμβάλλει και στην αποφυγή εκπομπής CO₂ από κεντρικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Διαφορετικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Επί του παρόντος, οι κύριοι τύποι των συστημάτων που χρησιμοποιούνται για το συνδυασμό θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) είναι παλινδρομικές μηχανές σε μορφή σπινθήρα, συμπιεστή ανάφλεξης ή μηχανές εσωτερικής καύσης. Αυτή η τεχνολογία είναι ώριμη και είναι διαθέσιμη σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών, με ηλεκτρική απόδοση 25% σε 48% (συνήθως αυξάνονται ανάλογα με το μέγεθος) και συνολική απόδοση 75% έως 85%. Οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούν υψηλής θερμοκρασίας, υψηλής πίεσης θερμών αερίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Μπορούν να παράγουν θερμότητα ή/και ατμού, καθώς και η ηλεκτρική ενέργεια, και να φτάνουν σε μέγεθος κλίμακας Megawatt. Τυπική ηλεκτρική απόδοση είναι 20% έως 45%, ενώ η συνολική απόδοση είναι 75% έως 85%. Η χωρητικότητα είναι στο εύρος MW και ως εκ τούτου γενικά δεν χρησιμοποιούνται για κανονικές εφαρμογές θέρμανσης του κτιρίου. Micro στρόβιλοι είναι μικρότερες εκδόσεις αεριοστρόβιλων τυπικά 25 έως 250 kW και, συνεπώς, πιο κατάλληλοι για διαφορετικούς τύπους κτιρίων. Κυψέλες καυσίμων χρησιμοποιούν μια ηλεκτροχημική διαδικασία που απελευθερώνει την ενέργεια που αποθηκεύεται στο φυσικό αέριο ή υδρογόνο καύσιμο για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Η θερμότητα είναι ένα υποπροϊόν. Οι κυψέλες καυσίμου παρέχουν το πλεονέκτημα της σχεδόν ένα προς ένα αναλογίας ηλεκτρικής ενέργειας προς θερμότητα, καθιστώντας τα κατάλληλα για σύγχρονα κτίρια χαμηλής ενέργειας.

Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι παράγει δύο τύπους των ενεργειακών αναγκών ταυτόχρονα παρέχοντας μια καλύτερη συνολική απόδοση. Για παράδειγμα, η ηλεκτρική απόδοση είναι 35% και η γεννήτρια θερμότητας δίνει μια απόδοση του 45% επιτυγχάνοντας έτσι ένα σύνολο απόδοσης 80%. Το μειονέκτημα είναι οι επενδυτικές δαπάνες οι οποίες στην καλύτερη περίπτωση κυμαίνονται από περίπου 870 M €/MW για

μεγάλης κλίμακας συστήματα μεταξύ μέχρι 1.000 – 8.000 M €/MW για τα συστήματα μικρής κλίμακας. Δεν υπάρχει πάντα μια ισορροπία μεταξύ της ανάγκης για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, θα μπορούσε να υπάρχει ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη, αλλά όχι για θέρμανση.

2.2.10 Ψύξη

Σε ένα σύστημα κεντρικής ψύξης, κρύου νερού (ή άλμη) παράγεται σε μια κεντρική μονάδα και διανέμεται μέσω του υπόγειου δικτύου αγωγών προς τα κτίρια ή προς τους καταναλωτές που συνδέονται με το σύστημα. Το παγωμένο νερό χρησιμοποιείται κυρίως για τα συστήματα κλιματισμού. Αφού περάσει αυτά συστήματα, η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και το νερό επιστρέφει στην κεντρική μονάδα όπου το νερό ψύχεται και επανακυκλοφορεί μέσω του συστήματος κλειστού βρόχου (βλέπε εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Απεικόνιση συστήματος κεντρικής ψύξης

Μια αντλία θερμότητας καταλαμβάνει ενέργεια σε ένα χαμηλότερο επίπεδο θερμοκρασίας και απορρίπτει την ενέργεια αυτή σε μια υψηλότερη θερμοκρασία. Η πρόσληψη ενέργειας στην αντλία θερμότητας μπορεί να είναι πολύ κρύα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη. Στην ψύξη, το κεντρικά παραγόμενο κρύο μπορεί επομένως να παραχθεί με διαφορετικού τύπου αντλιών θερμότητας (ψύκτες). Η πηγή ενέργειας για τη λειτουργία των ψυκτών μπορεί να είναι ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια σε περίπτωση αντλίες θερμότητας με απορρόφηση. Μια άλλη δυνατότητα είναι να εφαρμοστεί ελεύθερη ψύξη από ένα νεροχύτη θερμότητας όπως θαλασσινό νερό ή ένα ποτάμι. Τα συστήματα αυτά μπορούν επίσης να συνδυαστούν για αποθήκευση κρύου η οποία συνήθως είναι με βάση την ψύξη του πάγου, αλλά μπορεί επίσης να βασίζεται σε άλλα υλικά που αλλάζουν φάση.

Είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα σε σχέση με ένα σύστημα τηλεθέρμανσης όπου το ζεστό νερό παράγεται κεντρικά και στη συνέχεια διανέμεται σε έναν αριθμό από τοπικούς ψύκτες που λειτουργούν με θερμότητα(την ίδια αρχή με τις αντλίες θερμότητας απορρόφησης). Είναι δυνατόν να λειτουργούν ψύκτες απορρόφησης

σε θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όσο 85 °C. Η ιδέα να χρησιμοποιείται το πλεόνασμα της θερμότητας που παράγεται για θέρμανση, το οποίο κατά τη διάρκεια περιόδων χρησιμοποιεί ενέργεια από π.χ. άχρηστα υλικά ή ΑΣΑ. Η τεχνική αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί με γεωθερμική ενέργεια για γεωθερμική ψύξη, ακόμη και αν σε γενικές γραμμές είναι ανεπαρκώς αναπτυγμένη στην Ευρώπη[7]. Ο συνδυασμός της κεντρικής ψύξης με βάση ψύκτες απορρόφησης και τηλεθέρμανσης είναι ιδιαίτερα πλεονεκτική κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν οι ανάγκες για θέρμανση περιορίζονται κυρίως σε ζεστό νερό. Αυτός ο τύπος του συστήματος αναμένεται να είναι ανταγωνιστικός με άλλες λύσεις, όπως κεντρικά συστήματα ψύξης ή τοπικούς ηλεκτρικούς ψύκτες.

Το πλεονέκτημα ενός συστήματος ψύξης είναι ότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιούμε λιγότερη ενέργεια και λιγότερη εκπομπή CO₂ σε σύγκριση με άλλα εναλλακτικά συστήματα, όπως η παραδοσιακή απομονωμένα συστήματα που λειτουργούν με ηλεκτρικούς ψύκτες. Με την άθροιση της ανάγκης για ψύξη, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικότερες τεχνολογίες ψύξης και η βελτιστοποίηση των διαστάσεων ώστε να είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε μεμονωμένα κτίρια. Το μειονέκτημα είναι το κόστος επένδυσης, τα έξοδα λειτουργίας και των απωλειών στο σύστημα σωληνώσεων.

2.3 Βιομηχανικές Τεχνολογίες

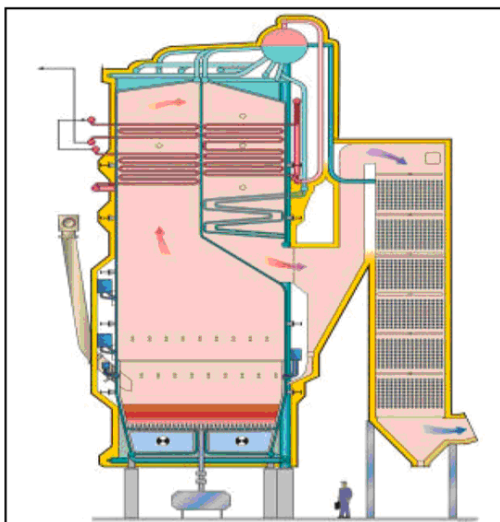
Βιομηχανικές εφαρμογές ενδέχεται να απαιτούν θέρμανση και ψύξη, τόσο για κλιματισμό χώρου και για διεργασίες. Αυτό το κεφάλαιο καλύπτει τη χρήση της θερμότητας και της ψύξης για έναν αριθμό διαφορετικών τεχνολογιών σε πολλούς διαφορετικούς επιμέρους τομείς της βιομηχανίας, π.χ. χημικά, χαρτί, τροφίμων, η διύλιση και μέταλλα. Υπάρχουν αρκετές αναφορές που περιγράφουν την κατανάλωση ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα [8].

Αυτή η ενότητα παρέχει μια επισκόπηση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνολογιών για βιομηχανικές εφαρμογές.

2.3.1 Βιομηχανικά Συστήματα Θερμότητας

➤ Τεχνολογίες με λέβητα (Boiler)

Θέρμανση παρέχεται από τους λέβητες για τη θέρμανση της διαδικασίας, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρου. Η θερμότητα εφαρμόζεται για πολλές διαδικασίες, όπως η επεξεργασία τροφίμων ή θέρμανσης νερού και μπορεί να παρέχονται σε πολλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 2.5 Παράδειγμα λέβητα για στερεή βιομάζα και άλλες πρώτες ύλες[12]

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε λέβητες είναι συνήθως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, τον άνθρακα και άλλες πηγές, όπως βιομάζα (Πίνακα 2.1).

Πίνακας 2.1: Συνήθη καύσιμα που χρησιμοποιούν βιομηχανικοί λέβητες[9]

Καύσιμο	Πραγματική Απόδοση, πλήρες φορτίο	Πραγματική Απόδοση, χαμηλό φορτίο
Άνθρακας	85%	75%
Πετρέλαιο	80%	72%
Φυσικό αέριο	75%	70%
Βιομάζα	70%	60%

➤ Ανάλογα τη θερμοκρασία

- Υψηλής θερμοκρασίας εφαρμογές (άνω των 1.000 °C)

Υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία θέρμανσης, π.χ. για παραγωγή σιδήρου και χάλυβα και για παραγωγή τούβλων και τσιμέντου.

Σε αυτές τις διαδικασίες, οι πιο κοινές πηγές θερμότητας είναι η ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση της διαδικασίας. Λέβητες βιομάζας χρησιμοποιούνται επίσης, αλλά αυτή η τεχνολογία είναι πιο ακριβή. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του λέβητα βιομάζας διαφορετικά είδη καυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν δηλαδή ξύλο, άχυρο, πλαστικό, κλπ.

Η θερμοκρασία τήξης του σιδήρου πρέπει να επιτευχθεί κατά την παραγωγή σιδήρου και διαφόρων τύπων χάλυβα. Ως εκ τούτου, οι θερμοκρασίες υπερβαίνουν τους 1.538 °C (σημείο τήξης σιδήρου). Στην περίπτωση παραγωγής τσιμέντου, θερμοκρασία 1.400 – 1.500 °C χρησιμοποιείται για να σχηματίσει κλίνκερ από διαφορετικά μέταλλα. Για την παραγωγή του γυαλιού, οι θερμοκρασίες μπορούν να φθάσουν τους 1200 °C κατά την παραγωγή

λιωμένο χαλαζία γυαλί. Η θερμότητα που παράγεται μπορεί να ανακτηθεί από τα καυσαέρια με εναλλάκτες θερμότητας και χρησιμοποιούνται για π.χ. συγκεκριμένα συστήματα τηλεθέρμανσης ή άλλες βιομηχανικές διεργασίες που χρησιμοποιούν χαμηλότερες θερμοκρασίες.

- Μεσαίες και χαμηλής θερμοκρασίας εφαρμογές (Μεσαία: 120 - 1000 °C. Χαμηλή: κάτω από 120 °C)

Ένας μεγάλος αριθμός διεργασιών στον κλάδο χρησιμοποιούν θερμότητα σε μεσαίες και χαμηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα:

- Παραγωγή πλαστικών υλών: 180-290 °C. Το μεγάλο εύρος θερμοκρασίας οφείλεται στις διαφορετικές θερμοκρασίες τήξης των διαφόρων τύπων που χρησιμοποιούνται συνήθως πλαστικό
- Παραγωγή γυψοσανίδας: 170 °C
- Παραγωγή ασφάλτου και ασφαλτικών παραγόντων: 160 °C
- Τεχνολογίες Ξήρανσης: 160-180°C

Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, οι διαδικασίες θέρμανσης και ξήρανσης χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες, όπως τα γαλακτοκομικά προϊόντα, ζυθοποιεία, τα χημικά προϊόντα, βιομηχανία τροφίμων, τα σφαγεία, η παραγωγή των χρωμάτων, κλωστοϋφαντουργία και η βιομηχανία ορυκτών προϊόντων πετρελαίου.

➤ Τεχνολογίες Αντλίας Θερμότητας

Στη βιομηχανία, οι αντλίες θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές με χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 120°C). Η αντλία θερμότητα που χρησιμοποιούνται σε αυτή την κλίμακα είναι ως επί το πλείστον το ίδιο μέγεθος με μεγάλες αντλίες θερμότητας που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Οι αντλίες θερμότητας είναι ενσωματωμένες σε διάφορες βιομηχανίες και κάνουν χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας από διάφορες διαδικασίες και ως εκ τούτου βελτιώνει την συνολική απόδοση μιας βιομηχανικής διαδικασίας ή μιας εταιρείας γενικά.

2.3.2 Βιομηχανικά Συστήματα Ψύξης

➤ Τεχνολογίες Ψύξης

Η ψύξη είναι απαραίτητη σε ορισμένες βιομηχανικές διεργασίες για την παραγωγή τροφίμων και για τη διαδικασία ψύξης. Διαδικασία ψύξης καλύπτει επίσης ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, όπου τα υλικά πρώτα θερμαίνονται και στη συνέχεια ψύχονται. Ψύξη χρησιμοποιείται επίσης στην παραγωγή και την αποθήκευση κτηρίων.

Οι κυριότεροι τύποι ψύξης είναι[16]:

- Μηχανικός τρόπο συμπίεσης ψύξη. (μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χαμηλές θερμοκρασίες, χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια ως κινητήρια ενέργεια για την συμπίεση)

- Πύργους ψύξης (ελεύθερη ψύξη/φυσική ψύξη, η θερμοκρασία ψύξης εξαρτάται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος του βολβού, χρησιμοποιεί μόνο ηλεκτρική ενέργεια για κυκλοφορία του νερού και του αέρα)
- Θερμικά οδηγείται ψύξη (ψύξη απορρόφηση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη θερμοκρασίες μέχρι 0°C, χρησιμοποιεί τη θερμότητα με σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (καλύτερα άνω των 120°C), όσο η ενέργεια οδηγεί τη διαδικασία. Παραδείγματα πηγών θερμότητας είναι η ηλιακή θερμότητα, απόβλητη θερμότητα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, γεωθερμική ενέργεια, κλπ)?
- Ψύξη των υπογείων υδάτων (θερμοκρασία ψύξης εξαρτάται από την θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων). Αυτή η τεχνολογία είναι ουσιαστικά ελεύθερο CO₂, καθώς μόνο η ενέργεια είναι καταναλώνεται στην αντλία κυκλοφορίας.

➤ Ανάλογα τη θερμοκρασία

- “Πολύ” υψηλή θερμοκρασία

Περιλαμβάνει ψύξη σχετική με την διαδικασία παραγωγής, π.χ. πλαστικό. Εδώ η ψύξη είναι αναγκαία για την επιτάχυνση της παραγωγής και χρησιμοποιεί τυπικές θερμοκρασίες υψηλότερες από 20°C. Η ψύξη συνήθως παρέχεται από ελεύθερη ψύξη ή με εναλλάκτη θερμότητας, η οποία μπορεί ανακτήσει τη θερμότητα για διεργασίες θέρμανσης.

- Υψηλή και μεσαία θερμοκρασία

Η ψύξη υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιεί τυπικές θερμοκρασίες στην περιοχή μεταξύ 5 έως 20 °C και χρησιμοποιείται συχνά για δρόσο. Η ψύξη μεσαίας θερμοκρασίας είναι στο εύρος μεταξύ 0 και 5°C και χρησιμοποιείται για ψυκτικούς θαλάμους. Υψηλής και μέσης ψύξη θερμοκρασία καλύπτει επίσης αρκετές διαδικασίες σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς όπου υπάρχει ανάγκη για την ψύξη των προϊόντων και χώρων, όπως αίθουσες ή εξοπλισμό παραγωγής. Συνήθως, οι μηχανικοί (ηλεκτρικό) συμπιεστές χρησιμοποιούνται αλλά και μερικές από τις εναλλακτικές τεχνολογίες που περιγράφονται παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις.

- Χαμηλή θερμοκρασία

Η ψύξη χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιεί θερμοκρασίες κάτω από 0 °C. Η πιο κοινή είναι η κατάψυξη και ψύξη των τροφίμων και των δωματίων. Μηχανικοί (ηλεκτρικοί) συμπιεστές χρησιμοποιούνται. Εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί από τις τεχνολογίες και τεχνικές που περιγράφονται στο κεφάλαιο για συνδυασμένη θέρμανση και ψύξη.

2.4 Οικιακές τεχνολογίες

Αυτή η ενότητα παρέχει μια επισκόπηση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στις υπηρεσίες και στον οικιακό τομέα.

2.4.1 Λέβητας φυσικού αερίου(και πετρελαίου)

Αυτή η ενότητα εστιάζει σε λέβητες φυσικού αερίου, οι οποίες αναμένεται να έχουν ένα πιο σημαντικό ρόλο στην μέλλον σε σύγκριση με λέβητες πετρελαίου, οι οποίοι κατά πάσα πιθανότητα θα αντικατασταθούν από άλλες τεχνολογίες θέρμανσης. Ως εκ τούτου, είναι περιορισμένες οι πληροφορίες που παρέχονται σχετικά με τους λέβητες πετρελαίου.

Σε λέβητες αερίου, το αέριο καίγεται και το παραγόμενο καπναέριο διέρχεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, όπου το ζεστό καπναέριο μεταφέρει θερμότητα σε ένα άλλο μέσο, το οποίο συνήθως είναι νερό. Το νερό διανέμεται σε ζεστούς εκπομπούς στα συστήματα θερμότητας χώρου ή/και την παραγωγή ζεστού νερό. Για κάθε μέρος του συστήματος, υπάρχουν διάφορες επιλογές σχεδιασμού, οι οποίες μπορεί να τροποποιηθούν σε προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση. Ένα παράδειγμα τέτοιας τροποποίησης είναι η εκπομπή θερμότητας, οι οποίοι μπορεί να σχεδιαστούν με ένα μεγάλο εκπομπό θερμότητας που παρέχει τη δυνατότητα να έχουν χαμηλή θερμοκρασία εφοδιασμού για την εκπομπή θερμότητας. Ο εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να κατασκευαστεί με τρόπο ώστε να μεταφέρει τη μέγιστη δυνατή ενέργεια από τα καυσαέρια τα οποία επιτρέπουν τα συμπυκνώματα καπναερίου βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα.

Λέβητες αερίου χρησιμοποιούνται με πολλές διαφορετικές χωρητικότητες, το μέγεθος των λεβήτων αερίου κυμαίνεται σε ονομαστικές χωρητικότητες από 10 kW για μικρές εφαρμογές με 750 kW για ένα μεγάλο μεγέθους κτίριο. Το σύστημα διανομής φυσικού αερίου (και πετρελαίου) είναι αρκετά ευέλικτο και έχει σχετικά χαμηλό κόστος εγκατάστασης. Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων, τα συστήματα αυτά μπορούν να συνδυαστούν με λιγότερο ευέλικτα συστήματα όπως τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης ή συστήματα, τα οποία έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης ανά εγκατεστημένη ισχύ.

Λέβητες καύσης αερίου είναι κοινά ως πρωτεύον για μεμονωμένα συστήματα, καθώς και για κεντρικά συστήματα, και ως βοηθητική μονάδα σε συστήματα τηλεθέρμανσης και συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως τα ηλιακά ενεργειακά συστήματα.

Οι ρύποι που εκπέμπονται από τη διαδικασία καύσης του φυσικού αερίου και του πετρελαίου είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξειδία του αζώτου (NO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και μεθάνιο (CH₄). Οι καυστήρες πετρελαίου εκπέμπουν τα ίδια όπως και οξειδία του θείου (SO_x), πτητικές οργανικές ενώσεις (C_xH_y) και "Αιθάλη" (αιωρούμενα σωματίδια, PM). Οι μελέτες οικολογικού σχεδιασμού έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι εκπομπές τόσο CO όσο και NO_x (και εκπομπές γενικότερα) μπορούν να μειωθούν, διατηρώντας ή βελτιώνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα[10].

Οι λέβητες συμπίκνωσης αερίου θεωρείται ως βέλτιστη διαθέσιμη τεχνολογία στην αγορά, διότι, εκτός του ότι έχουν δημιουργήσει το δικό τους κράτος στην αγορά έχουν μόνο ένα μικρό περιθώριο βελτίωσης της αποτελεσματικότητας τους.

Οι αποδόσεις του συστήματος φαίνονται από την ακόλουθη εξίσωση. Η εποχική θέρμανση χώρου έχει απόδοση [11], που υπολογίζεται ως εξής:

$$n_s = n_{son} \cdot \Sigma F (i)$$

Όπου:

n_s : Εποχιακός χώρος αποδοτικότητας των συστημάτων θέρμανσης

n_{son} : Εποχιακή σταθερή κατάσταση θερμικής απόδοσης σε κατάσταση λειτουργίας.

$\Sigma F (i)$: Ο διορθωτικός συντελεστής. Υποτίθεται ότι είναι 3,5%.

Η εποχιακή σταθερή κατάσταση θερμικής απόδοσης σε κατάσταση λειτουργίας υπολογίζεται ως εξής:

$$n_{son} = 0,85 \cdot \eta_1 + 0,15 \cdot \eta_4 = 0,85 \cdot 97\% + 0,15 \cdot 89\% = 95,8\%$$

Το πλεονέκτημα του συστήματος λέβητα φυσικού αερίου είναι ότι πολλές χώρες έχουν μεγάλα δίκτυα διανομής φυσικό αέριο και η τεχνολογία είναι ευέλικτη. Το μειονέκτημα της τεχνολογίας είναι ότι χρησιμοποιεί μια με βάση τα ορυκτά ως πηγή ενέργειας.

2.4.2 Ηλιακά Θερμικά συστήματα θέρμανσης

Ηλιακά συστήματα θέρμανσης μπορούν να εφαρμοστούν για θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης μόνο του ή σε συνδυασμό με θέρμανση χώρου. Υπάρχουν διάφορα είδη για οικιακά συστήματα ζεστού νερού. Μία διάκριση είναι αν είναι θερμοσιφωνικό σύστημα ή σύστημα με αντλίες. Μια τρίτη παραλλαγή ένας συλλέκτης με ενσωματωμένη αποθήκευση.

Τα κύρια συστατικά είναι ο συλλέκτης που συλλέγει την ηλιακή ενέργεια, μια θερμική μονάδα αποθήκευσης η οποία μεταφέρει την θερμότητα στο χώρο αποθήκευσης και την κρατά για μελλοντική χρήση και, τέλος, γεννήτρια θερμότητας (εφεδρικό σύστημα), το οποίο θερμαίνει το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία.

Οι συλλέκτες μπορούν να είναι εφυσωμένα ή μη τζάμια, επίπεδη πλάκα ή κενός σωλήνας. Η ροή προς το συλλέκτη μπορεί να είναι τύπου χαμηλής ροής ή με αντλίες παρέχοντας μια υψηλή ροή. Υποτίθεται ότι το ηλιακό σύστημα είναι συμπληρωματικό σύστημα, επειδή είναι πιο κοινό να καλύπτει μικρότερο ποσοστό από 50% του ζεστού νερού και της ζήτησης για θέρμανση χώρου. Η απόδοση εξαρτάται από το μέγεθος του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας.

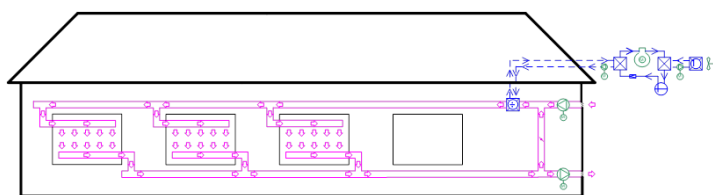
Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, ότι εκτός από άμεση εξοικονόμηση, υπάρχουν συχνά σημαντικές έμμεσες εξοικονομήσεις από την ηλιακή θέρμανση εάν ο λέβητας μπορεί να είναι κλείσει εντελώς κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου, όπου οι απώλειες είναι υψηλές.

Ένας μεγάλος αριθμός από επιλογές σχεδιασμού έχουν υπολογιστεί, προκειμένου να προσπαθήσει να βρείτε τις καλύτερες διαθέσιμες τεχνολογίες (ΒΔΤ). Το κόστος είναι ο περιορισμός για εγκατάσταση ενός ηλιακού συστήματος για θέρμανση και η ενσωμάτωσή του με το σύστημα θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Τα συστήματα είναι πολύ διαφορετικά στη Βόρεια και Νότια Ευρώπη, τα λιγότερο ακριβά είναι τα θερμοσιφωνικά συστήματα για ΖΝΧ, σύνηθες στην Ελλάδα. Το πιο ακριβό είναι τυπικά ο συνδυασμός ζεστού νερού ΖΝΧ και συστήματα θέρμανσης χώρου που βρέθηκαν στη γερμανική αγορά. Το ηλιακό σύστημα ΒΔΤ θεωρείται ότι είναι "κενού τύπου»[8], επειδή αυτός ο τύπος συλλέκτη με γυάλινο σωλήνα προσφέρει υψηλή απόδοση ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Διαφορετικά μεγέθη του συστήματος (τομείς) χρησιμοποιούνται με ελάχιστο εμβαδόν 4 m². Η εγκατάσταση ηλιακού είναι σχεδόν ανεξάρτητο από το μέγεθος του συλλέκτη, δεν θεωρείται οικονομικά εφικτή να χρησιμοποιούν μικρότερα συστήματα. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεταξύ 290 και 300 kWh/m. Το κόστος της επένδυσης είναι μεταξύ 1.700 και 1.900 €/ (MWh ·α).

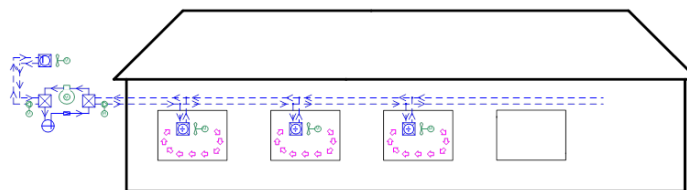
Το πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι χρησιμοποιεί μια ελεύθερη πηγή ενέργειας από CO₂. Το μειονέκτημα της επένδυσης είναι ότι η τεχνολογία χρειάζεται μια εφεδρική πηγή ενέργειας. Η τεχνική εξαρτάται επίσης σχετικά με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία.

2.4.3 Κλιματισμός σε κτίρια

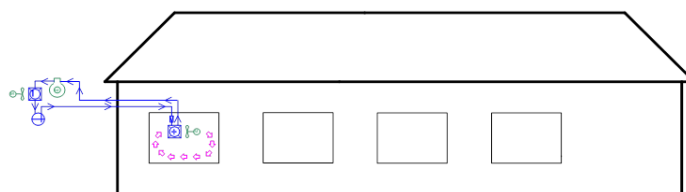
Οι διαφορετικοί τύποι συστημάτων ψύξης που χρησιμοποιούνται είναι, κεντρικό σύστημα ψύξης (Σχήμα 2.6), ένα ψύξης σύστημα με ξεχωριστά πηνία ανεμιστήρα και ένα κεντρικό ψύκτη (Σχήμα 2.7) και, τέλος, ένα σύστημα ψύξης διάσπασης(Σχήμα 2.7). Το σύστημα ψύξης διάσπαση μπορεί να είναι αναστρέψιμη πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα σύστημα ψύξης, καθώς και μια αντλία θερμότητας. Τα συστήματα που απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα.



Εικόνα 2.6: Κεντρικό σύστημα ψύξης με το κτίριο να ψύχεται μέσω φρεατίων εξαερισμού



Εικόνα 2.7: Κεντρικό σύστημα ψύξης με το κτίριο να ψύχεται μέσω ενός κλειστού κυκλώματος νερού



Εικόνα 2.8: Απομονωμένο σύστημα ψύξης - Ένα εξωτερικό τμήμα και ένα εσωτερικό τμήμα για κάθε δωμάτιο

Ανεξάρτητες μονάδες κλιματισμού και η αναστρέψιμη ψύξη χρησιμοποιούνται συνήθως λόγω της μεγάλης ευελιξίας και κόστους σε σύγκριση με άλλα πιο ακριβά συστήματα. Σχεδόν όλα τα επαγγελματικά συστήματα χρησιμοποιούν την τεχνολογία inverter διότι παρέχει καλύτερη απόδοση. Οι διάρκειες ζωής των συστημάτων είναι 12 χρόνια και το κόστος συντήρησής τους ανέρχεται στο 4% της αρχικής επένδυσης [13].

Συστήματα εξαερισμού για δροσισμό, τα οποία είναι ενσωματωμένα σε μεγάλα κτίρια, είναι πολύ πιο δύσκολο να αξιολογηθούν. Αυτά τα συστήματα είναι ελεγχόμενα με τρόπο, που συχνά οδηγούν σε μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας σε σύγκριση με τις ανάγκες ψύξης. Αυτό συμβαίνει γιατί τα συστήματα λειτουργούν για μια μικρή περίοδο του χρόνου. Εκτιμάται ότι το κόστος του συστήματος ψύξης και μόνο είναι περίπου 333 €/kW της ψύξης. Για το συνολικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένων σωλήνων και εξαρτημάτων το συνολικό κόστος είναι περίπου 533 €/kW της ψύξης.

Σε πολλές περιπτώσεις, είναι δυνατόν να παρέχεται ένα μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την άνεση ψύξη από ηλιακά κύτταρα λόγω της μεγάλης συσχέτισης που υπάρχει μεταξύ της ανάγκης για την ψύξη και τον ηλιακό ακτινοβολίας. Οι περισσότερες μονάδες κλιματισμού split- αέρα είναι αναστρέψιμες και μπορούν να παρέχουν θέρμανση κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού του συστήματος είναι στενά συνδεδεμένο με τις καιρικές συνθήκες ειδικά με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η ενεργειακή απόδοση του συστήματος ψύξης μειώνεται κατά περίπου 3% για κάθε αύξηση °C από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το μειονέκτημα είναι το κόστος της επένδυσης και ότι η τεχνολογία χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει. Με τους inverter αναμένεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έως και 30% σε σύγκριση με τον έλεγχο on/off ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος και την ζήτηση ψύξης.

2.4.4 Αντλίες θερμότητας

Αυτή η ενότητα περιγράφει τις πιο κοινές αντλίες θερμότητας με υδραυλικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση χώρων και ZNX[8]. Μερικά από τα συστήματα είναι αναστρέψιμα και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς ψύξης:

- Επίγειας πηγής κλειστού βρόχου αντλίας θερμότητας άλμης/νερού

Ο πιο κοινός τύπος του εδάφους πηγή αντλίας θερμότητας είναι η αντλία θερμότητα συμπίεσης ατμών. Η χρησιμοποιούμενη πηγή θερμότητας είναι ένας οριζόντιος συλλέκτης

στο έδαφος ή ένα κατακόρυφο συλλέκτη στο έδαφος. Ο οριζόντιος συλλέκτης συνήθως τοποθετείται σε βάθος 0,6 έως 1,5 μ. Κάθετοι συλλέκτες μπορούν να έχουν μήκος έως 250 m, αλλά συνήθως έχουν ένα μήκος 100 m. Μια άλλη δυνατότητα είναι να χρησιμοποιήσει το έδαφος ή την επιφάνεια του νερού. Τα επίπεδα της θερμοκρασίας του χώρου θέρμανσης συστήματος είναι συνήθως 55/45 ° C (προσαγωγής και επιστροφής θερμοκρασίες) για τα υφιστάμενα κτίρια στα οποία οι υφιστάμενες θερμαντικά σώματα χρησιμοποιούνται συχνά. Για τα νέα κτίρια χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας εμφανίζονται, π.χ. 35/28 ° C, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με καλά μονωμένα κτίρια και καλή εφαρμογή των συστημάτων θέρμανσης δαπέδου. Αυτές οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται συχνά τόσο για θέρμανση χώρου και ζεστό νερό. Σχεδιάζονται για να καλύψουν το 50 στο 60% της μέγιστης απαιτούμενη ισχύ. Τα συστήματα αυτά χρειάζονται ένα εφεδρικό σύστημα, το οποίο μπορεί να είναι ηλεκτρικό ή καύσιμο. Ωστόσο, ένα τυπικό σύστημα μπορεί να καλύπτει το 80 έως 95% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Τυπικό κόστος για εγκατάσταση 8 kW είναι μεταξύ 10.000-16.000€.

➤ Αντλία θερμότητας εξάτμισης αέρα/νερού

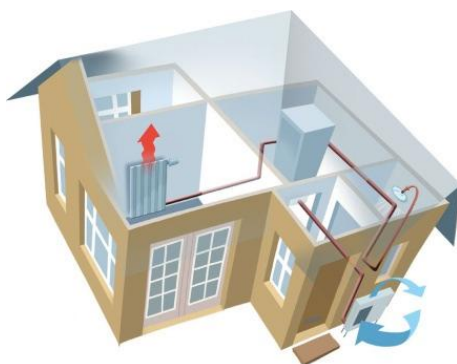
Η αντλία θερμότητας εξάτμισης αέρα/νερού χρησιμοποιεί μια αντλία θερμότητας συμπίεσης ατμού, όπου η πηγή θερμότητας είναι ο αέρας εξαερισμού καυσαερίων. Το σύστημα θα πρέπει να συνδυαστεί με ένα μηχανικό σύστημα απαγωγής εξαερισμού. Αυτός ο τύπος συστήματος περιορίζεται από τη ροή του αέρα εξαγωγής και δεν μπορεί επομένως να σχεδιαστεί για να καλύπτει περισσότερο από το 50 στο 60% της μέγιστης ισχύος για θέρμανση στο σπίτι. Ως εκ τούτου, μια παράλληλη ηλεκτρική πηγή (ή άλλη πηγή θερμότητας) θα πρέπει να είναι διαθέσιμη και χρησιμοποιείται σε παράλληλη λειτουργία. Αυτό το είδος της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιείται είτε ως θερμοσίφωνα ή για συνδυασμένη θέρμανση χώρου και θέρμανση νερού οικιακής χρήσης. Το κόστος είναι συνήθως μεταξύ των 2.000 και 3.500 € για τύπο με ζεστό νερό και 6.000 € για ένα συνδυασμό αντλία θερμότητας που καλύπτει επίσης τη θέρμανση χώρου. Η αποτελεσματικότητα είναι συγκρίσιμη με άλλα συστήματα αντλίας θερμότητας λόγω της σχετικής υψηλής θερμοκρασίας του αέρα εξαγωγής. Έχει αναφερθεί ότι για τη θέρμανση του αέρα αερισμού το σύστημα αυτό, σε συνδυασμό με έναν εναλλάκτη θερμότητας αέρα η απόδοση θα είναι 310%[8].



Εικόνα 2.8: Εικονογράφηση αντλία θερμότητας εξάτμισης αέρα/νερού

➤ Αντλίες θερμότητας εξωτερικού αέρα/νερού

Αυτό το είδος της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιεί εξωτερικούς αέρα ως πηγή θερμότητας. Ένα μειονέκτημα του αέρα πηγή αντλίες θερμότητας είναι η χαμηλότερη απόδοση που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, διότι έξω οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Επιπλέον, οι αντλίες θερμότητας αέρα-πηγή χρειάζονται ένα κύκλο απόψυξης. Εάν η εξωτερική θερμοκρασία πέφτει, κοντά ή χαμηλότερα από τη θερμοκρασία κατάψυξης, υγρασία του αέρα θα συμπυκνωθεί και θα παγώσει στον εναλλάκτη θερμότητας εξωτερικού χώρου. Ο πάγος στον εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας μειώνει την απόδοση της αντλίας θερμότητας και την ίδια στιγμή ο πάγος θα πρέπει να είναι απομακρυνθεί από τον κύκλο απόψυξης. Αυτό μπορεί να γίνει π.χ. με θέρμανση του εξωτερικού ανταλλάκτη θερμότητας. Το κόστος κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 3.000 € για ένα σύστημα μόνο για θέρμανση χώρου χωρίς αποθηκευτική δεξαμενή και 10.000 € για ένα συστήματος combi (επίσης για ZNX) με μια δεξαμενή αποθήκευσης. Η απόδοση αυτού του συστήματος κυμαίνεται 250-440% για θέρμανση και ψύξη και 250-300% για τη θέρμανση[14].



Εικόνα 2.9: Απεικόνιση αντλίας θερμότητας αέρα/νερού

➤ Αντλία θερμότητας αέρα/αέρα

Οι αντλίες θερμότητας αέρος-αέρος είναι πιο διαδεδομένα στην αγορά επειδή είναι λιγότερο ακριβά και είναι εύκολα στην εγκατάσταση. Περιοχές με κτίρια που κυρίως χρειάζεται ψύξη και μόνο ένα περιορισμένο ποσό της θέρμανσης χώρου μπορούν να εξυπηρετούνται από αναστρέψιμη αντλία θερμότητας αέρα/αέρα που έχει λειτουργία ψύξης και θέρμανσης. Ακόμα κι αν το COP σε λειτουργίες θέρμανσης αυτών των συστημάτων πέφτει σε χαμηλές θερμοκρασίες (και με τους κύκλους απόψυξης) Τα συστήματα αυτά έχουν ένα υψηλό μερίδιο αγοράς στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη. Το τυπικό κόστος είναι 2.000 με 3.000€ για ένα συμπαγές σύστημα, εξαιρουμένων των δαπανών για τα σύστημα διανομής.



Εικόνα 2.10: Απεικόνιση συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα/αέρα

Το πλεονέκτημα του συστήματος αντλίας θερμότητας είναι ότι χρησιμοποιεί ελεύθερη ενέργεια από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα και μετατρέπει σε υψηλότερη θερμοκρασία. Το μειονέκτημα είναι το κόστος του αναγκαίου εξοπλισμού. Το μέγεθος της αντλίας θερμότητας έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να χρειάζεται ένα εφεδρικό σύστημα, το οποίο θα μπορούσε να είναι ηλεκτρικό ή καύσιμα.

Κατά τη σύγκριση των διαφόρων επιλογών της αντλίας θερμότητας (σε ψυχρά κλίματα) η πηγή έδαφος με κλειστό βρόχο σε γενικές γραμμές έχει μια καλύτερη ενεργειακή απόδοση από τον αέρα με βάση τις αντλίες θερμότητας του περιβάλλοντος, λόγω του κρύου αέρα του περιβάλλοντος στα μέσα του χειμώνα (και ως εκ τούτου χαμηλή απόδοση) και οφείλεται σε περιοδικά απόψυξη του εξατμιστή. Η πηγή έδαφος κλειστού βρόχου αντλίας θερμότητας σε γενικές γραμμές έχει μεγαλύτερες επενδυτικές δαπάνες από την αντλία θερμότητας με βάση ατμοσφαιρικού αέρα.

Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

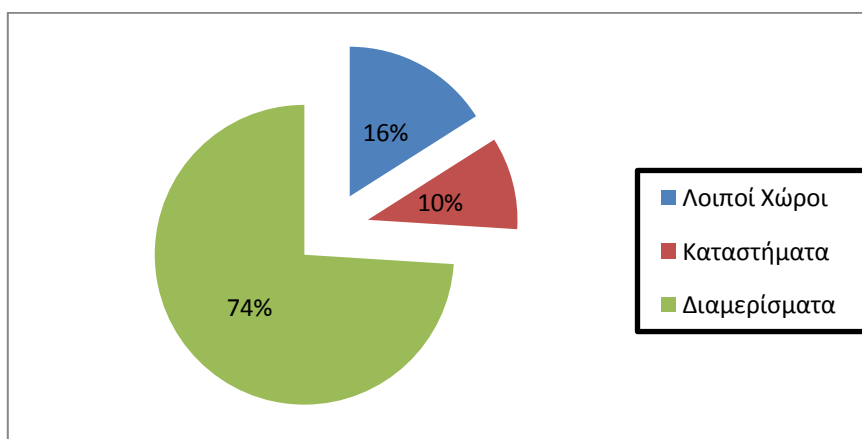
3.1 Περιγραφή του υπό μελέτη συγκροτήματος

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε ένα συγκρότημα πολυκατοικιών που συγκροτείται από 4 πολυκατοικίες με την κάθε μια να αποτελείται από υπόγειο, ισόγειο, μαγαζιά και τέσσερις ορόφους. Το συγκρότημα που επιλέχθηκε βρίσκεται στην πόλη της Λιβαδειάς του νομού Βοιωτίας επί των οδών Αισχύλου Ορχομενού και Γαλαξειδίου. Το συγκρότημα χωρίζεται σε δύο τμήματα, το νότιο τμήμα επί της οδού Αισχύλου αποτελείται από δύο τετραώροφες πολυκατοικίες που η κάθε μία έχει δύο διαμερίσματα στον όροφο και στο ισόγειο 3 μαγαζιά, το βόρειο τμήμα επί των οδών Ορχομενού και Γαλαξειδίου αποτελείται από δύο τετραώροφες πολυκατοικίες που κάθε μία έχει τρία διαμερίσματα στον όροφο με πιλοτή. Τα δύο τμήματα χωρίζονται μεταξύ τους από μία κοινόχρηστη πισίνα και 5 στεγασμένα παρκινγκ. Τα διαμερίσματα έχουν οικιακή χρήση έτσι η μελέτη της ενεργειακής τους απόδοσης μας οδηγούν στην βελτίωση των υφιστάμενων κτιρίων καθώς και στην βελτιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών σε μελλοντικές ανοικοδομήσεις.

Οι πολυκατοικίες κατασκευάστηκαν το 2002 και λειτούργησαν την ίδια χρονιά ως διαμερίσματα από την κατασκευαστική εταιρεία με επωνυμία "ΑΦΟΙ ΣΚΛΑΠΑΝΗ ΑΤΒΕΕ".

Έως και σήμερα στεγάζονται 40 οικογένειες. Όπως προείπαμε κάθε όροφος έχει δύο με τρία διαμερίσματα ενώ στο υπόγειο βρίσκεται το λεβητοστάσιο και οι αποθήκες.

Το συγκρότημα βρίσκεται στην περιοχή της Λιβαδειάς (Γεωγραφικό πλάτος:38,44 και Γεωγραφικό Μήκος:22.87). Ο συνολικός όγκος είναι $18.489,53m^3$ και η συνολική επιφάνεια $6142,98m^2$. Πιο συγκεκριμένα, τα διαμερίσματα του συγκροτήματος έχουν εμβαδόν $4551,65m^2$, τα καταστήματα μαζί με τις αποθήκες τους είναι $598,63m^2$ και λοιποί χώροι (λεβητοστάσιο, μηχανοστάσιο, αποθήκες διαμερισμάτων και κοινόχρηστοι χώροι) είναι $992,7m^2$. (Διάγραμμα 3.1)



Διάγραμμα 3.1: Κατανομή Χρήσης Χώρων Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

Αναλυτικά, οι επιφάνειες και οι όγκοι των 2 τμημάτων του συγκροτήματος δίδονται από τους παρακάτω πίνακες:

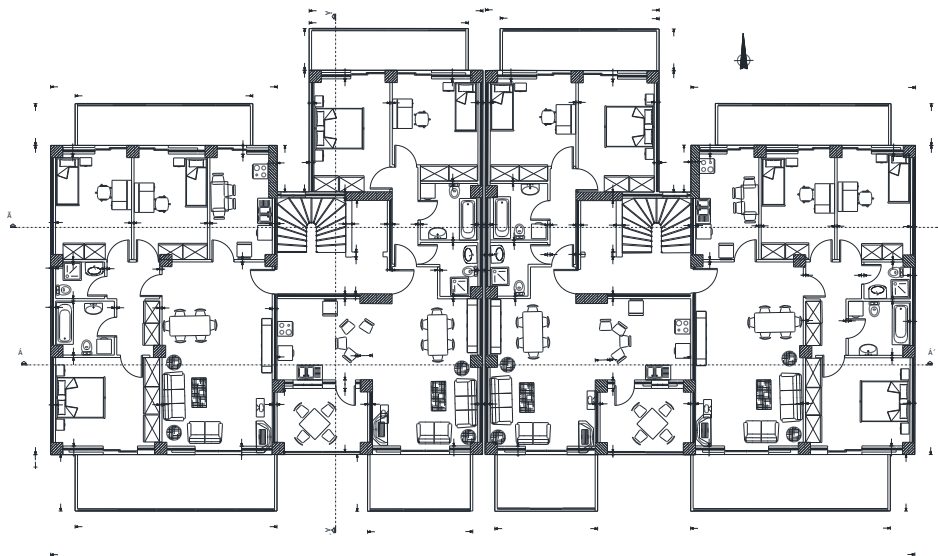
Πίνακας 3.1: Κατανομή Εμβαδού και Όγκου Νότιου Τμήματος ανά όροφο

Χώρος	Εμβαδόν σε (m ²)	Ύψος (σε m)	Όγκος (σε m ³)
Υπόγειο	489,24	3	1467,72
Ισόγειο	465,33	3	1395,99
1ος Όροφος	461,9	3	1385,7
2ος Όροφος	461,9	3	1385,7
3ος Όροφος	461,9	3	1385,7
4ος Όροφος	461,9	3	1385,7
Σύνολο	2802,17		8406,51

Πίνακας 3.2: Κατανομή Εμβαδού και Όγκου Βόρειου Τμήματος ανά όροφο

Χώρος	Εμβαδόν (σε m ²)	Ύψος (σε m)	Όγκος (σε m ³)
Υπόγειο	149,41	2,8	418,348
1ος Όροφος	642,08	3	1926,24
2ος Όροφος	642,08	3	1926,24
3ος Όροφος	642,08	3	1926,24
4ος Όροφος	642,08	3	1926,24
Σύνολο	2717,73		8123,308

Στη συνέχεια, παρατίθενται οι κατόψεις των αντίστοιχων ορόφων οι οποίοι είναι πανομοιότυποι για κάθε όροφο του τμήματος. Για το νότιο τμήμα παρουσιάζεται παρακάτω:

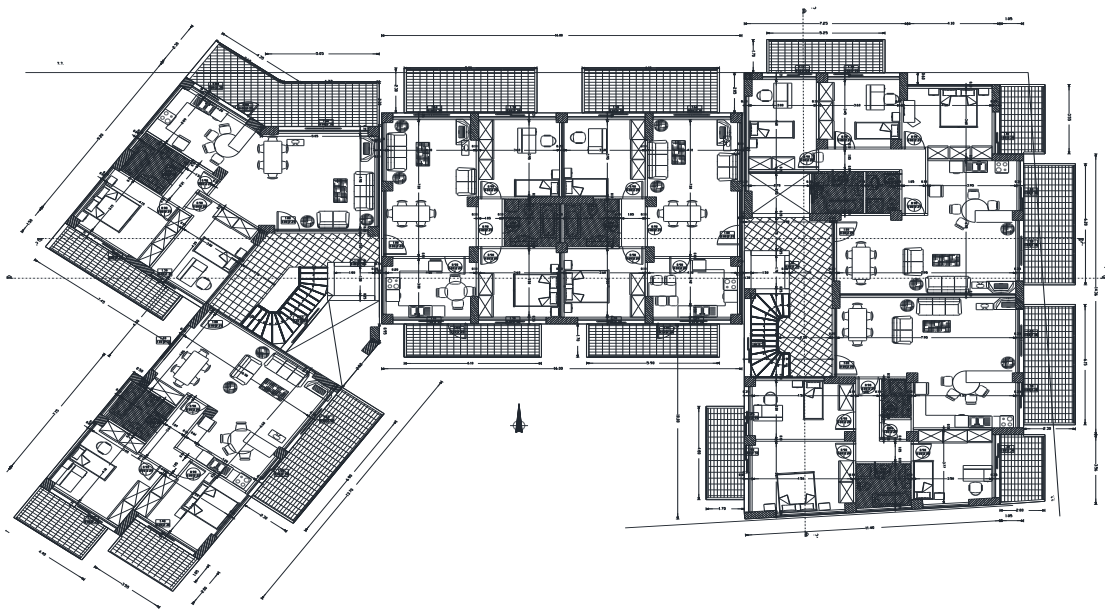


Σχήμα 3.1: Κάτοψη Ορόφου Νότιου Τμήματος



Εικόνα 3.1: Νότιο Τμήμα Συγκροτήματος

Για το βόρειο τμήμα:

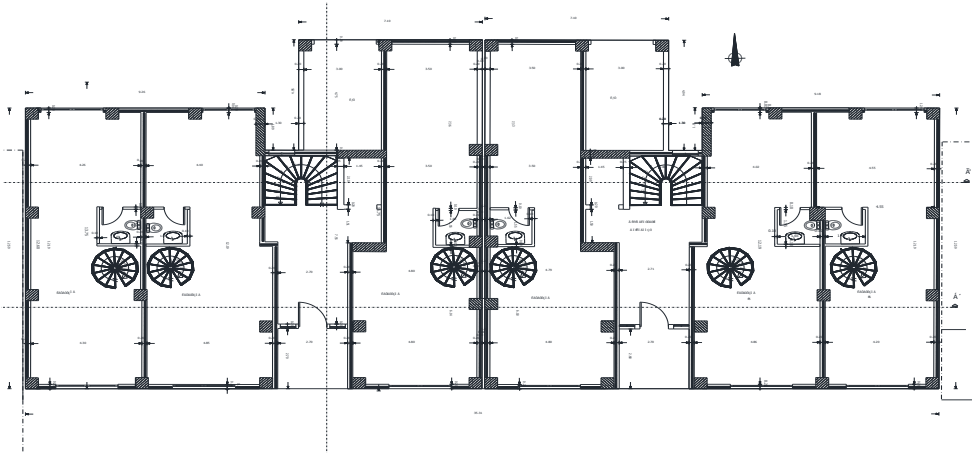


Σχήμα 3.2: Κάτοψη Ορόφου Βόρειου Τμήματος



Εικόνα 3.2: Βόρεια Τμήμα Συγκροτήματος

Το ισόγειο του Νότιου συγκροτήματος αποτελείται από μαγαζιά τα οποία είναι άδεια:



Εικόνα 3.3: Ισόγειο Νότιου Τμήματος του Συγκροτήματος

Οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στο συγκρότημα είναι η ηλεκτρική ενέργεια και το πετρέλαιο θέρμανσης.

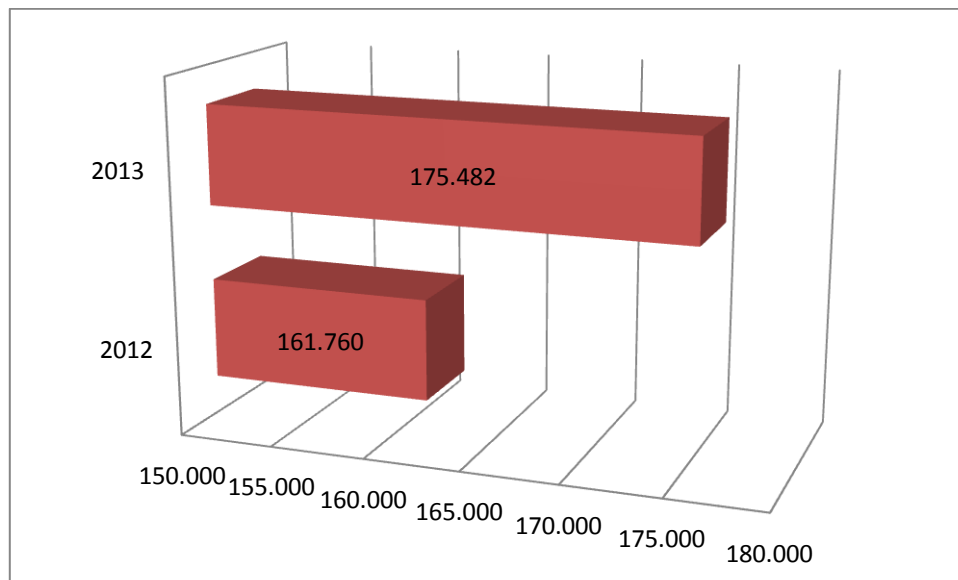
3.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για το φωτισμό του συγκροτήματος, την ψύξη-θέρμανση και τις ηλεκτρικές συσκευές. Το συγκρότημα είναι καταναλωτής χαμηλής τάσης (ΧΤ) και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται με βάση το τιμολόγιο Γ1 οικιακή χρήση της ΔΕΗ. Οι καταναλώσεις σε kWh από τα τιμολόγια της ΔΕΗ για τα έτη 2012 και 2013 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3. Το σύνολο σε ευρώ (€) είναι με φόρους. Η τιμή της kWh και για τα δύο έτη είναι 0,09460 €/kWh.

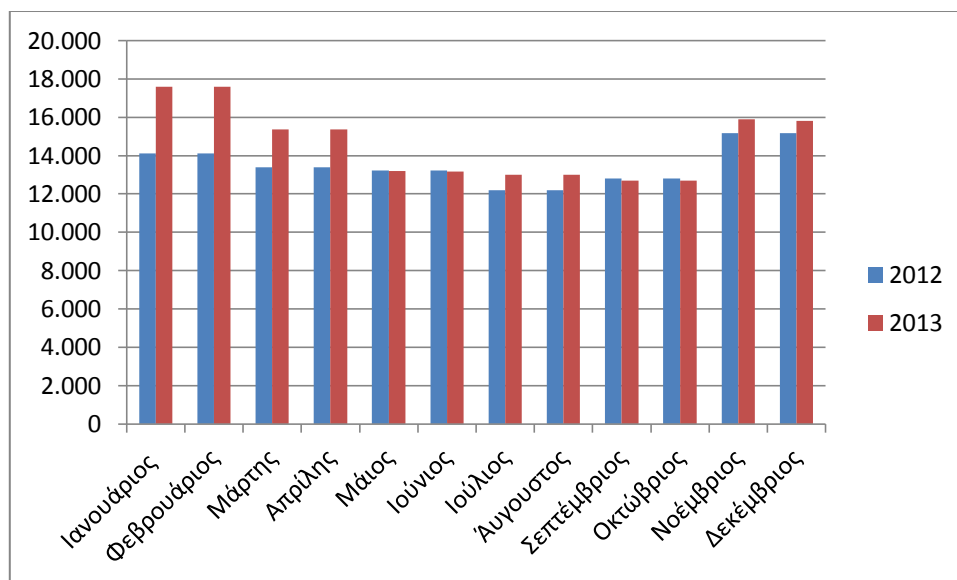
Πίνακας 3.3: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) στο συγκρότημα

Μήνας	2012	2013
Ιανουάριος	14.101	17.605
Φεβρουάριος	14.101	17.605
Μάρτης	13.379	15.379
Απρίλης	13.379	15.379
Μάιος	13.221	13.197
Ιούνιος	13.221	13.178
Ιούλιος	12.206	13.001
Αύγουστος	12.206	13.001
Σεπτέμβριος	12.805	12.706
Οκτώβριος	12.805	12.706
Νοέμβριος	15.168	15.908
Δεκέμβριος	15.168	15.817
Σύνολο	161.760	175.482

Ακολουθούν τα διαγράμματα της ετήσιας κατανάλωσης σε kWh (Διάγραμμα 3.2) και της μηνιαίας κατανάλωσης (Διάγραμμα 3.3) με βάση τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. για την τελευταία διετία.



Διάγραμμα 3.2: Ετήσια Κατανάλωση Ηλεκτρισμού βάση τιμολογίων ΔΕΗ τα έτη 2012,2013



Διάγραμμα 3.3: Μηνιαία Κατανάλωση Ηλεκτρισμού βάση τιμολογίων ΔΕΗ για τα έτη 2012 και 2013

Από το διάγραμμα 3.2 φαίνεται ότι υψηλότερη κατανάλωση έχουμε για το έτος 2013 όπου η διαφορά είναι περίπου ίση με 13.722 kWh. Από το διάγραμμα 3.3 παρατηρείται ότι ενώ η μηνιαία κατανάλωση του συγκροτήματος είναι αρκετά σταθερή την διετία, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο του 2013 έχουμε 3504 kWh επιπλέον κατανάλωση από το έτος 2012. Το ίδιο παρατηρείται και για τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο του 2013 που είναι αυξημένοι κατά 2000 kWh. Στις διαφορές αυτές κυρίως οφείλεται και η ετήσια αύξηση των 13.722 kWh που έχουμε το έτος 2013 από το 2012.

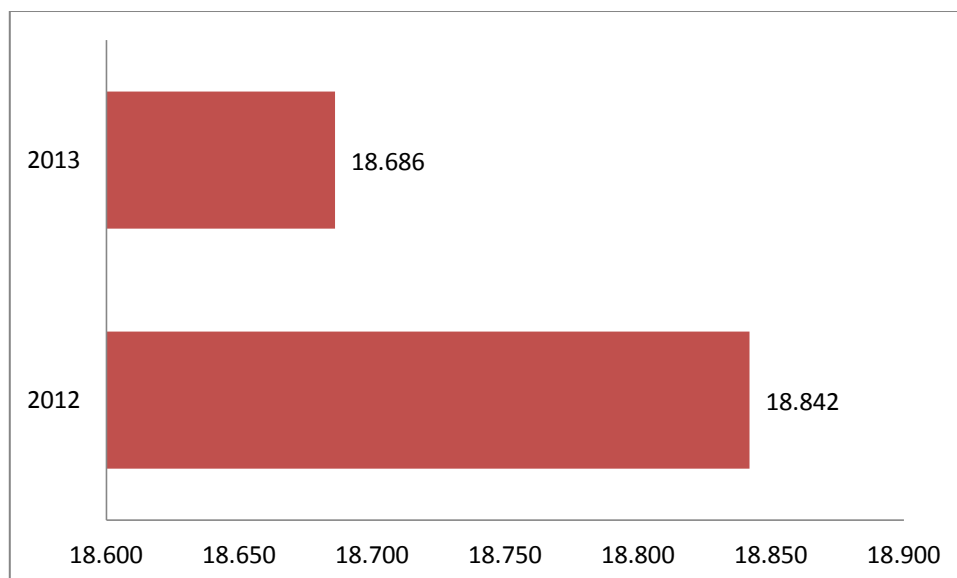
3.3 Κατανάλωση πετρελαίου

Από τους λέβητες των πολυκατοικιών προκύπτουν τα εξής:

Πίνακας 3.4: Κατανάλωση πετρελαίου τελευταίας διετίας

Πετρέλαιο	2012	2013
lit	18.842	18.686

Ακολουθούν τα διαγράμματα της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου (Διάγραμμα 3.4)



Διάγραμμα 3.4: Ετήσια Κατανάλωση Πετρελαίου βάσει τιμολογίων τα έτη 2012,2013

Από το διάγραμμα 3.4 παρατηρείται μια σταθερή κατανάλωση ενέργειας πετρελαίου την διετία. Υπογραμμίζετε ότι 10 από τις 40 οικογένειες δεν έβαλαν πετρέλαιο λόγω αλλαγής τύπου θέρμανσης, οτι δεν κατοικείται το διαμέρισμα ή λόγω οικονομικής αδυναμίας. Η κατανάλωση πετρελαίου είναι χαμηλή λόγω της ανάγκης των οικογενειών να ελαττώσουν καθημερινά έξοδα προκειμένου να ισορροπήσουν το οικογενειακό ισοζύγιο.

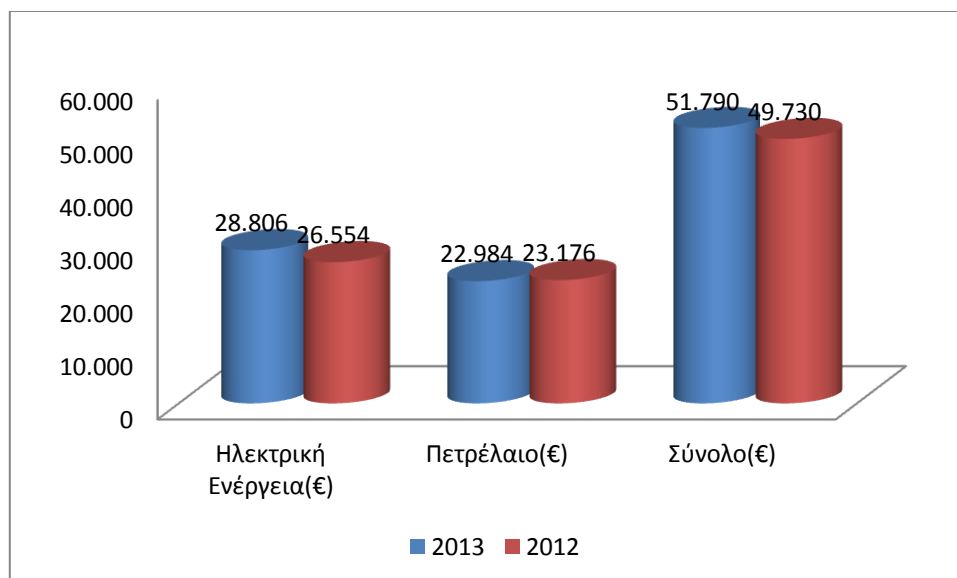
3.4 Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης συγκροτήματος

Στον παρακάτω πίνακα 3.4 φαίνεται το κόστος των δύο μορφών ενέργειας του συγκροτήματος σε ευρώ/έτος για τα έτη 2012 και 2013.

Πίνακας 3.5: Κόστος ενέργειας €/έτος από τιμολόγια ΔΕΗ και Πετρελαίου της τελευταίας διετίας

Έτος	Ηλεκτρική Ενέργεια (€)	Πετρέλαιο (€)	Σύνολο (€)
2012	26.554	23.176	49.730
2013	28.806	22.984	51.790

Το κόστος λοιπόν της ενεργειακής κατανάλωσης του συγκροτήματος για την περασμένη διετία διαμορφώνεται ως ακολούθως (Διάγραμμα 3.5):



Διάγραμμα 3.5: Κόστος Ενεργειακής Κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου τελευταίας διετίας

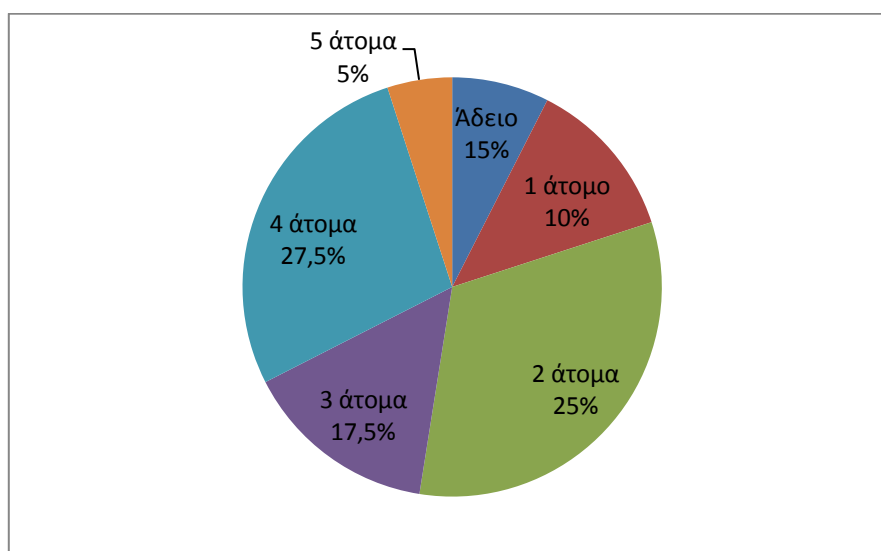
Από το διάγραμμα 3.5 παρατηρείται αρχικά ότι το κόστος του πετρελαίου καθ' όλη την διετία παραμένει σταθερό περί των 23.000€. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος. Ενώ το 2012 είναι σχεδόν 26.500€, το 2013 αυξάνεται κατά 2.252€. Ένας πιθανός λόγος αύξησης είναι λόγω της αύξησης της τιμής πετρελαίου θέρμανσης με αποτέλεσμα να στρέφονται οι ένοικοι σε διαφορετικές μορφές θέρμανσης όπως τζάκια, air condition κτλ και γενικά σε κατανάλωση ρεύματος.

3.5 Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά διαμέρισμα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα κατηγοριοποιήσουμε τα διαμερίσματα του συγκροτήματος με κριτήρια την συνολική κατανάλωση ενέργειας για το έτος 2012, τον τρόπο θέρμανσης, τον αριθμό των ατόμων που ζουν σε αυτό και ανάλογα τα τετραγωνικά μέτρα του διαμερίσματος. Οι μέθοδοι θέρμανσης είναι με πετρέλαιο θέρμανσης και με ενεργειακό τζάκι. Θα υπολογίσουμε τον μέσο όρο κατανάλωσης συνολικής ενέργειας για κάθε κατηγορία ώστε να έχουμε ένα μέσο διαμέρισμα για κάθε κατηγορία που θα αποτελεί πρότυπο για την καταγραφή συμπερασμάτων. Η καταγραφή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας δόθηκε από τον ΔΕΔΔΗΕ της περιοχής της Λιβαδειάς ενώ η κατανάλωση πετρελαίου από το τεχνικό γραφείο (KALIPSIS) που έχει αναλάβει τον υπολογισμό των κοινοχρήστων. Έγινε καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ενός διαμερίσματος και της κατανάλωσης πετρελαίου του. Καταγράφηκε, λοιπόν, η εγκατεστημένη ισχύς, ενώ παράλληλα ζητήθηκαν πληροφορίες, από τους χρήστες του διαμερίσματος, σχετικά με το χρόνο λειτουργίας των συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, έγινε εκτίμηση της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα χρόνο στα διαμερίσματα (Kwh/έτος). Το σύνολο των διαμερισμάτων για το συγκεκριμένο συγκρότημα πολυκατοικιών είναι 40 τα οποία αποτελούνται είτε από 1 άτομο έως και 5 είτε είναι άδεια. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά η κατάσταση ατόμων ανά διαμέρισμα.

Πίνακας 3.6: Κατάσταση ατόμων ανά διαμέρισμα

Αριθμός ατόμων ανά διαμέρισμα	Άδειο	1 άτομο	2 άτομα	3 άτομα	4 άτομα	5 άτομα
Σύνολο διαμερισμάτων	6	4	10	7	11	2
Ποσοστό	15%	10%	25%	17,5%	27,5%	5%



Διάγραμμα 3.6: Κατάσταση ατόμων ανά διαμέρισμα

- Τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας αυτής είναι ότι εδώ έχουμε υψηλές τιμές συνολικής ενέργειας, ίδιο τρόπο θέρμανσης(με πετρέλαιο θέρμανσης), πολλούς ενοίκους και μεγάλα διαμερίσματα σε τετραγωνικά(m²).

Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά 1^{ης} κατηγορίας

1 ^η Κατηγορία	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Συνολική Ενέργεια (kWh)	Τύπος Θέρμανσης	Άτομα ανα διαμέρισμα	m ² Διαμερίσματος
	8.579	6.513	15.092	Πετρέλαιο	4	115,55
	6.003	6.244	12.247	Πετρέλαιο	4	86,4
	5.517	9.312	14.829	Πετρέλαιο	5	115,53
	4.589	9.930	14.519	Πετρέλαιο	4	96,12
	6.325	10.677	17.002	Πετρέλαιο	5	115,53
Σύνολο	31.013	42.676	73.689			
Μέσος όρος	6.203	8.535	14.738			

Γνωρίζουμε ότι η τιμή της kWh είναι 0,09460€/kWh άνευ φόρων επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό που καταναλώνει η κατηγορία αυτή για ρεύμα. $0,09460€/kWh * 6.203 kWh=587€$.

Για το πετρέλαιο γνωρίζουμε ότι θερμογόνος δύναμης είναι 10.200Kcall/kg, η 1 kWh=860Kcall, 1lit=0.827kg και ο βαθμός απόδοσης του καυστήρα είναι Β.Α.=80% άρα θα καταλήξουμε στο 0,1274lit/ kWh. Αυτή η κατηγορία καίει 1.087lit πετρέλαιο με κόστος αγοράς για το έτος 2012 1,23€/lit άρα τέλος πληρώνει για πετρέλαιο θέρμανσης 1.337€.

Καταλήγουμε πως η κατηγορία αυτή πληρώνει για την συνολική του κατανάλωση ενέργειας $587€+1.337€=1.924€$ το χρόνο.

- Η δεύτερη κατηγορία δημιουργήθηκε με βάση το γεγονός πως όλοι οι ένοικοι των διαμερισμάτων της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούν ως τρόπο θέρμανσης το ενεργειακό τζάκι. Μέθοδο την οποία παρατηρούμε μόνο σε αυτά τα διαμερίσματα επομένως καθίστανται μια ξεχωριστή κατηγορία από μόνοι τους. Για να υπολογίσουμε την ποσότητα της ενέργειας που καταναλώνει αυτή η κατηγορία για θέρμανση υποβάλλαμε στους ένοικους να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο[1] από το οποίο προκύπτει ότι η μέση ποσότητα ξηρού ξύλου που καίει η κατηγορία αυτή είναι στα 5,5tn. Η μέση θερμοαντική αξία του ξύλου είναι 5.000Kcall/kg ενώ ο βαθμός απόδοσης ενός μέσου ενεργειακού τζακιού είναι 0,4. Άρα έχουμε $2,32 kWh/kg=2.325,58 kWh/kg$ επομένως η θερμική κατανάλωση θερμότητας είναι 12.791 kWh.

Πίνακας 3.8: Χαρακτηριστικά 2^{ης} κατηγορίας

	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Συνολική Ενέργεια (kWh)	Τύπος Θέρμανσης	Άτομα ανά διαμέρισμα	m ² Διαμερίσματος
2 ^η Κατηγορία	5.198	12.791	17.989	Ενεργειακό τζάκι	2	116,31
	2.890	12.791	15.681	Ενεργειακό τζάκι	2	116,31
	1.681	12.791	14.472	Ενεργειακό τζάκι	4	115,53
Σύνολο	9.769	38.373	48.142			
Μέσος όρος	3.256	12.791	16.047			

Γνωρίζουμε ότι η τιμή της kWh είναι 0,09460€/kWh άνευ φόρων επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό που καταναλώνει η κατηγορία αυτή για ρεύμα. $0,09460€/kWh * 3.256kWh=308€$.

Η τιμή του ξύλου ανέρχεται στα 180€/tn. Επομένως αυτή η κατηγορία πληρώνει για θέρμανση $180€/tn*5,5tn=990€$.

Καταλήγουμε πως η κατηγορία αυτή πληρώνει για την συνολική του κατανάλωση ενέργειας $308€+990€=1.298€$ το χρόνο.

- Η τρίτη κατηγορία επιλέχθηκε γιατί παρουσιάζει υψηλές καταναλώσεις θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ενώ ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κάθε διαμέρισμα είναι 2 άτομα.

Πίνακας 3.9: Χαρακτηριστικά 3^{ης} κατηγορίας

3 ^η Κατηγορία	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Συνολική Ενέργεια (kWh)	Τύπος Θέρμανσης	Άτομα ανά διαμέρισμα	m ² Διαμερίσματος
	4.701	8.847	13.548	Πετρέλαιο	2	96,12
	3.411	8.074	11.486	Πετρέλαιο	2	115,55
Σύνολο	8.112	16.921	25.034			
Μέσος όρος	4.056	8.460	12.517			

Γνωρίζουμε ότι η τιμή της kWh είναι 0,09460€/kWh άνευ φόρων επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό που καταναλώνει η κατηγορία αυτή για ρεύμα. 0,09460€/kWh * 4.056kWh=384€.

Για το πετρέλαιο γνωρίζουμε ότι θερμογόνος δύναμης είναι 10.200Kcall/kg, η 1 kWh=860Kcall, 1lit=0.827kg και ο βαθμός απόδοσης του καυστήρα είναι Β.Α.=80% άρα θα καταλήξουμε στο 0,1274lit/ kWh. Αυτή η κατηγορία καίει 1.077lit πετρέλαιο με κόστος αγοράς για το έτος 2012 1,23€/lit άρα τέλος πληρώνει για πετρέλαιο θέρμανσης 1.325€.

Καταλήγουμε πως η κατηγορία αυτή πληρώνει για την συνολική του κατανάλωση ενέργειας 384€+1.325€=1.702€ το χρόνο.

- Τα χαρακτηριστικά της τέταρτης κατηγορίας είναι ότι εδώ έχουμε χαμηλές τιμές συνολικής ενέργειας, ίδιο τρόπο θέρμανσης(με πετρέλαιο θέρμανσης), λίγους ενοίκους και ίδιο αριθμό τετραγωνικών(m²).

Πίνακας 3.10: Χαρακτηριστικά 4^{ης} κατηγορίας

4 ^η Κατηγορία	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Συνολική Ενέργεια (kWh)	Άτομα ανά διαμέρισμα	m ² Διαμερίσματος
	2.063	3.546	5.609	2	116,31
	2.202	2.981	5.184	2	86,4
	3.229	2.126	5.355	1	86,4
	4.154	2.845	6.999	3	96,12
	3.230	3.375	6.605	2	96,12
	674	3.280	3.954	1	115,53
	4.291	2.639	6.930	1	86,4
	1.043	1.920	2.963	1	86,4
	3.147	3.773	6.920	3	89,26

	2.959	3.189	6.148	3	89,26
	2.528	3.509	6.037	3	89,26
	3.060	3.375	6.435	2	115,53
	2.521	3.116	5.637	2	86,4
Σύνολο	35.101	39.674	74.776		
Μέσος όρος	2.700	3.052	5.752		

Γνωρίζουμε ότι η τιμή της kWh είναι 0,09460€/kWh άνευ φόρων επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό που καταναλώνει η κατηγορία αυτή για ρεύμα. $0,09460€/kWh * 2.700kWh=255€$.

Για το πετρέλαιο γνωρίζουμε ότι θερμογόνος δύναμης είναι 10.200Kcall/kg, η 1 kWh=860Kcall, 1lit=0.827kg και ο βαθμός απόδοσης του καυστήρα είναι Β.Α.=80% άρα θα καταλήξουμε στο 0,1274lit/ kWh. Αυτή η κατηγορία καίει 389lit πετρέλαιο με κόστος αγοράς για το έτος 2012 1,23€/lit άρα τέλος πληρώνει για πετρέλαιο θέρμανσης 478€.

Καταλήγουμε πως η κατηγορία αυτή πληρώνει για την συνολική του κατανάλωση ενέργειας $255€+478€=733€$ το χρόνο.

- Τα χαρακτηριστικά της πέμπτης κατηγορίας είναι ότι εδώ έχουμε περίπου τις ίδιες καταναλώσεις τόσο σε ηλεκτρική όσο και σε θερμική κατανάλωση ενέργειας, ίδιο τρόπο θέρμανσης(με πετρέλαιο θέρμανσης) και ίδιο αριθμό ενοίκων και τετραγωνικών(m²).

Πίνακας 3.11: Χαρακτηριστικά 5^{ης} κατηγορίας

	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Συνολική Ενέργεια (kWh)	Άτομα ανά διαμέρισμα	m ² Διαμερίσματος
5 ^η Κατηγορία	3.343	4.968	8.311	3	96,12
	4.826	3.977	8.803	3	96,12
	5.381	4.555	9.936	4	86,4
	4.029	6.304	10.334	4	89,26
	5.362	3.801	9.163	4	89,26
	3.730	3.705	7.436	4	89,26
	3.861	3.778	7.640	3	115,53
	5.248	2.845	8.093	4	86,4
	4.759	4.763	9.522	3	86,4
	3.845	3.322	7.167	4	86,4
	5.183	5.388	10.571	4	86,4
Σύνολο	49.567	47.406	96.976		
Μέσος όρος	4.506	4.310	8.816		

Γνωρίζουμε ότι η τιμή της kWh είναι 0,09460€/kWh άνευ φόρων επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό που καταναλώνει η κατηγορία αυτή για ρεύμα. $0,09460€/kWh * 4.506kWh=426€$.

Για το πετρέλαιο γνωρίζουμε ότι θερμογόνος δύναμης είναι 10.200Kcal/kg , η $1\text{ kWh}=860\text{Kcal}$, $1\text{lit}=0.827\text{kg}$ και ο βαθμός απόδοσης του καυστήρα είναι $B.A.=80\%$ άρα θα καταλήξουμε στο $0,1274\text{lit/ kWh}$. Αυτή η κατηγορία καίει 549lit πετρέλαιο με κόστος αγοράς για το έτος 2012 $1,23\text{€/lit}$ άρα τέλος πληρώνει για πετρέλαιο θέρμανσης 675€ .

Καταλήγουμε πως η κατηγορία αυτή πληρώνει για την συνολική του κατανάλωση ενέργειας $426\text{€}+675\text{€}=1.101\text{€}$ το χρόνο.

3.6 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής περατότητας κτιρίου

3.6.1 Μεθοδολογία υπολογισμού

3.6.1.1 Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μελέτη της θερμομόνωσης του συγκροτήματος σύμφωνα με τον κανονισμό θερμικών μονώσεων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010[15](Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος).

Τα βασικά φυσικά μεγέθη που συναντώνται στις μελέτες είναι τα εξής:

Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας (λ): Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1°C . Μονάδα: W/mk

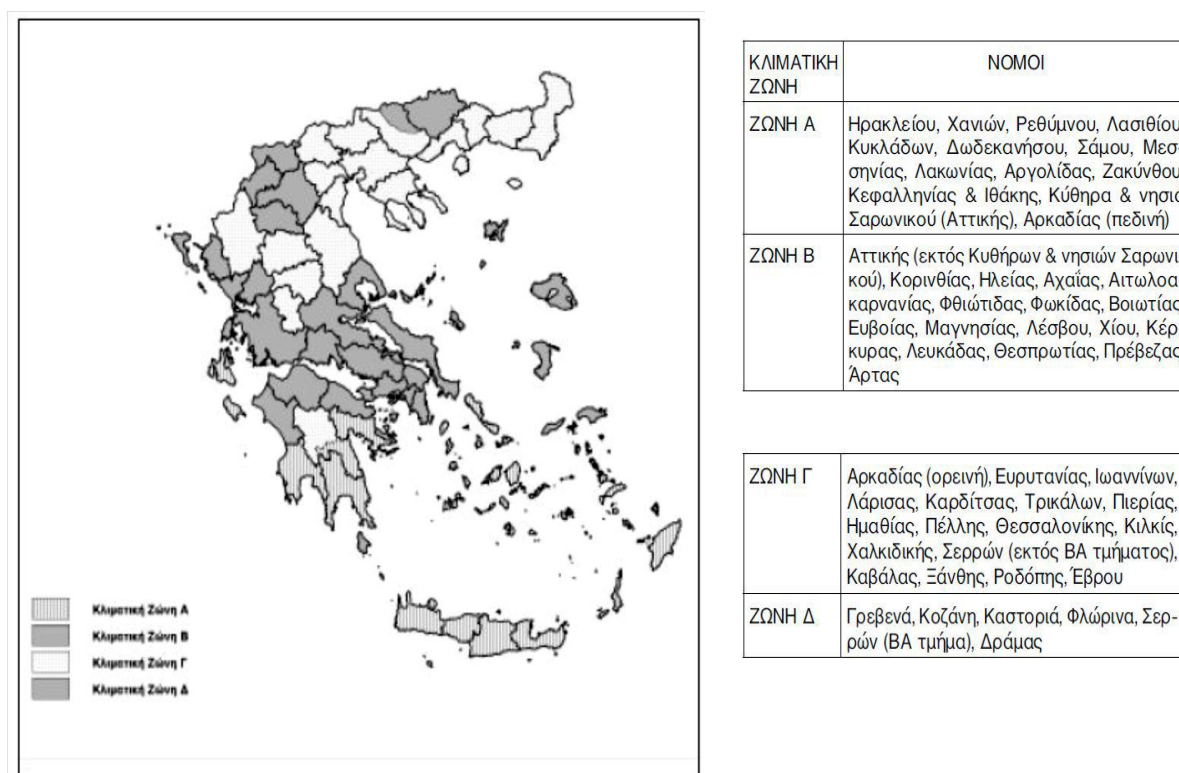
Συντελεστής Θερμοδιαφυγής (Λ): Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1m^2 ενός δομικού στοιχείου πάχους d , όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον 1°C . Μονάδα : $\text{W/ m}^2\text{K}$ (Αντίσταση Θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$))

Συντελεστής Θερμικής Μετάβασης (α): Είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια 1m^2 ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου-αέρα διατηρείται σταθερή στον 1°C . Μονάδα: $\text{W/ m}^2\text{K}$ (Αντίσταση Θερμικής Μετάβασης ($1/\alpha$))

Συντελεστής Θερμοπερατότητας (K): Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1m^2 ενός δομικού στοιχείου πάχους d , όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1°C . Μονάδα : $\text{W/ m}^2\text{K}$ (Αντίσταση Θερμοπερατότητας ($1/K$))

Σύμφωνα και με την τεχνική οδηγία του ΤΕΕ η θερμομονωτική προστασία του κτιρίου αξιολογείται σε δύο στάδια:

1. Αρχικώς, ελέγχεται η επάρκεια των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας τους (U), ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Πίνακας 3.14) ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας (Εικόνα 3.4). Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονώμενα και να εξετάζονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους, που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή του κελύφους, όπως αυτή ορίζεται κάθε φορά
2. Έπειτα, ελέγχεται η θερμική επάρκεια του κτιριακού κελύφους συνολικά μέσω του προσδιορισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου (U_m), ο οποίος οφείλει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη τιμή που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Πίνακας 3.13).



Εικόνα 3.4:Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας με τους νομούς (Πηγή:Κ.Εν.Α.Κ.)

Πίνακας 3.12: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης (Πηγή:Κ.Εν.Α.Κ.)

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		W/m ² K	W/m ² K	m ² K/W	m ² K/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,0	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	-	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,0	25,0	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,0	10,0	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πιλοτή)	5,88	25,0	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	-	0,17	0,00

Πίνακας 3.13: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U_m)

F/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U_m) σε W/(m ² K)			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1.26	1.14	1.05	0.96
0,3	1.20	1.09	1.00	0.92
0,4	1.15	1.03	0.95	0.87
0,5	1.09	0.98	0.90	0.83
0,6	1.03	0.93	0.86	0.78
0,7	0.98	0.88	0.81	0.73
0,8	0.92	0.83	0.76	0.69
0,9	0.86	0.78	0.71	0.64
≥ 1,0	0.81	0.73	0.66	0.60

Πίνακας 3.14: Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m ² K)			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		Α	Β	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_D	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_W	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U_{DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_G	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U_{WE}	1,5	1,00	0,80	0,70
Άνοιγμα(παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ.α.)	U_F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

3.6.1.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου η στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{al} + R_a}$$

Όπου:

$U[W/(m^2K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

n : το πλήθος στρώσεων του δομικού στοιχείου

$d[m]$: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου

$\lambda[W/(mK)]$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης

$R_i [m^2K/W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

$R_\alpha [m^2K/W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

$R_{ai} [m^2K/W]$: η θερμική αντίσταση του 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

3.6.1.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δοκιμών στοιχείων

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος U_k μπορεί:

- Να υπολογισθεί αναλυτικά
- Να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής

Για τον αναλυτικό υπολογισμό του U_k , χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αναλόγως το είδος του κουφώματος :

- Μονό κούφωμα με μονό/διπλό/τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου
- Μονό κούφωμα με πέτασμα με μονό/διπλό/τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου
- Διπλό κούφωμα (κούφωμα αποτελούμενο από δυο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακές τους)

Όπου και λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου U_f , του υαλοπίνακα (U_g) καθώς επίσης και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (Ψ_g).

3.6.1.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου U_M προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου κτιριακού κελύφους ανάλογα με το εμβαδόν τους. Ο τύπος υπολογισμού είναι :

$$U_M = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b + \sum_{j=1}^n \Psi_j * l_j * b}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Όπου:

$U_m [W / (m^2K)]$: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου

n : το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου

k : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας F του κελύφους

$A_j [m^2]$: το εμβαδόν επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου

U_j : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου

$l_j [m]$: το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

Ψ_j : ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

b : μειωτικός συντελεστής

Εκτός από τον υπολογισμό του U_m για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιρίου, είναι απαραίτητος και ο υπολογισμός:

- Των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων (F)
- Του όγκου του κτιρίου (V) και
- Των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών

Στη συνέχεια, από το λόγο F/V προσδιορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή U_m όπως αυτή ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.ΤΕΕ.

Ειδικότερα, για τον υπολογισμό του λόγου F/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες, που διαμορφώνουν το κτιριακό κέλυφος, είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας. Το κτίριο κρίνεται θερμικά επαρκές εφόσον ισχύει $U_m \leq U_{m \max}$

3.6.1.5 Παρατηρήσεις –Διευκρινίσεις

Το συγκρότημα πολυκατοικιών κατασκευάστηκε το 2002. Ο νόμος για την θερμομόνωση θεσπίστηκε το 1979, επομένως υπάρχει η μελέτη θερμομόνωσης του συγκροτήματος.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική θα κάνουμε παρουσίαση της μελέτης θερμομόνωσης μόνο μιας από τις 4 πολυκατοικίες του συγκροτήματος. Συγκεκριμένα για την πολυκατοικία στη Νότια πλευρά του συγκροτήματος στο ανατολικό κομμάτι.

Το υπόγειο του κτιρίου θεωρήθηκε σαν μη θερμαινόμενος χώρος και, κατά συνέπεια, δεν συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς των εμβαδών και του λόγου F/V . Αντίθετα, οι κοινόχρηστοι χώροι (ο χώρος της εισόδου του κτιρίου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξη του στο δώμα) θεωρήθηκαν θερμαινόμενοι και ως εκ τούτου συνυπολογίζονται στη μελέτη θερμομονωτικής προστασίας.

Το υπό μελέτη κτίριο συνορεύει πλευρικά και από τις δύο πλευρές (ανατολικά και δυτικά) με όμορα κτίρια. Τα κτίρια χωρίζονται με αντσεισμικό αρμό ο οποίος είναι αέρας και θεωρείται μη θερμαινόμενος χώρος.

3.6.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου

Δομικό στοιχείο: Δοκοί-Υποστυλώματα
 Τύπος κατασκευής: Οπλισμένο σκυρόδεμα

Στρώσεις υλικών	Πάχος (d_i)	Συντ.Θερμικής αγωγιμότητας (λ_i)	Θερμ. Αντίσταση (d_i/λ_i)
	m	W/mK	m ² K/W
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	0,02	0,87	0,023
Σκυρόδεμα	0,2	2,03	0,099
Shapemate GR	0,04	0,033	1,212
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	$\Sigma d = 0,28$		$R_A = 1,357$

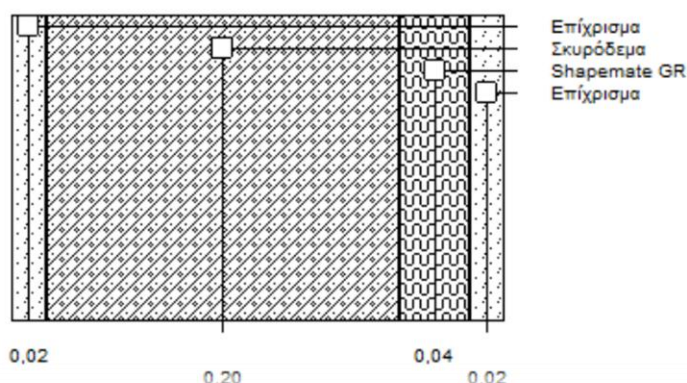
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a \text{ Ra (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_A} = 0,655 \frac{W}{m^2K}$$



Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο **δεν** πληροί τις προδιαγραφές.

Δομικό στοιχείο: Διπλή δρομική οπτοπλινθοδομή
Τύπος κατασκευής: Διπλή δρομική οπτοπλινθοδομή

Στρώσεις υλικών	Πάχος (di)	Συντ.Θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W/mK	m ² K/W
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,523	0,172
Wallmate	0,04	0,028	1,429
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,523	0,172
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	$\Sigma_d = 0,26$		$R_A = 1,796$

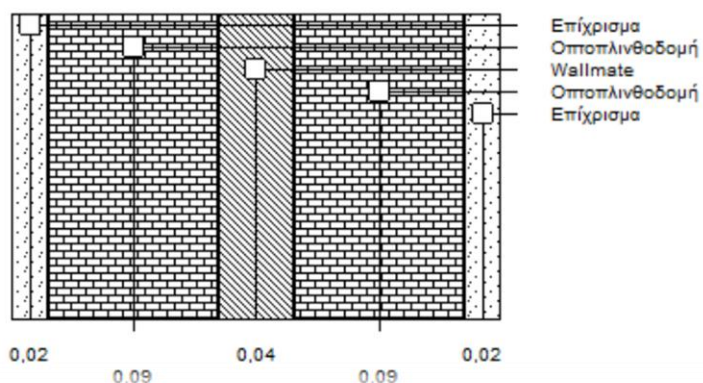
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_A} = 0,508 \frac{W}{m^2K}$$



Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{max} = 1,00 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

Δομικό στοιχείο: Δάπεδο πάνω από κλειστό υπόγειο χώρο
Τύπος κατασκευής: Δάπεδο πάνω από κλειστό υπόγειο χώρο

Στρώσεις υλικών	Πάχος (di)	Συντ.Θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W/mK	m ² K/W
Ξύλινο δάπεδο	0,01	0,209	0,048
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,05	0,814	0,061
Πλάκα	0,16	2,035	0,079
Υαλοβάμβακας	0,05	0,041	1,220
Γυψοσανίδα	0,01	0,582	0,017
Σύνολο	$\Sigma_d = 0,28$		$R_A = 1,407$

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

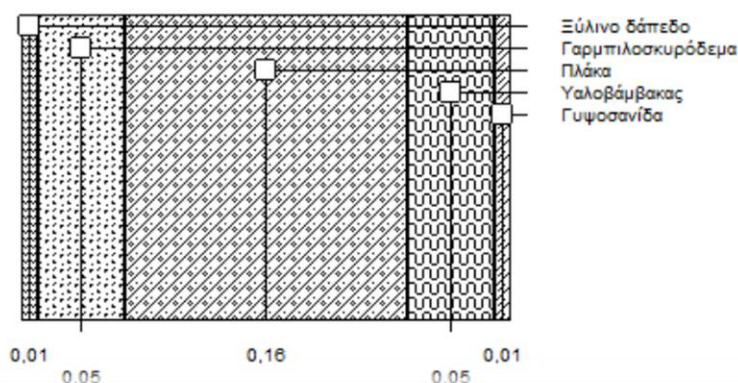
$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,17 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,17 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_A} = 0,572 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,9 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$, επομένως το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.



Δομικό στοιχείο: Βατό δώμα

Τύπος κατασκευής: Οπλισμένο σκυρόδεμα

Στρώσεις υλικών	Πάχος (di)	Συντ.Θερμικής αγωγιμότητας (li)	Θερμ. Αντίσταση (di/li)
	m	W/mK	m ² K/W
Επίχρισμα ασβεστοκονιάματος	0,02	0,87	0,023
Πλάκα	0,15	2,035	0,074
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Roofmate	0,05	0,027	1,852
Μπετόν κλίσης	0,1	0,349	0,287
Γαρμπιλομωσαϊκό	0,07	0,64	0,109
Σύνολο	$\Sigma_d = 0,4$		$R_A = 2,006$

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

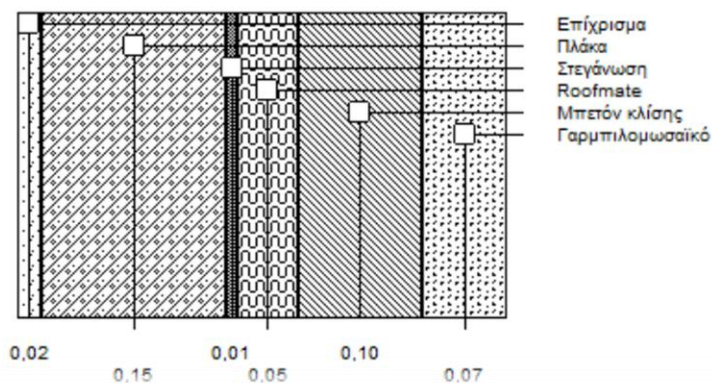
$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_A} = 0,466 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο **δεν** πληροί τις προδιαγραφές.



Δομικό στοιχείο: Οροφή που συνορεύει με χώρο στέγης που δεν κυκλοφορεί αέρας
Τύπος κατασκευής: Οροφή που συνορεύει με χώρο στέγης που δεν κυκλοφορεί αέρας

Στρώσεις υλικών	Πάχος (di)	Συντ.Θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W/mK	m ² K/W
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0,02	0,814	0,025
Roofmate	0,03	0,027	1,111
Πλάκα	0,01	2,035	0,005
Επίχρισμα Ασβεστοκονιάματος	0,05	0,87	0,057
Σύνολο	$\Sigma_d = 0,23$		$R_A = 1,198$

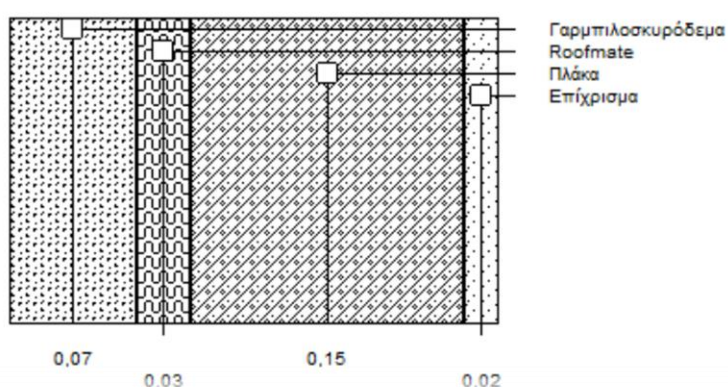
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_A} = 0,715 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$



Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{max} = 0,9 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$, επομένως το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

3.6.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου

Δομικό στοιχείο: Υαλοπίνακας δίδυμος μονωτικός με διάκενο 12mm και μεταλλικό πλαίσιο

Τύπος κατασκευής: Άνοιγμα

Στρώσεις υλικών	Πάχος (di)	Συντ.Θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W/mK	m ² K/W
Υαλοπίνακας δίδυμος	1	0,035	0,33
Σύνολο	$\Sigma_d = 1$		$R_A = 0,33$

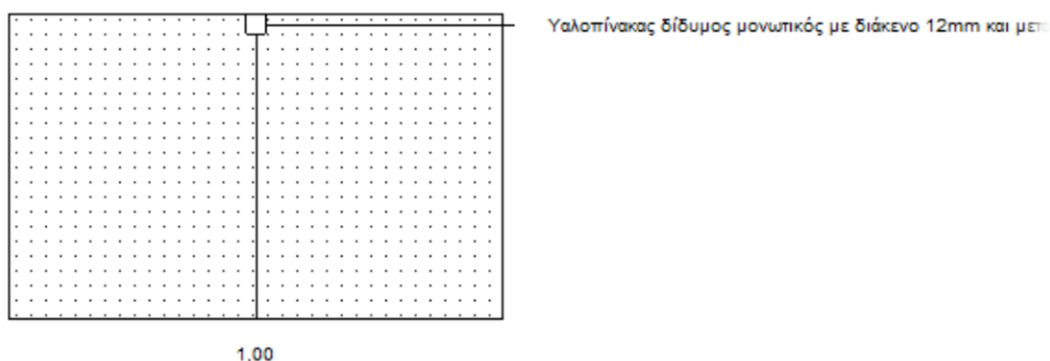
Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_A} = 3,4 \frac{W}{m^2K}$$



Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{max} = 3 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο **δεν** πληροί τις προδιαγραφές.

Υπολογισμός θερμομόνωσης

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι απαραίτητα τα αναλυτικά m² των διαφόρων όψεων του συγκροτήματος.

α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A _j	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U _j	A _j *U _j
		m ²	W/m ² K	
1	Δοκοί-Υποστυλώματα	387,37	0,655	253,72735
2	Διπλή δρομική οπτοπλινθοδομή	681,432	0,508	346,167456
3	Υαλοπίνακας δίδυμος μονωτικός	176,77	3,4	601,018
4	Δάπεδο πάνω από κλειστό υπόγειο χώρο	2*180,72= 361,44	0,572	206,67552
5	Βατό δώμα	6*180,72= 1.084,72	0,466	505,1695
6	Οροφή που συνορεύει με χώρο στέγης	2*180,72= 361,44	0,715	258,4296
	Σύνολο	3.053,172		2.171,1873

Το συγκρότημα ανήκει στη Ζώνη Β. Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι: $V = \Sigma$ (εμβαδόν επιφάνειας (F)* ύψος (H)) = 8406,51 m³ (Πίνακας 3.1). Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 26277,142m². Από το πηλίκο F/V που προκύπτει, θα προσδιοριστεί ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάσει του Πίνακα 3.33. Για τα δεδομένα του

$$\frac{F}{V} = \frac{3.053,172}{8.406,51} = 0,3631m^{-1}$$

Άρα από τον πίνακα 3.33 η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m_{max}} = 1,03 W/m^2K$

Τελικά, το συγκρότημα παρουσιάζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b}{\sum_{j=1}^n A_j} = \frac{2.171,1873}{3.053,172} = 0.7112 W/m^2K$$

Στον υπολογισμό του U_m δε λήφθηκε καθόλου υπόψη ο υπολογισμός των θερμογεφυρών στα ότια του κελύφους. Ο μειωτικός συντελεστής στην περίπτωση αυτή είναι παντού b=1. Ένας απλός τρόπος για να ληφθούν υπόψη οι θερμογέφυρες στο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας είναι η προσαύξηση του τελευταίου κατά 0,1. Έτσι, τελικώς προκύπτει:

$$U_m = 0.8112 W/m^2K$$

Η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπόμενη ($U_{m_{max}} = 1,03 W/m^2K$) και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά κατάλληλο.

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό

4.1 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

4.1.1 Γενικά στοιχεία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα πειράματα που έγιναν σε οικιακές συσκευές και δίνονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με την πειραματική διάταξη, τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα.

Αρχικά περιγράφεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για να ληφθούν οι μετρήσεις. Περιγράφονται τα όργανα και οι βασικές λειτουργίες τους οι οποίες αξιοποιήθηκαν πλήρως για την εκτέλεση των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις αφορούν τόσο συσκευές που καλύπτονται από την ενεργειακή ετικέτα όπως πλυντήρια ρούχων, πλυντήρια πιάτων, ψυκτικές συσκευές, τηλεοράσεις, λαμπτήρες και κλιματιστικά όσο και άλλες συσκευές όπως εξοπλισμό γραφείου, εξοπλισμό κουζίνας καθώς και άλλες συσκευές. Οι συσκευές που μετρήθηκαν είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται στον οικιακό τομέα σε πραγματικές συνθήκες.

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των συσκευών που μετρήθηκαν και των διαφορετικών χαρακτηριστικών κάθε κατηγορίας ακολουθήθηκε διαφορετική μεθοδολογία μέτρησης. Για τις συσκευές οι οποίες αποτελούν πεδίο εφαρμογής της ενεργειακής ετικέτας μετρήθηκαν τα μεγέθη τα οποία ορίζονται από την νομοθεσία, όπως αυτά αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Για τις υπόλοιπες συσκευές μετρήθηκαν οι στιγμιαίες τιμές της ισχύος και σε ορισμένες περιπτώσεις η ισχύς σε κατάσταση αναμονής.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν ανά κατηγορία και ανά συσκευή (τόσο σε πίνακες όσο και με τη μορφή διαγραμμάτων), και ακολουθεί σύντομος σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

4.1.2 Όργανα, πειραματική διάταξη και μεθοδολογία πειράματος

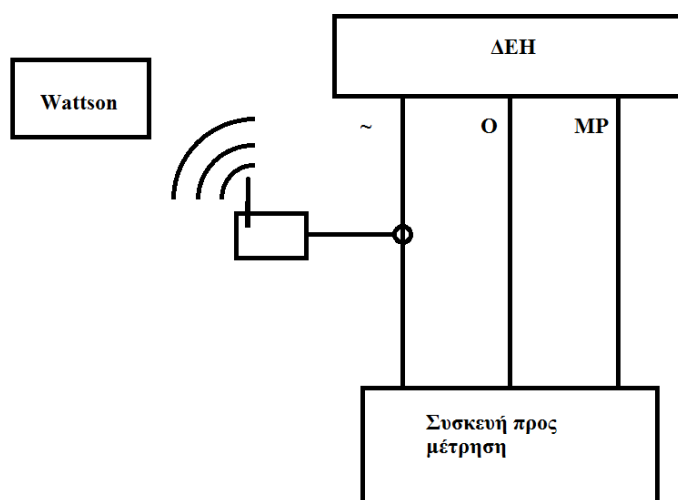
Το βασικό όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων ήταν ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας Wattson της εταιρείας DIY KYOTO. Το όργανο αυτό έχει τη δυνατότητα να μετράει την στιγμιαία ισχύ που διακινείται από έναν ρευματοφόρο αγωγό και στη συνέχεια να υπολογίζει και να αποθηκεύει δεδομένα όπως μέση ισχύς σε watt, καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε κιλοβατώρες καθώς και ισοδύναμο κόστος σε χρηματικές μονάδες ανάλογα με την εκάστοτε τιμή της κιλοβατώρας.

Το όργανο αποτελείται από τον κεντρικό μετρητή Wattson, έναν ακροδέκτη ο οποίος τοποθετείται στον αγωγό από τον οποίο τροφοδοτείται η προς μέτρηση συσκευή και από έναν ασύρματο αποστολέα ο οποίος λαμβάνει τις μετρήσεις από τον ακροδέκτη και τις αποστέλλει στον κεντρικό μετρητή (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 Ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας Wattson(1), ο ακροδέκτης μέτρησης (2) και ο ασύρματος αποστολέας μετρήσεων(3)

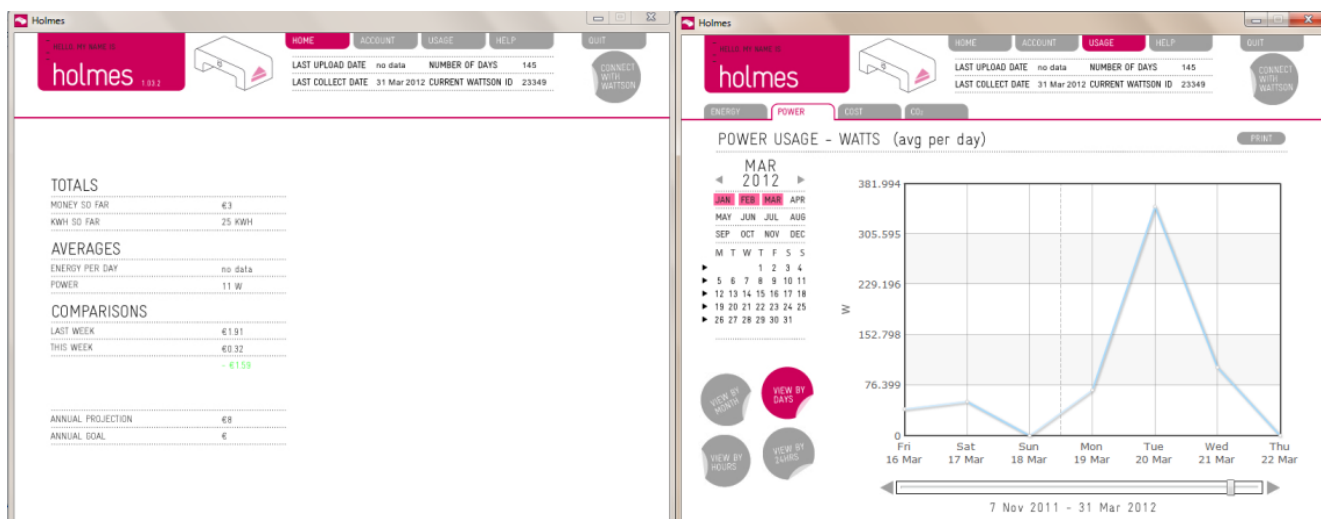
Για τη μέτρηση των συσκευών χρησιμοποιήθηκε επίσης προσαρμογέας μεταξύ του ρευματοδότη (τάση ΔΕΗ) και της προς μέτρηση συσκευής. Ο προσαρμογέας αυτός διαχώριζε τη φάση από τον ουδέτερο και τη γείωση σε τρεις ξεχωριστούς ρευματοφόρους αγωγούς (δεν ήταν δυνατό να γίνουν μετρήσεις αν οι τρεις αυτοί αγωγοί ήταν ενσωματωμένοι σε ένα καλώδιο). Ο ακροδέκτης μέτρησης (2, Σχήμα 4.1) συνδεόταν στον ρευματοφόρο αγωγό της φάσης με τρόπο ώστε να τον περιβάλλει. Ο ασύρματος αποστολέας (3, Σχήμα 4.1) έστελνε τις μετρήσεις στον κεντρικό μετρητή (1, Σχήμα 4.1) όπου και γινόταν αποθήκευση των μετρήσεων.



Σχήμα 4.2 Σχηματικό διάγραμμα πειραματικής διάταξης

Ο μετρητής Wattson συνδέεται με ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέσω του λογισμικού Holmes για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, την αποθήκευση δεδομένων και τη ρύθμιση παραμέτρων (ημερομηνία/ώρα, τρέχουσα τιμή κιλοβατώρας).

Το λογισμικό Holmes χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μετρήσεων μεγάλης διάρκειας (24 ωρών) για εξαγωγή αποτελεσμάτων



Σχήμα 4.3 Στιγμιότυπα από την χρήση του λογισμικού Holmes

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας συσκευών και της διαφορετικότητας των τεχνικών τους χαρακτηριστικών δεν ήταν δυνατό να εφαρμοστεί μια συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης για όλες τις συσκευές. Ωστόσο, ανά κατηγορία συσκευών ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία. Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- **Πλυντήρια ρούχων και πιάτων.** Έγινε μέτρηση της μέσης ισχύος πεντάλεπτου και της ενέργειας που καταναλώθηκε ανά πεντάλεπτο για το σύνολο του κύκλου λειτουργίας κάθε συσκευής.
- **Ψυκτικές συσκευές.** Έγινε 24-ωρη καταγραφή της μέσης ισχύος πεντάλεπτου και της ενέργειας που καταναλώθηκε ανά πεντάλεπτο για κάθε συσκευή.
- **Κλιματιστικά.** Μετρήθηκε η στιγμιαία ισχύς ανά 5 sec τόσο για την κατάσταση λειτουργίας όσο και για την κατάσταση αναμονής
- **Λοιπές συσκευές** (τηλεοράσεις, υπολογιστές, εξοπλισμός γραφείου, λαμπτήρες, συσκευές κουζίνας και λοιπές συσκευές). Έγιναν μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε συνθήκες ονομαστικής λειτουργίας (συνήθως 10 ανά συσκευή). Συγκεκριμένα για ηλεκτρονικές συσκευές έγιναν μετρήσεις και στην κατάσταση αναμονής (stand-by).

4.1.3 Αποτελέσματα μετρήσεων

4.1.3.1 Πλυντήρια ρούχων

Η πρώτη κατηγορία συσκευών που αποτέλεσε αντικείμενο του πειράματος ήταν τα πλυντήρια ρούχων. Συγκεκριμένα έγιναν τρεις σειρές μετρήσεων[16]. Η πρώτη σειρά μετρήσεων έγινε για πρόγραμμα πλύσης βαμβακερών ρούχων στους 40°C υπό μερικό φορτίο, η δεύτερη για πρόγραμμα πλύσης βαμβακερών ρούχων στους 60°C υπό μερικό φορτίο και η τρίτη για πρόγραμμα πλύσης βαμβακερών ρούχων στους 40°C υπό πλήρες φορτίο.

Σε κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις έγιναν μετρήσεις της κατάστασης εκτός λειτουργίας και της κατάστασης αναμονής. Ως εκτός λειτουργίας ορίζεται η κατάσταση κατά την οποία η συσκευή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο αλλά είναι απενεργοποιημένη. Ως κατάσταση αναμονής ορίζεται η κατάσταση με τη χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος που μπορεί να διαρκεί επ' αόριστον μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος και το άδειασμα του οικιακού πλυντηρίου ρούχων χωρίς περαιτέρω επέμβαση του τελικού χρήστη.

Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του οργάνου Wattson έγινε καταγραφή της μέσης τιμής ισχύος πεντάλεπτου καθώς και της ενέργειας που καταναλώθηκε ανά πεντάλεπτο και υπολογίστηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια του κάθε προγράμματος.

Στον Πίνακα 4.1 καταγράφονται τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου ρούχων που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

Πίνακας 4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά πλυντηρίου ρούχων

Κατασκευαστής	Siemens
Μοντέλο	SIWAMAT 270
Ονομαστική ισχύς	2800 W
Ονομαστική χωρητικότητα	5 kg

Η πρώτη παράμετρος που μετρήθηκε είναι η διάρκεια του προγράμματος για κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις και τα αποτελέσματα καταγράφονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2 Διάρκεια Προγραμμάτων

Πρόγραμμα	Διάρκεια (min)
Βαμβακερά ρούχα στους 40°C υπό μερικό φορτίο	70
Βαμβακερά ρούχα στους 60°C υπό μερικό φορτίο	95
Βαμβακερά ρούχα στους 40°C υπό πλήρες φορτίο	80

Στους παρακάτω πίνακες καταγράφονται οι μετρήσεις για την κατάσταση εκτός λειτουργίας και για την κατάσταση αναμονής για κάθε ένα από τα προγράμματα.

Πίνακας 4.3 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος σε κατάσταση εκτός λειτουργίας πλυντηρίου ρούχων

A/A Μέτρησης	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 60°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό πλήρες φορτίο
1	0	2	1
2	0	1	0
3	1	1	0
4	0	0	0
5	0	2	1
6	0	1	0
7	1	1	0
8	0	1	0
9	0	0	0
10	0	4	1

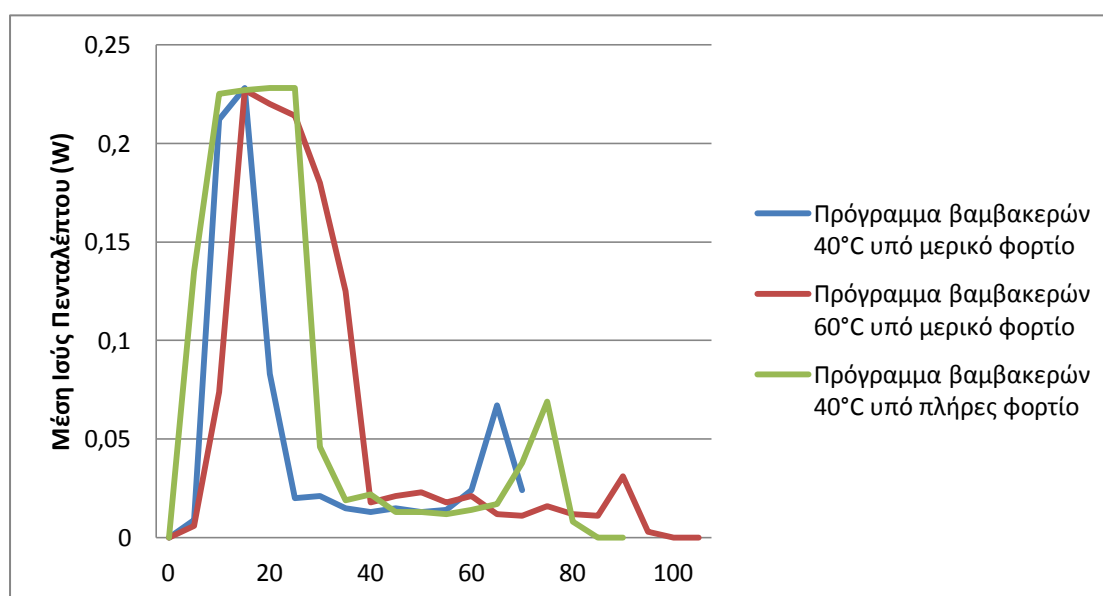
Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος σε κατάσταση αναμονής πλυντηρίου ρούχων

A/A Μέτρησης	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 60°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό πλήρες φορτίο
1	0	1	0
2	0	0	2
3	0	0	1
4	0	0	1
5	0	0	0
6	0	2	1
7	0	1	0
8	0	6	1
9	0	0	0
10	0	0	0

Στον Πίνακα 4.5 καταγράφονται οι τιμές της ισχύος κατά τη διάρκεια κάθε μιας από τις τρεις καταστάσεις λειτουργίας. Συγκεκριμένα με χρήση του οργάνου Wattson έγινε καταγραφή της μέσης ισχύος πεντάλεπτου κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στο Σχήμα 4.4 αποτυπώνονται σε διάγραμμα κοινών αξόνων οι μετρήσεις. Αντίστοιχα, στον Πίνακα 4.6 και το Σχήμα 4.5 καταγράφονται οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε ανά πεντάλεπτο για κάθε πρόγραμμα καθώς και η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά πρόγραμμα

Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα μετρήσεων μέσης τιμής ισχύος πεντάλεπτου πλυντηρίου ρούχων

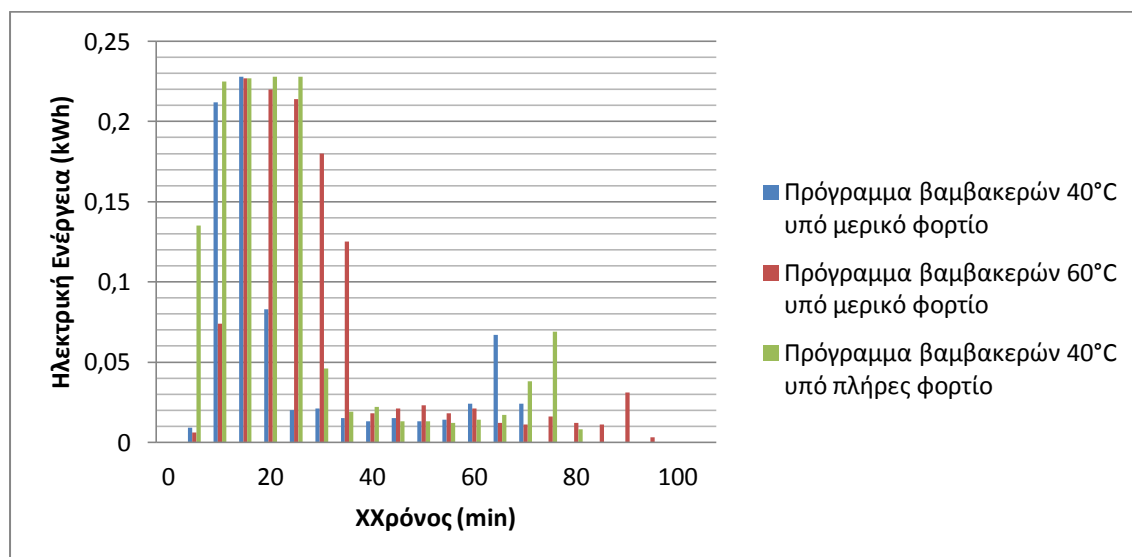
Χρονικό διάστημα (min)	Μέση Ισχύς Πεντάλεπτου (W)		
	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 60°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό πλήρες φορτίο
0-5	0	0	0
5-10	109	68	1617
10-15	2546	889	2702
15-20	1733	2729	2725
20-25	995	2638	2736
25-30	245	2563	2730
30-35	252	2157	548
35-40	176	1505	230
40-45	152	219	267
45-50	183	250	159
50-55	151	274	154
55-60	170	214	146
60-65	292	249	166
65-70	801	141	202
70-75	294	136	453
75-80	0	188	823
80-85		142	98
85-90		130	0
90-95		370	0
95-100		31	
100-105		1	
105-110		1	



Σχήμα 4.4 Διάγραμμα απεικόνισης μέσης ισχύος πεντάλεπτου για τις τρεις σειρές μετρήσεων

Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα μετρήσεων κατανάλωσης ενέργειας ανά πρόγραμμα πλυντηρίου ρούχων

Χρονικό διάστημα (min)	Καταναλισκόμενη Ενέργεια ανά Πεντάλεπτο (kWh)		
	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 60°C υπό μερικό φορτίο	Πρόγραμμα βαμβακερών 40°C υπό πλήρες φορτίο
0-5	0	0	0
5-10	0,009	0,006	0,135
10-15	0,212	0,074	0,225
15-20	0,228	0,227	0,227
20-25	0,083	0,22	0,228
25-30	0,02	0,214	0,228
30-35	0,021	0,18	0,046
35-40	0,015	0,125	0,019
40-45	0,013	0,018	0,022
45-50	0,015	0,021	0,013
50-55	0,013	0,023	0,013
55-60	0,014	0,018	0,012
60-65	0,024	0,021	0,014
65-70	0,067	0,012	0,017
70-75	0,024	0,011	0,038
75-80		0,016	0,069
80-85		0,012	0,008
85-90		0,011	0
90-95		0,031	0
95-100		0,003	
100-105		0	
105-110		0	
Συνολική Κατανάλωση ενέργειας	0,758	1,243	1,314



Σχήμα 4.5 Διάγραμμα απεικόνισης καταναλισκόμενης ενέργειας ανά πεντάλεπτο για τις τρεις σειρές μετρήσεων

Όπως είναι προφανές και από τις τρεις σειρές μετρήσεων η ισχύς μεγιστοποιείται στα αρχικά στάδια του κάθε κύκλου πλύσης, όταν δηλαδή θερμαίνεται το νερό μέσω αντιστάσεων. Στο πρόγραμμα των 40°C η μεγιστοποίηση της ισχύος διαρκεί λιγότερο από ότι στα προγράμματα των 60°C, καθώς στα προγράμματα των 60°C οι αντιστάσεις πρέπει να λειτουργήσουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία.

Μετά τη θέρμανση του νερού η ισχύς μειώνεται σε μεγάλο βαθμό και παραμένει σε χαμηλά επίπεδα για το μεγαλύτερο μέρος του κύκλου. Σε αυτό το στάδιο λειτουργεί ο κινητήρας προκειμένου να περιστρέφεται ο κάδος καθώς επίσης και διάφορα υδραυλικά συστήματα.

Λίγο πριν την ολοκλήρωση του κύκλου παρατηρείται αύξηση της ισχύος που οφείλεται στη διαδικασία του στυψίματος. Εδώ και πάλι λειτουργεί ο κινητήρας, οποίος αυτή τη φορά περιστρέφεται σε μεγάλες ταχύτητες προκειμένου να αφαιρεθεί φυγοκεντρικά το νερό από τα ρούχα. Η λειτουργία του κινητήρα σε υψηλές ταχύτητες απαιτεί μεγάλη ισχύ εισόδου, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις μετρήσεις.

Η συνολική κατανάλωση της ενέργειας ανά κύκλο είναι μικρότερη για το πρόγραμμα των 40°C υπό μερικό φορτίο, μεγαλύτερη για το πρόγραμμα των 60°C υπό μερικό φορτίο και μέγιστη για το πρόγραμμα των 40°C υπό πλήρες φορτίο. Το γεγονός ότι τα προγράμματα των 60°C απαιτούν περισσότερη ενέργεια είναι λογικό, καθώς οι αντιστάσεις πρέπει να λειτουργούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέχρι να επιτευχθεί η θερμοκρασία των 60°C. Το πρόγραμμα των 60°C υπό πλήρες φορτίο απαιτεί συνολικά περισσότερη ενέργεια από το πρόγραμμα των 60°C υπό μερικό φορτίο, παρόλο που οι αντικαταστάσεις χρησιμοποιούνται για το ίδιο χρονικό διάστημα, για να θερμάνουν την ίδια ποσότητα νερού στην ίδια θερμοκρασία. Αυτό συμβαίνει γιατί εφόσον το φορτίο είναι μεγαλύτερο απαιτείται να παράγει ο κινητήρας μεγαλύτερη ροπή, γεγονός που απαιτεί μεγαλύτερη ισχύ εισόδου.

Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την καταγραφή των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η πλέον ενεργοβόρα λειτουργία στη διάρκεια κάθε κύκλου πλύσης είναι η θέρμανση του νερού. Αυτό συμβαίνει γιατί η θέρμανση επιτυγχάνεται με χρήση ωμικών αντιστάσεων.
- Η μετρούμενη ισχύς σε κανένα στάδιο των κύκλου λειτουργίας δεν ξεπερνά την ονομαστική ισχύ (2800W) που ορίζεται από τον κατασκευαστή στην ενεργειακή ετικέτα του προϊόντος. Συνεπώς, τα δεδομένα που παρέχει ο κατασκευαστής ως προς την ενεργειακή κατανάλωση είναι ακριβή.

4.1.3.2 Πλυντήρια πιάτων

Στα πλαίσια του πειράματος έγιναν μετρήσεις σε πλυντήριο πιάτων σε κατάσταση λειτουργίας.

Συγκεκριμένα μετρήθηκε η διάρκεια του προγράμματος πλύσης, ελήφθησαν μετρήσεις σε κατάσταση εκτός λειτουργίας καθώς και σε κατάσταση αναμονής (ισχύουν οι ορισμοί που δόθηκαν στην παράγραφο 4.3.1). Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του οργάνου Wattson έγινε καταγραφή της μέσης τιμής ισχύος πεντάλεπτου καθώς και της ενέργειας που καταναλώθηκε ανά πεντάλεπτο και υπολογίστηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια του προγράμματος.

Στον Πίνακα 4.7 καταγράφονται τα ονομαστικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου πιάτων που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

Πίνακας 4.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά πλυντηρίου πιάτων

Κατασκευαστής	Siemens
Μοντέλο	S5MS2
Ονομαστική ισχύς	2400W
Ονομαστική χωρητικότητα	9 σεβίτσια
Ονομαστικό πρόγραμμα λειτουργίας	55°C

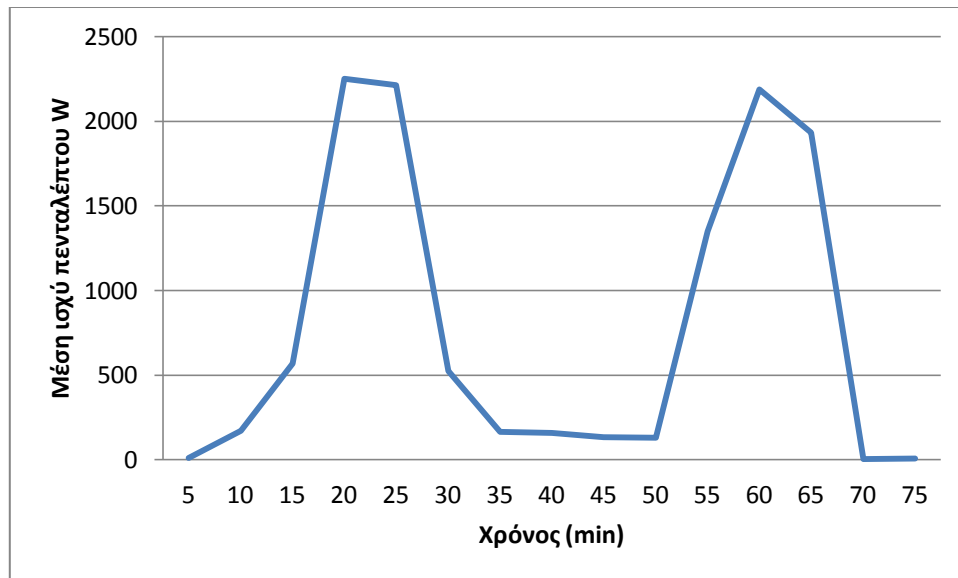
Στον Πίνακα 4.8 καταγράφονται οι μετρήσεις ισχύος που έγιναν σε καταστάσεις εκτός λειτουργίας και αναμονής (στιγμιαίες μετρήσεις ισχύος) και στον Πίνακα 4.9 οι μετρήσεις μέσης ισχύος πεντάλεπτου και κατανάλωσης ενέργειας (ανά πεντάλεπτο και συνολικά) για ονομαστικό πρόγραμμα λειτουργίας

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος καταστάσεων εκτός και αναμονής πλυντηρίου πιάτων

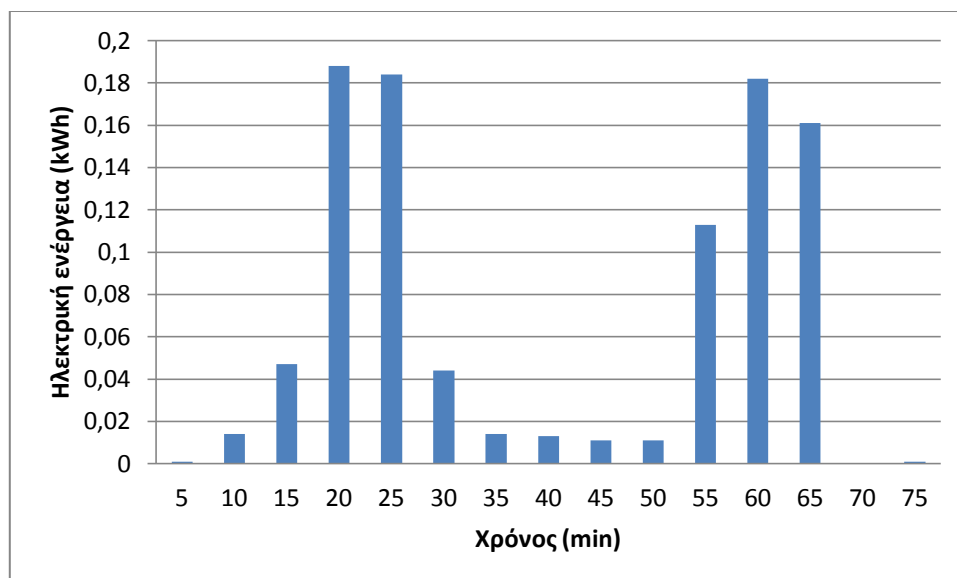
A/A Μέτρησης	Στιγμιαία ισχύς σε κατάσταση λειτουργίας (W)	Στιγμιαία ισχύς σε κατάσταση αναμονής (W)
1	0	0
2	0	0
3	1	2
4	0	0
5	0	1
6	0	0
7	0	0
8	0	1
9	0	0
10	3	0

Πίνακας 4.9 Αποτέλεσμα μετρήσεων μέσης τιμής ισχύος πεντάλεπτου και κατανάλωσης ενέργειας πλυντηρίου πιάτων

Χρονικά διαστήματα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)
0-5	11	0,001
5-10	171	0,014
10-15	567	0,047
15-20	2251	0,188
20-25	2213	0,184
25-30	523	0,044
30-35	164	0,014
35-40	158	0,013
40-45	134	0,011
45-50	129	0,011
50-55	1351	0,113
55-60	2189	0,182
60-65	1933	0,161
65-70	5	0
70-75	7	0,001
Συνολική κατανάλωση ενέργειας		0,984



Σχήμα 4.6 Διάγραμμα απεικόνισης μέσης ισχύος πεντάλεπτου ονομαστικού προγράμματος πλυντηρίου πιάτων



Σχήμα 4.7 Διάγραμμα απεικόνισης καταναλισκόμενης ενέργειας ανά πεντάλεπτο πλυντηρίου πιάτων

Όπως φαίνεται από τα Σχήματα 4.6 και 4.7 η ισχύς και η κατανάλωση αυξάνονται λίγο μετά την έναρξη (10-25 min) και λίγο πριν το τέλος (50-60 min) του κύκλου πλύσης ενώ παραμένουν χαμηλές στο ενδιάμεσο (25-50 min). Αυτό συμβαίνει γιατί στο διάστημα 10-25min έχουμε χρήση των αντιστάσεων για τη θέρμανση του νερού, είναι ο βασικός λόγος κατανάλωσης ενέργειας στα πλυντήρια πιάτων. Αντίστοιχα στο διάστημα 50-60min βρίσκεται σε εξέλιξη η διαδικασία του στεγνώματος κατά την οποία θερμαίνεται ο αέρας με τη χρήση θερμαντικών στοιχείων. Είναι εμφανές ότι η λειτουργία του κινητήρα για την κυκλοφορία του νερού (25-50min) δεν είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα.

Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την καταγραφή των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Οι πλέον ενεργοβόρες λειτουργίες στη διάρκεια κάθε κύκλου πλύσης είναι η θέρμανση του νερού στην αρχή κάθε κύκλου και η θέρμανση του αέρα για τη λειτουργία του στεγνώματος στο τέλος κάθε κύκλου. Αυτό συμβαίνει γιατί η θέρμανση τόσο του νερού όσο και του αέρα στο εσωτερικό της συσκευής επιτυγχάνεται με χρήση ωμικών αντιστάσεων.
- Όλες οι μετρήσεις ισχύος είναι μικρότερες από τη μέγιστη (ονομαστική) ισχύ που ορίζει ο κατασκευαστής στην ενεργειακή ετικέτα του προϊόντος. Συνεπώς, οι πληροφορίες που παρέχει ο κατασκευαστής είναι ακριβείς όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής.

4.1.3.3 Ψυκτικές συσκευές

Από την κατηγορία των ψυκτικών συσκευών έγιναν μετρήσεις σε ψυγειοκαταψύκτη. Συγκεκριμένα, έγιναν μετρήσεις της κατανάλωσης ενέργειας σε χρονικό διάστημα 24 ωρών.

Για τον ψυγειοκαταψύκτη οι μετρήσεις έγιναν σε θερμοκρασία συντήρησης 4°C και σε θερμοκρασία κατάψυξης -17 °C.

Στον Πίνακα 4.10 καταγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυγειοκαταψύκτη όπως αυτά δίνονται από τον κατασκευαστή.

Πίνακας 4.10 Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυγειοκαταψύκτη

Κατηγορία συσκευής	Ψυγειοκαταψύκτης
Κατασκευαστής	Miele
Μοντέλο	No frost
Ονομαστική ισχύς	-
Ονομαστική χωρητικότητα	-
Ονομαστική θερμοκρασία συντήρησης /κατάψυξης	5°C/-17°C

Πίνακας 4.11 Μετρήσεις μέσης τιμής ισχύος πεντάλεπτου και κατανάλωσης ενέργειας ψυγειοκαταψύκτη

Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
0-5	3	0	110-115	75	0,007
5-10	97	0,009	115-120	0	0
10-15	167	0,014	120-125	117	0,01
15-20	168	0,014	125-130	160	0,013
20-25	170	0,014	130-135	159	0,013
25-30	171	0,014	135-140	159	0,013
30-35	171	0,014	140-145	158	0,013
35-40	170	0,014	145-150	160	0,013
40-45	168	0,014	150-155	159	0,013
45-50	162	0,014	155-160	159	0,013
50-55	82	0,009	160-165	161	0,013
55-60	0	0	165-170	159	0,013
60-65	0	0	170-175	158	0,013
65-70	0	0	175-180	0	0
70-75	0	0	180-185	0	0
75-80	0	0	185-190	0	0
80-85	0	0	190-195	0	0
85-90	0	0	195-200	0	0
90-95	0	0	200-205	0	0
95-100	7	0	205-210	0	0
100-105	149	0,012	210-215	0	0
105-110	147	0,012	215-220	0	0

Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
220-225	0	0
225-230	0	0
230-235	0	0
235-240	145	0,012
240-245	144	0,012
245-250	143	0,012
250-255	143	0,012
255-260	144	0,012
260-265	144	0,012
265-270	144	0,012
270-275	143	0,012
275-280	83	0,009
280-285	0	0
285-290	0	0
290-295	0	0
295-300	0	0
300-305	0	0
305-310	0	0
310-315	0	0
315-320	0	0
320-325	0	0
325-330	0	0
330-335	0	0
335-340	0	0
340-345	0	0
345-350	0	0
350-355	0	0
355-360	0	0
360-365	0	0
365-370	0	0
370-375	0	0
375-380	0	0
380-385	0	0
385-390	0	0
390-395	0	0
395-400	0	0
400-405	0	0
405-410	0	0
410-415	0	0
415-420	0	0
420-425	0	0
425-430	0	0
430-435	0	0
435-440	0	0
440-445	0	0
445-450	0	0
450-455	0	0
455-460	0	0
460-465	0	0
465-470	0	0

Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
470-475	0	0
475-480	0	0
480-485	0	0
485-490	0	0
490-495	0	0
495-500	0	0
500-505	0	0
505-510	0	0
510-515	0	0
515-520	0	0
520-525	0	0
525-530	0	0
530-535	0	0
535-540	0	0
540-545	0	0
545-550	0	0
550-555	0	0
555-560	0	0
560-565	0	0
565-570	0	0
570-575	0	0
575-580	0	0
580-585	0	0
585-590	0	0
590-595	0	0
595-600	0	0
600-605	0	0
605-610	0	0
610-615	0	0
615-620	0	0
620-625	0	0
625-630	0	0
630-635	0	0
635-640	0	0
640-645	0	0
645-650	0	0
650-655	0	0
655-660	0	0
660-665	0	0
665-670	0	0
670-675	0	0
675-680	0	0
680-685	0	0
685-690	0	0
690-695	0	0
695-700	0	0
700-705	0	0
705-710	0	0
710-715	0	0
715-720	0	0

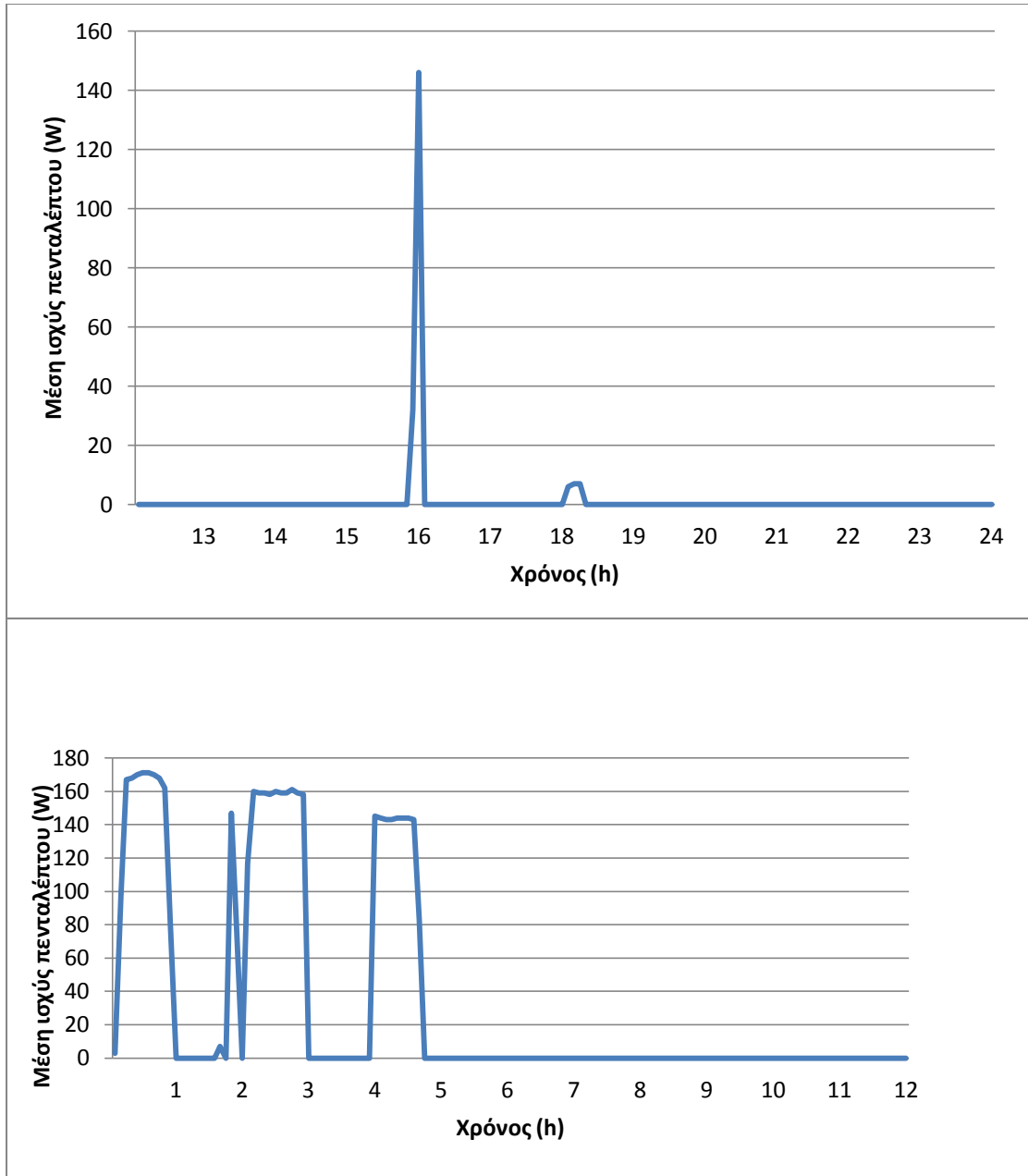
Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
720-725	0	0
725-730	0	0
730-735	0	0
735-740	0	0
740-745	0	0
745-750	0	0
750-755	0	0
755-760	0	0
760-765	0	0
765-770	0	0
770-775	0	0
775-780	0	0
780-785	0	0
785-790	0	0
790-795	0	0
795-800	0	0
800-805	0	0
805-810	0	0
810-815	0	0
815-820	0	0
820-825	0	0
825-830	0	0
830-835	0	0
835-840	0	0
840-845	0	0
845-850	0	0
850-855	0	0
855-860	0	0
860-865	0	0
865-870	0	0
870-875	0	0
875-880	0	0
880-885	0	0
885-890	0	0
890-895	0	0
895-900	0	0
900-905	0	0
905-910	0	0
910-915	0	0
915-920	0	0
920-925	0	0
925-930	0	0
930-935	0	0
935-940	0	0
940-945	0	0
945-950	0	0
950-955	32	0,003
955-960	146	0,012
960-965	0	0
965-970	0	0

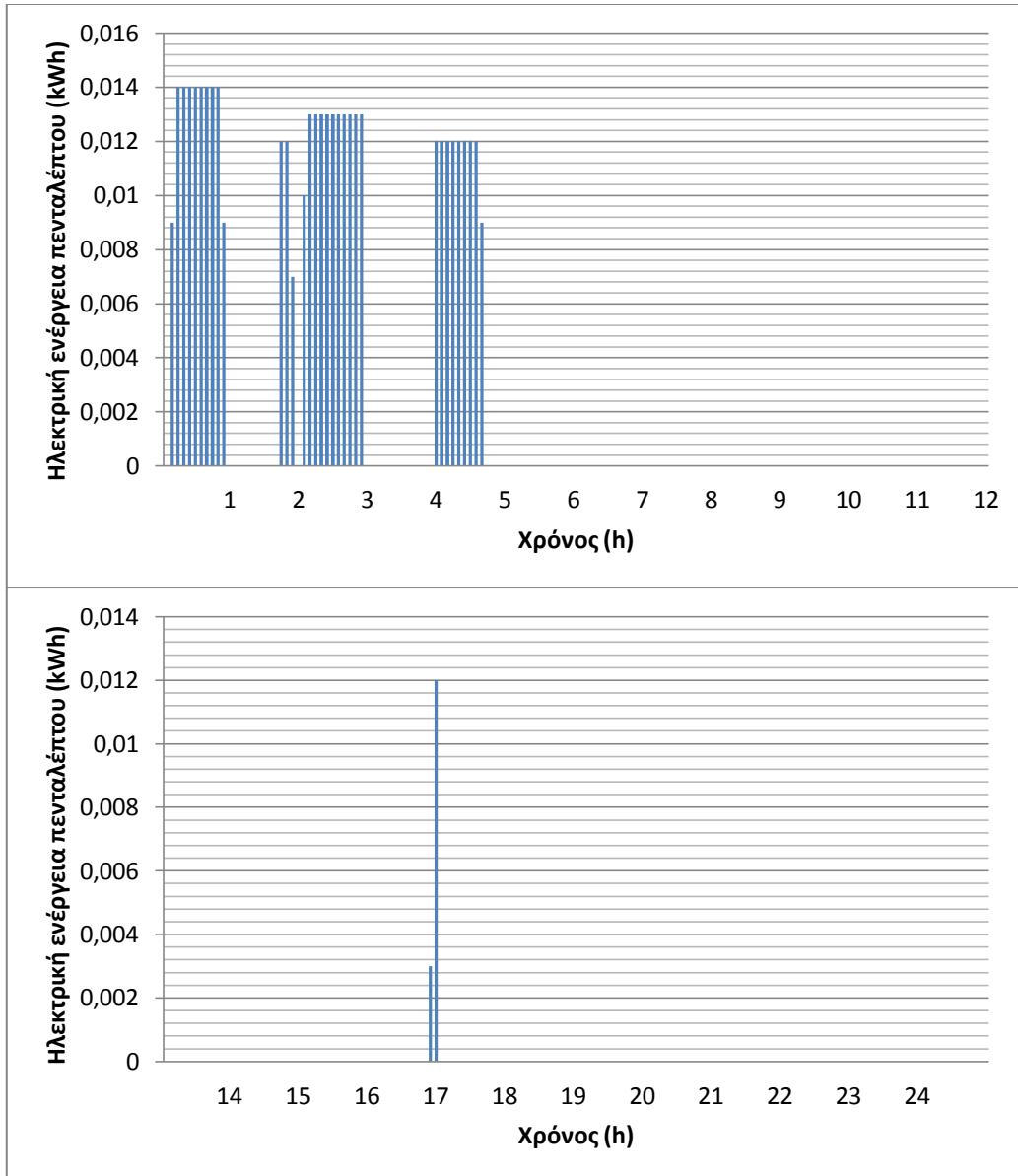
Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
970-975	0	0
975-980	0	0
980-985	0	0
985-990	0	0
990-995	0	0
995-1000	0	0
1000-1005	0	0
1005-1010	0	0
1010-1015	0	0
1015-1020	0	0
1020-1025	0	0
1025-1030	0	0
1030-1035	0	0
1035-1040	0	0
1040-1045	0	0
1045-1050	0	0
1050-1055	0	0
1055-1060	0	0
1060-1065	0	0
1065-1070	0	0
1070-1075	0	0
1075-1080	0	0
1080-1085	6	0
1085-1090	7	0
1090-1095	7	0
1095-1100	0	0
1100-1105	0	0
1105-1110	0	0
1110-1115	0	0
1115-1120	0	0
1120-1125	0	0
1125-1130	0	0
1130-1135	0	0
1135-1140	0	0
1140-1145	0	0
1145-1150	0	0
1150-1155	0	0
1155-1160	0	0
1160-1165	0	0
1165-1170	0	0
1170-1175	0	0
1175-1180	0	0
1180-1185	0	0
1185-1190	0	0
1190-1195	0	0
1195-1200	0	0
1200-1205	0	0
1205-1210	0	0
1210-1215	0	0
1215-1220	0	0

Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Χρονικό διάστημα (min)	Μέση ισχύς πεντάλεπτου (W)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)
1220-1225	0	0	1330-1335	0	0
1225-1230	0	0	1335-1340	0	0
1230-1235	0	0	1340-1345	0	0
1235-1240	0	0	1345-1350	0	0
1240-1245	0	0	1350-1355	0	0
1245-1250	0	0	1355-1360	0	0
1250-1255	0	0	1360-1365	0	0
1255-1260	0	0	1365-1370	0	0
1260-1265	0	0	1370-1375	0	0
1265-1270	0	0	1375-1380	0	0
1270-1275	0	0	1380-1385	0	0
1275-1280	0	0	1385-1390	0	0
1280-1285	0	0	1390-1395	0	0
1285-1290	0	0	1395-1400	0	0
1290-1295	0	0	1400-1405	0	0
1295-1300	0	0	1405-1410	0	0
1300-1305	0	0	1410-1415	0	0
1305-1310	0	0	1415-1420	0	0
1310-1315	0	0	1420-1425	0	0
1315-1320	0	0	1425-1430	0	0
1320-1325	0	0	1430-1435	0	0
1325-1330	0	0	1435-1440	0	0

Τα δεδομένα του Πίνακα 4.11 καταγράφονται στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις. Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζεται η μέση ισχύς πεντάλεπτου, ενώ στο σχήμα 4.9 η κατανάλωση ενέργειας ανά πεντάλεπτο.



Σχήμα 4.8 Διάγραμμα απεικόνισης μέσης ισχύος πεντάλεπτου για 24 ώρες ψυγείοκαταψύκτη



Σχήμα 4.9 Διάγραμμα απεικόνισης καταναλισκόμενης ενέργειας ανά πεντάλεπτο για 24 ώρες ψυγείοκαταψύκτη

4.1.3.4 Υπολογιστές και εξοπλισμός γραφείου

Για την κατηγορία του εξοπλισμού γραφείου έγιναν μετρήσεις σε υπολογιστές Desktop και laptop καθώς και στην οθόνη του σταθερού υπολογιστή αλλά και σε περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτές, πολυμηχανήματα και συσκευές δικτύωσης).

Για τους υπολογιστές και την οθόνη μετρήθηκε η στιγμιαία ισχύς σε κατάσταση λειτουργίας (10 μετρήσεις) και οι μετρήσεις καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Είναι εμφανές ότι η κατανάλωση των φορητών υπολογιστών είναι σημαντικά μικρότερη από την κατανάλωση των σταθερών υπολογιστών. Επίσης, αν σε αυτό ληφθεί υπόψη η κατανάλωση της οθόνη, που αποτελεί βασικό κομμάτι του σταθερού υπολογιστή, η συνολική κατανάλωση είναι σημαντικά μεγαλύτερη.

Πίνακας 4.12 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος σε σταθερούς υπολογιστές, οθόνες και φορητούς υπολογιστές

Τύπος συσκευής	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής	Οθόνη	Φορητός Υπολογιστής (Laptop)
Κατασκευαστής	-	Sony	Sony
Μοντέλο	-	-	VAIO
Ονομαστική Ισχύς (W)			
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	78	45	60
	74	44	61
	78	43	58
	86	45	57
	78	44	59
	82	45	61
	78	44	62
	77	43	56
	84	44	58
85	45	59	
Μέσος όρος μετρήσεων στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	80	44	59
Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	0.08	0.044	0.059

Για τις περιφερειακές συσκευές έγιναν μετρήσεις τόσο για την κατάσταση λειτουργίας όσο και για την κατάσταση αναμονής, καθώς οι συσκευές αυτές βρίσκονται για σημαντικό χρονικό διάστημα σε κατάσταση αναμονής. Οι μετρήσεις καταγράφονται στον Πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος σε περιφερειακές συσκευές

Τύπος Συσκευής	Πολυμηχάνημα	Εξωτερικός σκληρός δίσκος	Router
Κατασκευαστής	HP	Maxtor	OTE
Μοντέλο	Officejet 4500 Desktop	10EACS	ZTE
Ονομαστική Ισχύς (W)		50	
Ονομαστική Ισχύς Αναμονής (W)		-	
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση αναμονής (W)	16	12	4
	21	4	7
	16	7	1
	12	7	7
	14	10	16
19	4	18	

	22	7	9
	25	10	21
	10	10	15
	19	12	9
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	32	20	25
	38	22	16
	36	25	21
	38	29	19
	41	20	18
	36	20	13
	37	22	15
	40	25	19
	37	20	17
	38	25	22
Μέσος όρος μετρήσεων στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	37	23	19
Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	0.037	0.023	0.019

4.1.3.5 Τηλεοράσεις

Για την κατηγορία της τηλεόρασης ελήφθησαν δέκα μετρήσεις σε κατάσταση αναμονής και στην συνέχεια δέκα μετρήσεις σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας. Οι μετρήσεις καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.14 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος σε τηλεοράσεις

Κατασκευαστής	Samsung
Μοντέλο	LE40B530P7WXXH
Τεχνολογία Οθόνης	LED
Διαγώνιος (in)	42
Ονομαστική Ισχύς (W)	180
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση αναμονής (W)	13
	18
	15
	9
	21
	12
	10
	7
	10
	3
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	141
	147
	145
	147
	143

	145
	143
	142
	143
	140
Μέσος όρος μετρήσεων στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας	144
Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	0.144

4.1.3.6 Λαμπτήρες

Έγιναν μετρήσεις σε διάφορους εμπορικούς λαμπτήρες φωτισμού που βρίσκονται σε ένα σπίτι και τα αποτελέσματα καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα[17].

Πίνακας 4.15 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος σε λαμπτήρες φωτισμού

Κατασκευαστής	Cosmos	Cosmos	OSRAM	Philips	IKEA
Μοντέλο	P00673	P02790	Mini Twist	Eco classic	10937
Ονομαστική Ισχύς (W)	15	11	18	105	40
Φωτεινή ροή (lm)	827	600	827	-	-
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	38	31	42	126	45
	37	35	40	124	46
	40	34	40	126	45
	39	31	40	124	45
	38	33	42	125	45
	39	33	42	125	46
	38	32	41	123	45
	39	33	41	124	47
	40	34	40	126	46
	38	33	41	122	45
Μέσος όρος μετρήσεων στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	39	33	41	125	46
Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	0.039	0.033	0.041	0.125	0.046

4.1.3.7 Κλιματιστικά

Προκειμένου να καλυφθεί η κατηγορία των κλιματιστικών έγιναν μετρήσεις σε συσκευή της οποίας τα χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω.

Συγκεκριμένα για τη λειτουργία θέρμανσης μετρήθηκε η στιγμιαία ισχύς με βήμα 5s. Το κλιματιστικό είναι τεχνολογίας αντιστροφής (inverter)[18].

Πίνακας 4.16 Χαρακτηριστικά Κλιματιστικού

Κατασκευαστής	Daikin
Ονομαστική ισχύς	9000

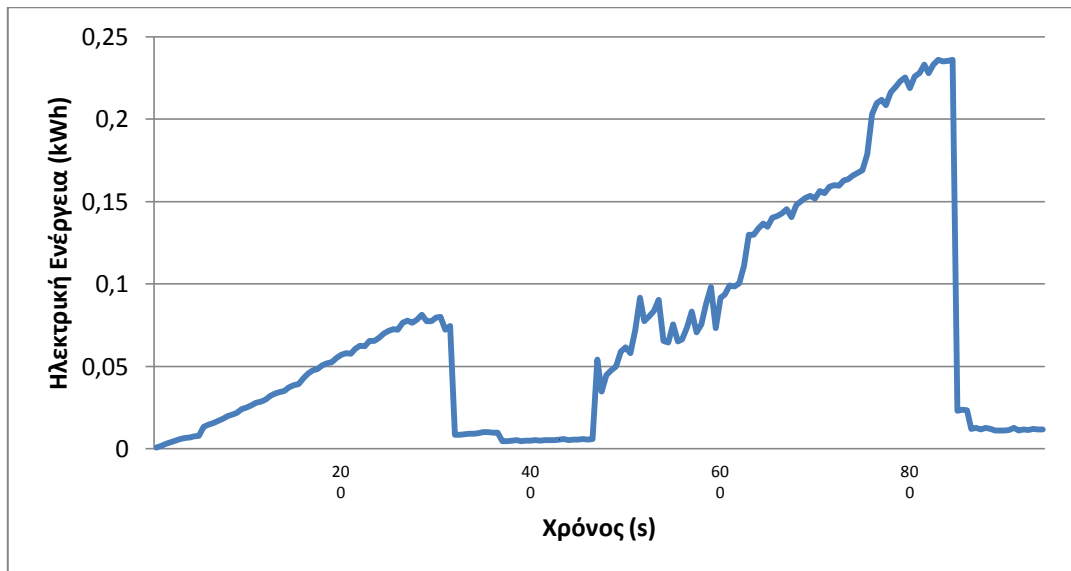
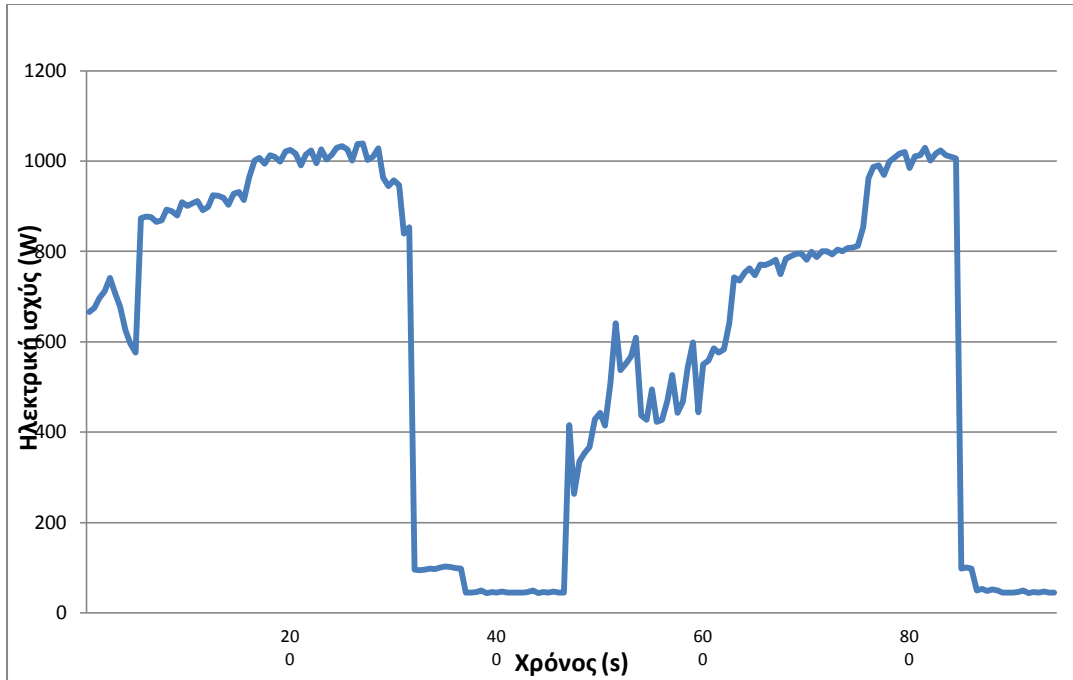
Οι μετρήσεις ανά 5 δευτερόλεπτα και οι μετρήσεις καταγράφονται στον Πίνακα 4.17 και το Σχήμα 4.12.

Πίνακας 4.17 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος κλιματιστικού inverter

Χρόνος (s)	Στιγμιαία ισχύς (W)	Ενέργεια (kWh)	Χρόνος (s)	Στιγμιαία ισχύς (W)	Ενέργεια (kWh)	Χρόνος (s)	Στιγμιαία ισχύς (W)	Ενέργεια (kWh)
5	666	0,001	160	965	0,043	315	853	0,075
10	675	0,002	165	1001	0,046	320	96	0,009
15	696	0,003	170	1007	0,048	325	95	0,009
20	712	0,004	175	994	0,048	330	96	0,009
25	741	0,005	180	1013	0,051	335	98	0,009
30	709	0,006	185	1010	0,052	340	97	0,009
35	678	0,007	190	999	0,053	345	100	0,01
40	626	0,007	195	1021	0,055	350	103	0,01
45	596	0,007	200	1025	0,057	355	102	0,01
50	576	0,008	205	1017	0,058	360	99	0,01
55	874	0,013	210	991	0,058	365	98	0,01
60	877	0,015	215	1014	0,061	370	45	0,005
65	876	0,016	220	1024	0,063	375	45	0,005
70	865	0,017	225	995	0,062	380	46	0,005
75	869	0,018	230	1026	0,066	385	50	0,005
80	892	0,02	235	1004	0,066	390	44	0,005
85	889	0,021	240	1014	0,068	395	46	0,005
90	879	0,022	245	1030	0,07	400	45	0,005
95	909	0,024	250	1033	0,072	405	47	0,005
100	901	0,025	255	1026	0,073	410	45	0,005
105	907	0,026	260	1001	0,072	415	45	0,005
110	912	0,028	265	1038	0,076	420	45	0,005
115	891	0,028	270	1039	0,078	425	45	0,005
120	898	0,03	275	1002	0,077	430	46	0,005
125	924	0,032	280	1010	0,079	435	50	0,006
130	923	0,033	285	1028	0,081	440	44	0,005
135	919	0,034	290	963	0,078	445	46	0,006
140	903	0,035	295	945	0,077	450	45	0,006
145	928	0,037	300	958	0,08	455	47	0,006
150	931	0,039	305	947	0,08	460	45	0,006
155	914	0,039	310	840	0,072	465	45	0,006

Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

Χρόνος (s)	Στιγμιαία ισχύς (W)	Ενέργεια (kWh)	Χρόνος (s)	Στιγμιαία ισχύς (W)	Ενέργεια (kWh)	Χρόνος (s)	Στιγμιαία ισχύς (W)	Ενέργεια (kWh)
470	415	0,054	635	736	0,13	800	985	0,219
475	263	0,035	640	753	0,134	805	1011	0,226
480	335	0,045	645	763	0,137	810	1013	0,228
485	354	0,048	650	747	0,135	815	1030	0,233
490	367	0,05	655	771	0,14	820	1001	0,228
495	429	0,059	660	770	0,141	825	1017	0,233
500	443	0,062	665	774	0,143	830	1024	0,236
505	414	0,058	670	781	0,145	835	1013	0,235
510	507	0,072	675	750	0,141	840	1009	0,235
515	641	0,092	680	784	0,148	845	1006	0,236
520	537	0,078	685	790	0,15	850	98	0,023
525	551	0,08	690	794	0,152	855	100	0,024
530	568	0,084	695	796	0,154	860	98	0,023
535	609	0,091	700	782	0,152	865	50	0,012
540	437	0,066	705	799	0,156	870	53	0,013
545	427	0,065	710	787	0,155	875	48	0,012
550	495	0,076	715	801	0,159	880	52	0,013
555	423	0,065	720	800	0,16	885	49	0,012
560	427	0,066	725	793	0,16	890	45	0,011
565	470	0,074	730	804	0,163	895	45	0,011
570	526	0,083	735	801	0,164	900	45	0,011
575	443	0,071	740	807	0,166	905	46	0,012
580	468	0,075	745	809	0,167	910	50	0,013
585	543	0,088	750	812	0,169	915	44	0,011
590	599	0,098	755	853	0,179	920	46	0,012
595	444	0,073	760	962	0,203	925	45	0,012
600	550	0,092	765	987	0,21	930	47	0,012
605	558	0,094	770	990	0,212	935	45	0,012
610	585	0,099	775	969	0,209	940	45	0,012
615	576	0,098	780	999	0,216			
620	583	0,1	785	1007	0,22			
625	641	0,111	790	1017	0,223			
630	743	0,13	795	1020	0,225			



Σχήμα 4.12 Διάγραμμα στιγμιαίας κατανάλωσης ενέργειας κλιματιστικού inverter

4.1.3.8 Συσκευές κουζίνας

Από τον εξοπλισμό κουζίνας έγιναν μετρήσεις σε διάφορες συσκευές οι οποίες καταγράφονται στον Πίνακα 4.18. Για κάθε συσκευή ελήφθησαν δέκα μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας.

Πίνακας 4.18: Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος συσκευών κουζίνας

Τύπος συσκευής	Τοστιέρα	Φούρνος μικροκυμάτων	Βραστήρας νερού	Αποχυμωτής	Mixer	Καφετιέρα
Κατασκευαστής	Princess	Matsui	Rohson	Petra	Moulinex	Izzy
Μοντέλο	2309	MATSMW174 E	R-710	-	OPTIBlend 2000	SanRemo TSK 1819
Ονομαστική Ισχύς (W)	700	1200	2200	20	300	1000
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	657	62	2030	42	193	981
	676	1041	2058	41	195	995
	669	1023	2053	41	195	970
	662	59	2050	42	193	974
	663	1034	2007	42	190	990
	653	1014	2052	41	189	988
	664	1011	2050	40	187	988
	668	1013	2028	43	187	988
	650	60	2059	45	187	978
	669	62	2048	40	185	971
Μέσος όρος μετρήσεων στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	663	638	2044	42	190	982
Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	0,663	0,638	2,044	0,042	0,19	0,982

Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την καταγραφή των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Για την πλειοψηφία των συσκευών που μετρήθηκαν (τοστιέρα, καφετιέρα, βραστήρας νερού, φούρνος μικροκυμάτων, mixer) οι μετρήσεις ισχύος δίνουν τιμές πολύ χαμηλότερες της ονομαστικής. Συνεπώς, τα δεδομένα που δίνονται από τους κατασκευαστές στις ενεργειακές ετικέτες των προϊόντων είναι αληθή.
- Στην περίπτωση του αποχυμωτή παρουσιάζονται σημαντικές αποκλίσεις από την ονομαστική. Συγκεκριμένα, η μέση τιμή των μετρήσεων είναι κάτι παραπάνω από την διπλάσια της ονομαστικής. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται σε κατασκευαστικό ελάττωμα της συσκευής που μετρήθηκε ή σε μεγάλες αποκλίσεις από την πρότυπη συσκευή που μετρήθηκε για τον προσδιορισμό της ονομαστικής κατανάλωσης της συσκευής.

4.1.3.9 Λοιπές συσκευές

Στην παράγραφο αυτή περιλαμβάνονται συσκευές ευρέως διαδεδομένες στον οικιακό τομέα, οι οποίες δεν μπορούν να καταταχθούν στις κατηγορίες που αναλύθηκαν παραπάνω, ούτε αποτελούν πεδίο εφαρμογής κάποιας ενεργειακής ετικέτας.

Για λόγους πληρότητας μετρήθηκαν συσκευές όπως ηλεκτρική σκούπα, στεγνωτήρας μαλλιών, αερόθερμο, ηλεκτρικό σίδερο και ψύκτης νερού. Για κάθε συσκευή έγιναν δέκα μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος όσο οι συσκευές βρίσκονταν σε κατάσταση λειτουργίας. Οι μετρήσεις, καθώς και τα χαρακτηριστικά των συσκευών καταγράφονται στον Πίνακα 4.19.

Πίνακας 4.19 Αποτελέσματα μετρήσεων ισχύος διαφόρων οικιακών συσκευών

Τύπος συσκευής	Ηλεκτρική Σκούπα	Στεγνωτήρας μαλλιών	Ισιωτική Μαλλιών	Ηλεκτρικό Σίδερο	Αερόθερμο
Κατασκευαστής	Hoover	-	Bellissima	Philips	Delonghi
Μοντέλο	Aplina Filtra C	Twin Turbo2800	IMETEC	Lance 3100	THE 320 S
Ονομαστική Ισχύς (W)	1600	1760	-	2000	2000
Μετρήσεις στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	1058	1509	88	1792	1964
	1054	1481	90	1750	1963
	1035	1499	98	1792	1963
	1047	1462	103	1774	1962
	1045	1495	107	1782	1966
	1060	1498	116	1738	1966
	1050	1496	123	1800	1964
	1054	1495	126	1804	1962
	1058	1460	138	1758	1966
	1035	1484	141	1793	1962
Μέσος όρος μετρήσεων στιγμιαίας ισχύος σε κατάσταση λειτουργίας (W)	1050	1488	113	1778	1963
Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	1,05	1,488	0,113	1,778	1,963

Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την καταγραφή των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Για τις περισσότερες συσκευές που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία (ηλεκτρική σκούπα, στεγνωτήρας μαλλιών, αερόθερμο, ηλεκτρικό σίδερο) οι μετρήσεις ισχύος δίνουν τιμές πολύ χαμηλότερες της ονομαστικής. Συνεπώς, τα δεδομένα που δίνονται από τους κατασκευαστές στις ενεργειακές ετικέτες των προϊόντων είναι αληθή

4.2 Θερμογράφιση

4.2.1 Εισαγωγή

Η θερμογράφιση του κτιριακού κελύφους αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του ολοκληρωμένου έλεγχου της θερμικής επάρκειας ενός κτιρίου και κατά συνέπεια και της συνολικής διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης.

Η αρχή της θερμογραφίας βασίζεται στην ανίχνευση των διαφορετικών θερμοκρασιών των διαφόρων δομικών υλικών με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητάς τους. Με τη χρήση της ειδικής θερμοκάμερας ανακαλύπτονται ατέλειες στο σχεδιασμό του κτιρίου που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι, όπως ασυνέχειες στη μόνωση, θερμογέφυρες (σημεία διαφυγής θερμότητας), σημεία συσσώρευσης υγρασίας ή διείσδυσης αέρα κ.α. Κατά αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ευκολότερη η ερμηνεία των θερμοκρασιακών διαφορών σε σημεία που βάσει σχεδιασμού δεν είναι δικαιολογημένη η εμφάνισή τους και διευκολύνεται η αντιμετώπιση του προβλήματος ανάλογα την περίπτωση.

4.2.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας

Το βασικό εργαλείο για τη θερμογράφιση ενός κτιρίου, μιας μηχανολογικής ή ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι η θερμοκάμερα, η οποία πρακτικά απεικονίζει τη διαφορά στη θερμοκρασία των σωμάτων με τρόπο ώστε να γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι, χάρη στη χρήση μιας παλέτας χρωμάτων, σε καθένα από τα οποία αντιστοιχεί διαφορετική θερμοκρασία. Στην ουσία, μετατρέπει κάτι αόρατο, όπως είναι θερμοκρασία ενός αντικειμένου, σε κάτι ορατό και, χάρις στο κατάλληλο λογισμικό, επιτρέπει και την περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών.

Η θερμοκάμερα είναι μια συσκευή που σχηματίζει μια εικόνα χρησιμοποιώντας υπέρυθρη ακτινοβολία με τον ίδιο τρόπο που μία κοινή φωτογραφική μηχανή απαθανατίζει μια εικόνα χρησιμοποιώντας το ορατό φως. Αντίθετα με τις κοινές κάμερες που λειτουργούν σε εύρος κυμάτων από 450-750 nm, οι θερμοκάμερες λειτουργούν σε περιοχές μέχρι και 14μm. Για αυτό το λόγο, άλλωστε, και το κόστος τους είναι αρκετά υψηλότερο από τις συμβατικές φωτογραφικές κάμερες.

Επιγραμματικά, η λειτουργία της θερμοκάμερας συνίσταται στη μέτρηση και απεικόνιση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα αντικείμενο συναρτήσει της επιφανειακής θερμοκρασίας του. Κατά αυτόν τον τρόπο, είναι εφικτός ο προσδιορισμός θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μέχρι και της τάξεως του 0,1 Kelvin και ως εκ τούτου η ακριβής απεικόνιση της κατανομής θερμοκρασιών σε οποιαδήποτε επιφάνεια.

Η λήψη σωστών θερμοφωτογραφιών προϋποθέτει την τήρηση κάποιων βασικών κανόνων τόσο ως προς τις συνθήκες θερμογράφισης όσο και ως προς τον τρόπο λήψης τους.

4.2.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών

Κατά τη λήψη των θερμοφωτογραφιών λόγω του ότι η θερμοκρασία που φτάνει στην θερμοκάμερα προέρχεται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες (εκπομπή το ίδιο το αντικείμενο, εκπομπή μέσω ανάκλασης από το περιβάλλον και εκπομπή από την ατμόσφαιρα) είναι απαραίτητη η ρύθμιση κάποιων βασικών παραγόντων όπως:

- Ο συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου που μελετάται (emissivity) ο οποίος εκφράζει την ποσότητα της ακτινοβολίας που ανακλάται από ένα αντικείμενο ως προς την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό και είναι ένας πραγματικός αριθμός μεταξύ του 0-1. Συγκεκριμένα, για τα βασικά δομικά υλικά κυμαίνεται από 0,75(τούβλο) μέχρι 0,97(σκυρόδεμα). Ο σωστός καθορισμός του συντελεστή εκπομπής είναι καθοριστικής σημασίας στη λήψη έγκυρων μετρήσεων.
- Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης, η οποία αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και επιστρέφει στην κάμερα. Για το λόγο αυτό, στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε μια φορητή επιφάνεια αναφοράς, από την οποία καθορίζεται μέσω κατάλληλου λογισμικού στη μετέπειτα επεξεργασία των μετρήσεων η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης.
- Η απόσταση της θερμοκάμερας από το αντικείμενο λήψης.
- Η σχετική υγρασία.
- Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

4.2.4 Ιδανικές συνθήκες θερμογράφησης

Για όσο το δυνατόν καλύτερες λήψεις είναι θεμιτό να τηρούνται κάποιοι άτυποι κανόνες κατά τη θερμογράφηση ενός κτιρίου:

- Η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με την θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να είναι τουλάχιστον +10°C αρκετές ώρες πριν τη διενέργεια της θερμογράφησης αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο είναι ευκολότερο τους χειμερινούς μήνες ή γενικότερα σε περιόδους που η πτώση θερμοκρασίας επιβάλλει τη χρήση θέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Κατά την διάρκεια της θερμογράφησης η διαφορά θερμοκρασιών περιβάλλοντος δεν πρέπει να ποικίλλει περισσότερο από 30% της διαφοράς εσωτερικού και εξωτερικού χώρου ενώ η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να πρέπει να μην αποκλίνει περισσότερο από 2°C. Απαιτείται δηλαδή σταθερότητα στις θερμοκρασίες τόσο στους εσωτερικούς χώρους όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον όσο διεξάγονται οι μετρήσεις.
- Είναι προτιμότερο στις θερμοφωτογραφίες εξωτερικών χώρων να μην απεικονίζεται τμήμα του ουρανού καθώς αυτό διευρύνει το θερμοκρασιακό εύρος των εικόνων και αλλοιώνει την ακρίβεια των μετρήσεων. Η ίδια ακριβώς λογική ισχύει για τους εσωτερικούς χώρους όταν υπάρχουν θερμές πηγές (θερμαντικά σώματα, κλιματιστικά) σε λειτουργία.
- Για αρκετές ώρες πριν την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα είναι σε εξέλιξη, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία, γι' αυτό το λόγο οι πρώτες πρωινές ώρες (7.00-10.00) είναι ιδανικότερες.

- Ιδανικά, για τον εντοπισμό διαρροών αέρα στο κτίριο, απαιτείται αρνητική πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής περίπου 10-50 Pa.

4.2.5 Θερμογέφυρες

Ως θερμικές γέφυρες ή θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται τα επιμέρους τμήματα (ή περιοχές) του εξωτερικού κελύφους ενός κτιρίου, στα οποία η θερμική αντίσταση υπολείπεται σημαντικά αυτής στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του περιβλήματος. Στις θέσεις των θερμογεφυρών οι ροές θερμότητας παρουσιάζονται δυσανάλογα αυξημένες σε σύγκριση με τις ροές θερμότητας στο υπόλοιπο κέλυφος. Γι' αυτό και οι θερμογέφυρες αποτελούν τα 'ασθενή' σημεία του κτιριακού κελύφους και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική προστασία, καθώς αποτελούν μια υπολογίσιμη και συνεχή σπατάλη ενέργειας. Επισημαίνεται ότι οι θερμικές απώλειες αποτελούν σημαντικό ποσοστό των ολικών απωλειών του κτιρίου, παρά το γεγονός ότι συνήθως αποτελούν ένα μικρό μόνο τμήμα του εξωτερικού κελύφους του. Ακόμα, επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου, καθώς δημιουργούνται κρύα ρεύματα. Ταυτόχρονα, ευνοούν την εκδήλωση του φαινομένου της επιφανειακής και κρυφής συμπύκνωσης των υδρατμών και την ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και διαφόρων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων, με αποτέλεσμα τη συνεχή ανάγκη για επισκευή και συντήρηση.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683, οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δύο τύπους: γραμμικές και σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση, ενώ οι σημειακές δεν έχουν σε καμία διάσταση. Για τις ανάγκες του ενεργειακού επιθεωρητή, δίνεται έμφαση στις γραμμικές θερμογέφυρες γιατί έχουν μεγαλύτερη συγκριτικά επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των θερμογεφυρών και η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές, είναι συχνά πολύ αμελητέα.

Τη δημιουργία μιας θερμογέφυρας μπορεί να προκαλέσουν κατασκευαστικές αδυναμίες, κακοτεχνίες, αστοχίες, αμέλεια και παραλείψεις, άγνοια ή ακόμη και φθορές, οφειλόμενες στην παλαιότητα της εγκατάστασης. Σε όλες τις περιπτώσεις, κοινή συνισταμένη αναδεικνύεται η μειωμένη θερμομονωτική προστασία στη θέση εκείνη.

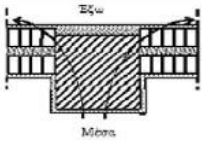
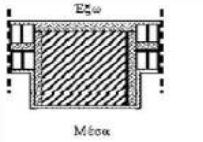
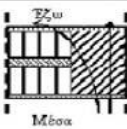
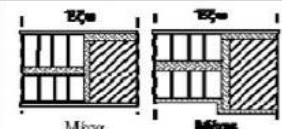
Σε γενικές γραμμές, η εμφάνιση μιας θερμογέφυρας μπορεί να οφείλεται στα εξής:

- Κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής
- Αλλαγή της σύνθεσης των υλικών ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης).
- Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος.
- Συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη.
- Απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή μείωση του πάχους της.
- Διέδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας.

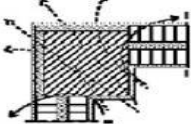
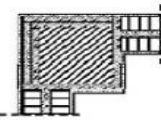
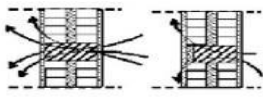
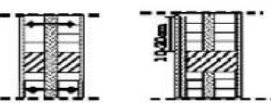
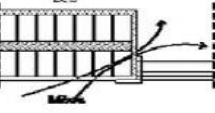
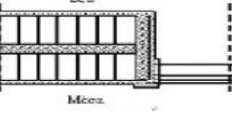
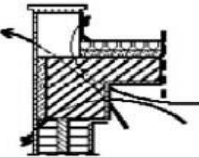
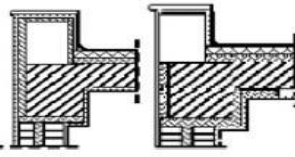
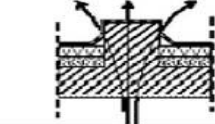
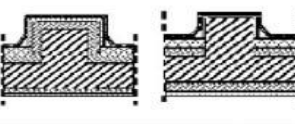
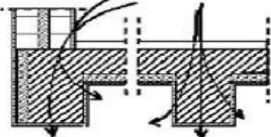
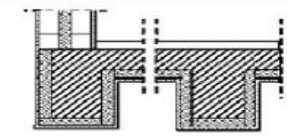
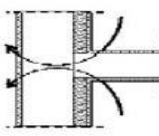
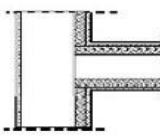
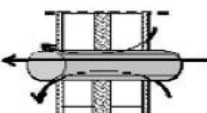
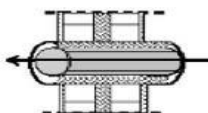
Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών σε μία κατασκευή αποτελεί η πλήρης θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Αυτό ισχύει όχι απαραίτητα επειδή δε θα έχει εκπονηθεί σωστά η προβλεπόμενη από τον κανονισμό μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου ή επειδή η μελέτη δε θα έχει εφαρμοσθεί πλήρως, αλλά επειδή κάποιο σημείο ή τμήμα ενός δομικού στοιχείου λόγω της θέσης του ή του κατασκευαστικού σχήματος του περιβλήματος θα παρουσιάζει υψηλότερες θερμικές απώλειες, τις οποίες ένας τυπικός υπολογισμός της μελέτης θερμομόνωσης δεν μπορεί να αντιμετωπίσει. Στα σημεία αυτά πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα για αυξημένη θερμομονωτική προστασία και επιμελημένη κατασκευή που συνήθως ξεφεύγει από τα τυποποιημένα.

Επισημαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποφυγή των θερμογεφυρών είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς το όφελος από την εξάλειψή τους είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με την πολυπλοκότητα και το κόστος των λύσεων για την αντιμετώπιση τους.

Οι διαφορετικές περιπτώσεις θερμογεφυρών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε επιμέρους γενικότερες κατηγορίες με κατ' εξοχήν κριτήριο τις δυνατότητες επέμβασης για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων. Στους πίνακες που ακολουθούν (Σχήμα 4.2.1, 4.2.2) δίνονται επιγραμματικά οι βασικότερες κατηγορίες θερμογεφυρών, η σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν και περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης στο σημείο σύνδεσης στοιχείου του φέροντα οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης		
Η απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού		

Σχήμα 4.2.1: Κατηγορίες θερμογεφυρών με σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Αυξημένες θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς εμβαδού στις δύο όψεις των γωνιακών δομικών στοιχείων		
Οι περίδεσμοι ενίσχυσης σε δικέλυρη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα		
Διακοπή της θερμομόνωσης στις παραστάδες, στα υπέρθυρα των ανοιγμάτων και στις ποδιές των παραθύρων		
Οι απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων (στηθαία στα δώματα, αντισταμμένα δοκάρια και διπλά στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής)		
		
Τα ενδιάμεσα και περιμετρικά δοκάρια στις θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής		
Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση εγκάρσιας συναρμογής εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο		
Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περιβλήμα του κτιρίου		
Η πρόεκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου (πρόβολοι)		
Τα σημεία διέλευσης σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης, κεντρικής θέρμανσης, αερίου, καμινάδων, αεραγωγών κτλ.		

Σχήμα 4.2.2: Κατηγορίες θερμογέφυρων με σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεις για τον κατά δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές

4.2.6 Θερμοκάμερα

Τα μοντέλα της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η υπέρυθρη κάμερα FLIR B40 και FLIR B50. Το τελευταίο μοντέλο φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.1.6.1).



Εικόνα 4.1: Flir B50

Τα δύο μοντέλα της θερμοκάμερας έχουν ουσιαστικά παρόμοιες ιδιότητες, με εξαίρεση ότι το μοντέλο FLIR B50 έχει καλύτερη ανάλυση και διαθέτει ακτίνα laser που διευκολύνει στην οπτική στόχευση του αντικειμένου προς παρατήρηση. Οι θερμοκάμερες μπορούν να εξάγουν τρεις διαφορετικές μορφές εικόνων: υπέρυθρες εικόνες/θερμογραφήματα, ψηφιακές εικόνες, και υπέρυθρες εικόνες μέσα σε ψηφιακές.

Η κάμερα υπέρυθρων μετράει και απεικονίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του αντικειμένου, άρα επιτρέπει στην κάμερα με κατάλληλο λογισμικό να υπολογίζει και να εμφανίζει την εν λόγω θερμοκρασία. Η κατανομή θερμοκρασιών σε διάφορες επιφάνειες απεικονίζεται μέσω γραφικών εικόνων. Τα θερμογραφήματα της θερμοκάμερας μπορούν να αποθηκευτούν σε ηλεκτρονική συσκευή αποθήκευσης. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Flir QuickReport της εταιρίας Flir Systems, οι εικόνες μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω σε υπολογιστή, έτσι ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, η χρήση του λογισμικού δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία των εικόνων, δημιουργία ισόθερμων, προσδιορισμός θερμότερου και ψυχρότερου σημείου, αλλαγή του εύρους κλίμακας της θερμοκρασίας, αλλαγή της χρωματικής παλέτας κ.ά. Η χρήση του λογισμικού και η επεξεργασία των εικόνων είναι αναπόσπαστο κομμάτι υπέρυθρης θερμογραφίας και παίζει καθοριστικό ρόλο για τη σωστή ερμηνεία των θερμογραφημάτων.

Οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη και να οριστούν κατάλληλα κατά την επεξεργασία των θερμογραφημάτων στο εν λόγω πρόγραμμα, ώστε να επιτευχθούν όσο το δυνατόν πιο ακριβείς μετρήσεις, είναι οι εξής:

- Συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου
- Φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης
- Απόσταση του αντικειμένου
- Σχετική υγρασία
- Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας

Ο συντελεστής εκπομπής αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το αντικείμενο σε σχέση με εκείνη ενός ιδανικού σώματος (το λεγόμενο μέλαν σώμα) στην ίδια θερμοκρασία.

Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και καταλήγει στη θερμοκάμερα. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση που ο συντελεστής εκπομπής είναι χαμηλός και η θερμοκρασία του αντικειμένου διαφέρει κατά πολύ από τη φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης, ο ακριβής ορισμός της φαινόμενης θερμοκρασίας ανάκλασης καθίσταται ακόμα πιο σημαντικός.

4.2.7 Διεξαγωγή των μετρήσεων

Για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πιο ακριβή μέτρηση, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι παράμετροι την ώρα της θερμογραφικής λήψης:

- Η απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης απόστασης εστίασης
- Ακριβής εστίαση
- Σωστή επιλογή θερμοκρασιακής κλίμακας

Όταν πρόκειται για την αποτύπωση της θερμικής συμπεριφοράς του κελύφους ενός κτιρίου (τοιχών, παραθύρων κλπ.) καταγράφεται το υλικό κατασκευής τους (μπετόν, τούβλα, μόνωση, επίχρισμα, τύπος κουφωμάτων, χρήση μονών ή διπλών υαλοπινάκων) και γενικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Για τη θερμογράφιση του κτιριακού κελύφους κανονικά πρέπει να επιλέγεται μία μέρα που να είναι κρύα και συννεφιασμένη, για την αποφυγή της θέρμανσης των τοίχων από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (η χρήση εξωτερικών θερμικών πηγών είναι επιθυμητή μόνο στις περιπτώσεις της ενεργητικής θερμογραφίας). Σε ιδανικές συνθήκες, για αρκετές ώρες πριν από την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα συνεχίζεται αυτή, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απ' ευθείας από τον ήλιο. Ακόμα, θα πρέπει η εσωτερική θερμοκρασία να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την εξωτερική, τουλάχιστον +10 °C, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου καθώς και τα σημεία όπου η υπάρχουσα μόνωση είναι υποβαθμισμένη.

4.2.8 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αρχικά στο εξωτερικό κτιριακό κέλυφος και στη συνέχεια στο εσωτερικό του κτιριακού κελύφους.

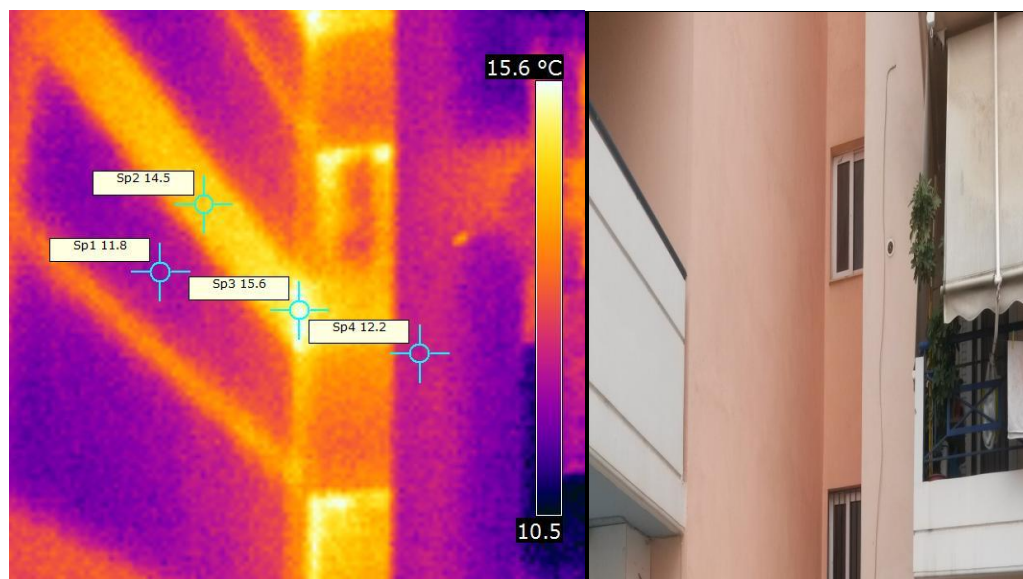
Στην επεξεργασία των θερμογραφημάτων με το λογισμικό Flir QuickReport, ορίστηκαν οι παράμετροι ως εξής:

- $\epsilon=0,95$
- Θερμοκρασία ατμόσφαιρας: όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο και σχετική υγρασία: όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο
- Θερμοκρασία ανάκλασης: όπως μετρήθηκε με την κάμερα πάνω σε μία λεία επίπεδη επιφάνεια καλυμμένη με αλουμινόχαρτο.

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα θερμογραφήματα που χρήζουν σχολιασμό και παρατήρηση, μαζί με τις αντίστοιχες ψηφιακές εικόνες:

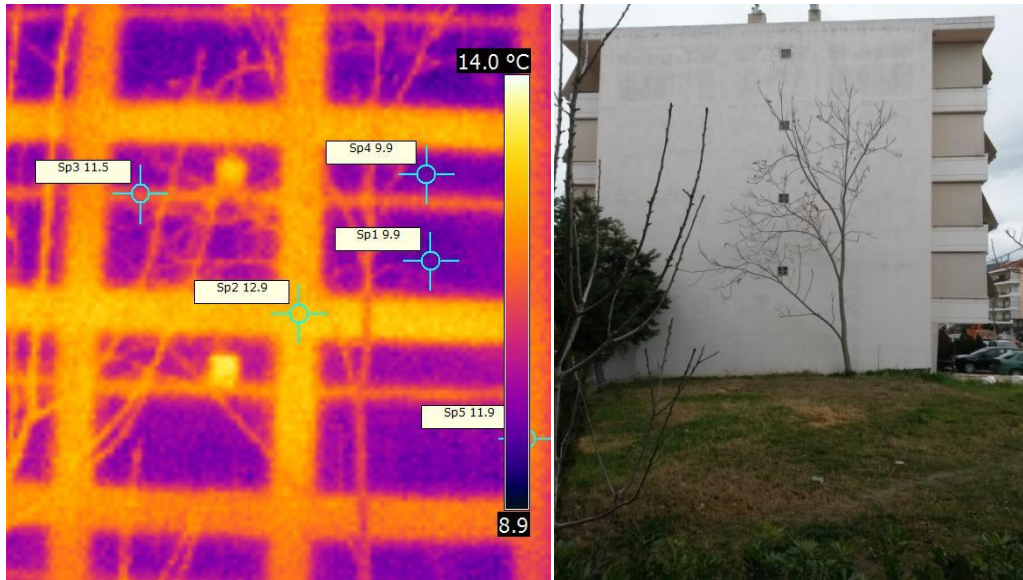
Από την θερμογράφιση (Κυριακή 25 Ιανουαρίου 2015 κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 9°C έως 16°C, εσωτερική θερμοκρασία 16 έως 26°C και υγρασία 50%) που πραγματοποιήθηκαν στο συγκρότημα πολυκατοικιών προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

4.2.8.1 Θερμογράφιση κελύφους



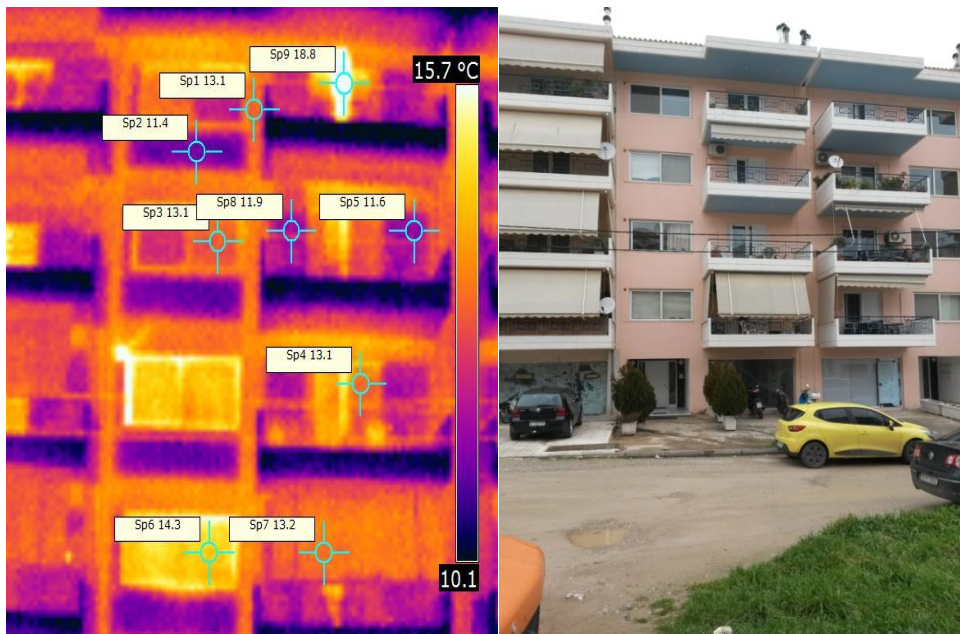
Εικόνα 4.2: Λεπτομέρειες από την πίσω όψη (βόρεια όψη)

Στην Εικόνα 4.2 φαίνονται οι θερμογέφυρες στα σημεία συναρμογής των στοιχείων του φέροντος οργανισμού και της τοιχοποιίας πλήρωσης. Στις θερμογέφυρες έχουμε θερμοκρασία 15°C. Επίσης φαίνεται ότι ο φέρον οργανισμός του κτιρίου είναι αμόνωτος έχοντας θερμοκρασία 14.5°C ενώ η τοιχοποιία πλήρωσης που είναι μονωμένη έχει θερμοκρασία 11.8°C



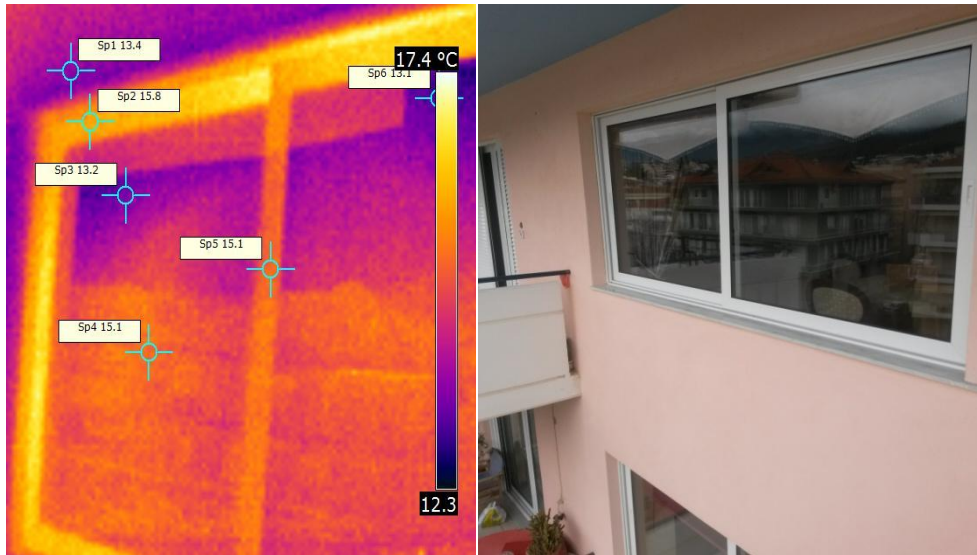
Εικόνα 4.3: Πλάγια όψη κτιρίου(δυτική πλευρά πολυκατοικίας)

Στην εικόνα 4.3 φαίνεται ακόμα καλύτερα η διαφορά θερμοκρασία του φέρον οργανισμού του κτιρίου(12.9°C) με την τοιχοποιία πλήρωσης(9.9°C).



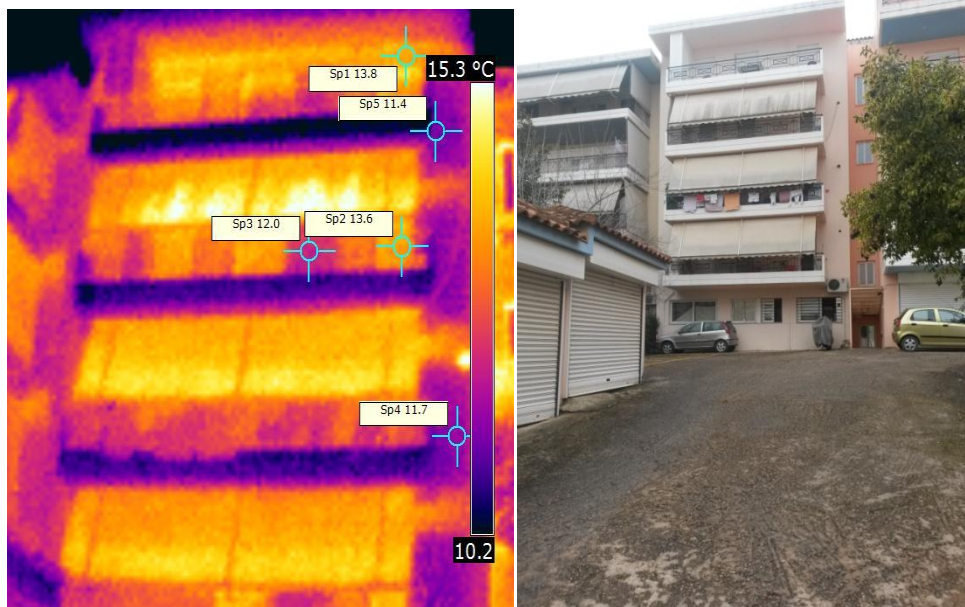
Εικόνα 4.4: Βόρεια όψη επί της οδού Αισχύλου

Στην εικόνα 4.4 φαίνεται μια γενική άποψη της κύριας όψης του κτιρίου.



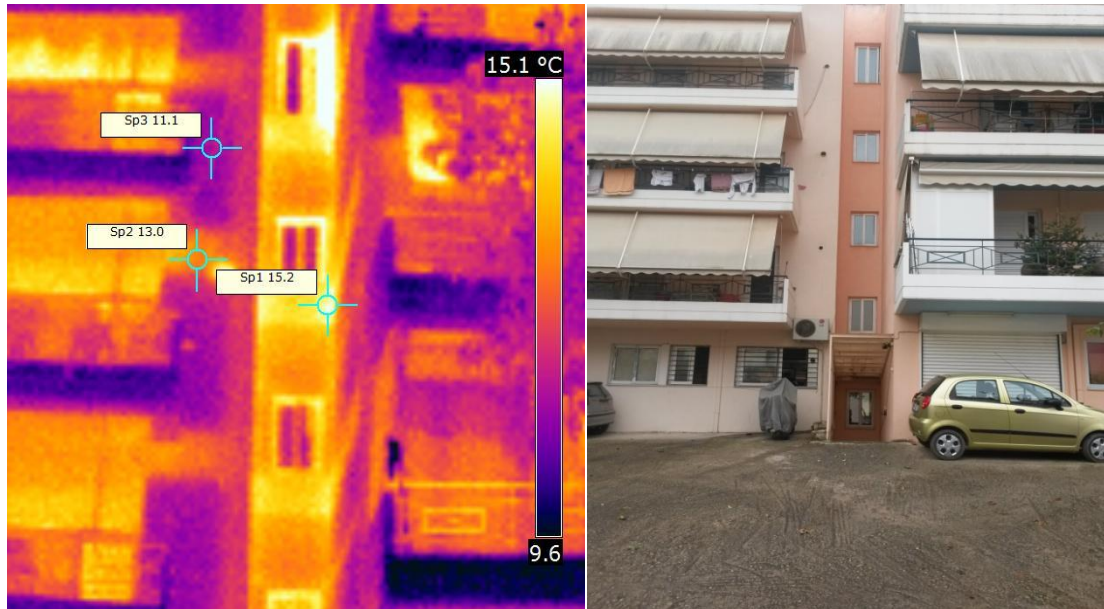
Εικόνα 4.5: Όψη των υαλοπινάκων/κουφωμάτων του κάθε ορόφου

Στην εικόνα 4.5 διαπιστώνουμε το πρόβλημα της διαφεύγουσας θερμοκρασίας από τα κουφώματα των διπλών υαλοπινάκων για κάθε όροφο της πολυκατοικίας. Ο υαλοπίνακας έχει θερμοκρασία 15°C ενώ η τοιχοποιία που είναι μονωμένη έχει τιμή 13°C.



Εικόνα 4.6: Όψη του ακάλυπτου χώρου

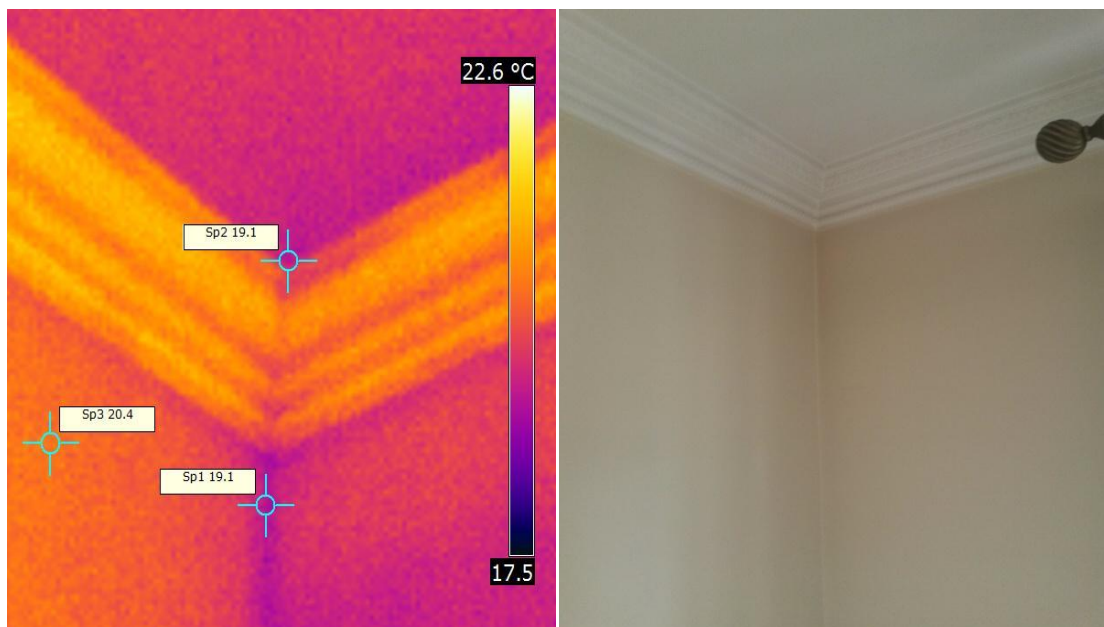
Στις εικόνες 4.6 και 4.7 εμφανίζεται το εξωτερικό τμήμα του ακάλυπτου. Στην εικόνα 4.7 φαίνεται καλύτερα η θερμοκρασία που έχουμε στις θερμογέφυρες (15.2°C), το αμόντωτο σκυρόδεμα είναι στους 13°C και η τοιχοποιία πλήρωσης στους 11.1°C



Εικόνα 4.7: Όψη του ακάλυπτου χώρου

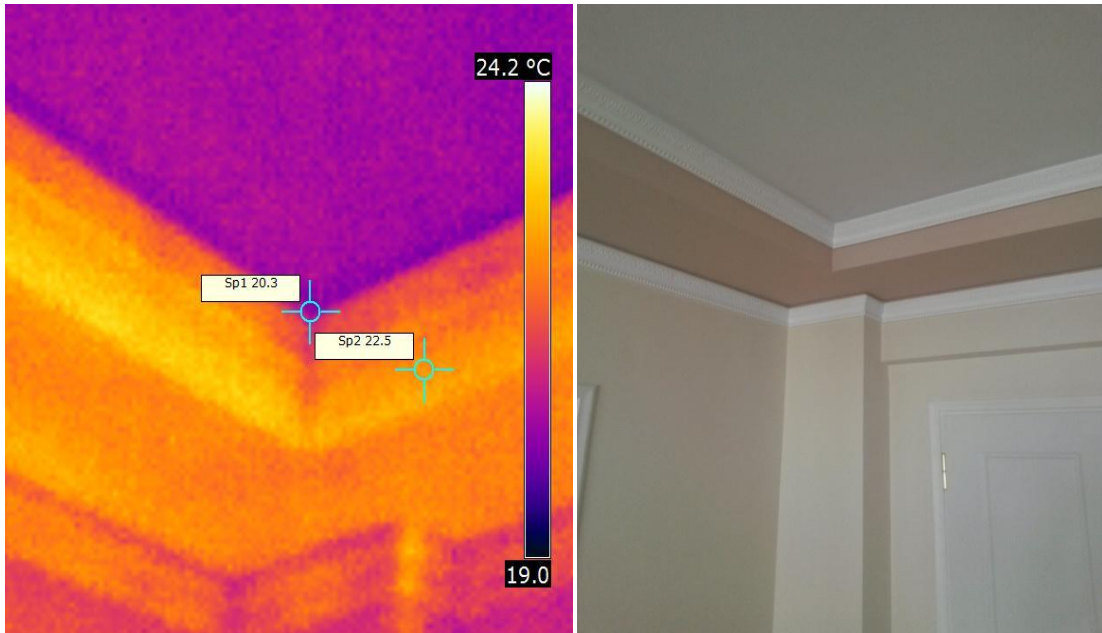
4.2.8.2 Εσωτερική Θερμογράφιση

Στην Εικόνα 4.8 φαίνεται μια γωνία από το δώμα του κτιρίου και είναι εμφανές ότι λόγω ασυνέχειας της θερμομόνωσης, έχουμε θερμογέφυρα στο σημείο ένωσης διαφορετικών υλικών. Ενώ τα τοιχία είναι στους 20.4°C το σημείο σύνδεσης είναι στους 19.1°C:

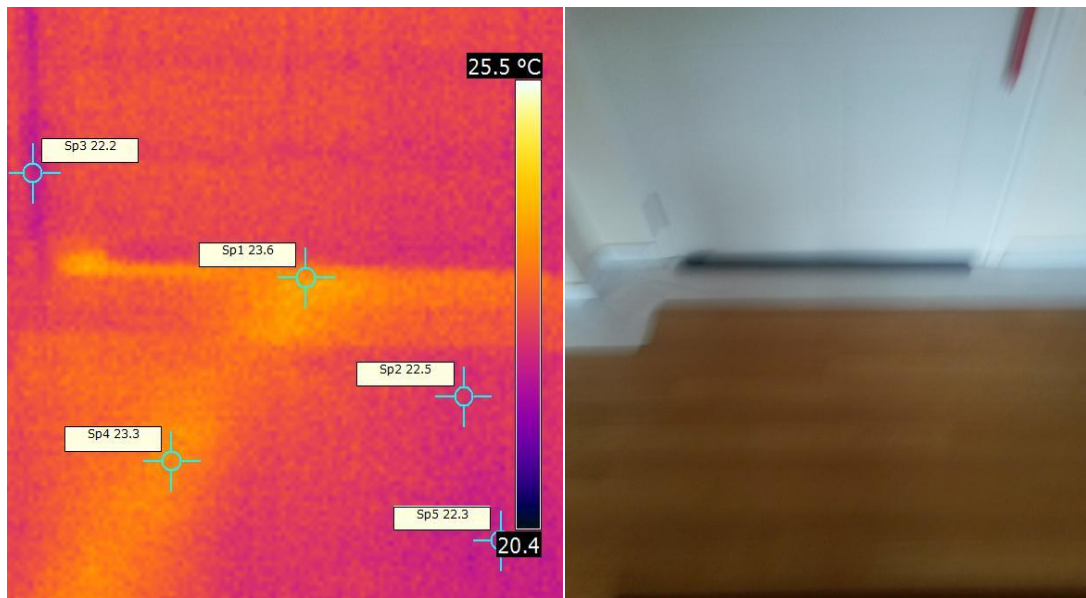


Εικόνα 4.8: Όψη της γωνίας του δώματος

Το ίδιο πρόβλημα σημειώνεται και στην Εικόνα 4.9. Ενώ τα τοιχία είναι στους 22.5°C, το σημείο σύνδεσης των διαφορετικών υλικών τοιχοποιίας είναι στους 20.3°C:

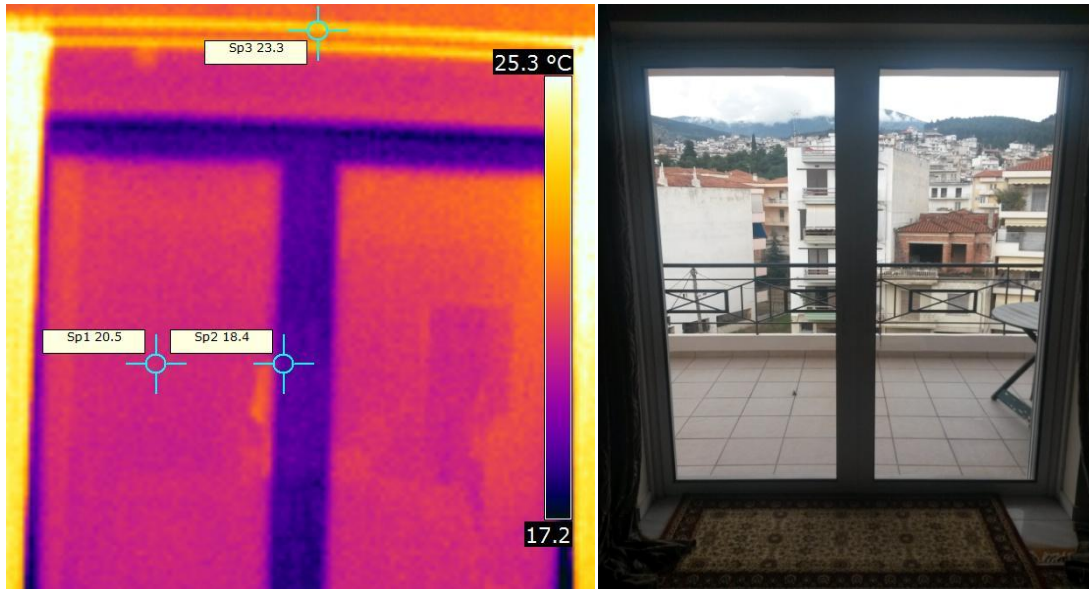


Εικόνα 4.9: Άλλη όψη της γωνίας του δώματος



Εικόνα 4.10: Όψη κεντρικής πόρτας διαμερίσματος

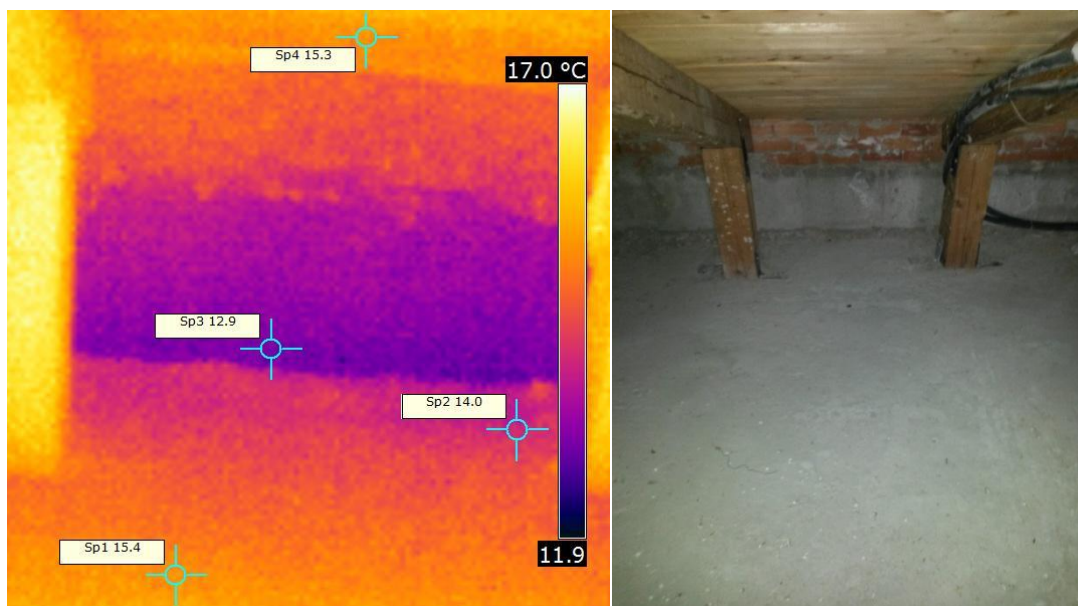
Στην εικόνα 4.11 μπορούμε να παρατηρήσουμε τις απώλειες που έχουμε στις μπαλκονόπορτες του διαμερίσματος. Βλέπουμε ότι η θερμοκρασία της τοιχοποιίας είναι στους 23.3°C, του διπλού υαλοπίνακα στους 20.5°C ενώ το αλουμίνιο του παραθύρου είναι στους 18.4°C.



Εικόνα 4.11: Όψη των υαλοπινάκων/κουφωμάτων του κάθε διαμερίσματος

Επίσης για την ολοκλήρωση της θερμογράφησης ανεβήκαμε στην στέγη του διαμερίσματος και κάναμε μετρήσεις οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

Στην εικόνα 4.12 μπορούμε να δούμε τις θερμοκρασίες που έχουν τα διάφορα υλικά της στέγης. Ο τοίχος που είναι σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο είναι στους 15.4°C, ο τοίχος που είναι σε επαφή με εξωτερικό χώρο είναι στους 12.9°C ενώ η στέγη είναι στους 15.3°C



Εικόνα 4.12: Όψη από στέγη

Κεφάλαιο 5. Προτάσεις Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης

5.1 Εισαγωγή

Το τελευταίο και ίσως σημαντικότερο στάδιο μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι η διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων και λύσεων είτε για την αντιμετώπιση των υπαρχόντων ενεργειακών προβλημάτων είτε για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου.

Στόχος της διαδικασίας είναι η δημιουργία προοπτικών και προϋποθέσεων για την μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους λαμβάνοντας υπόψη όλους τους βασικούς τεχνοοικονομικούς παράγοντες και τις πιθανές μεταβολές τους (τιμές καυσίμων, επικείμενα νομοθετικά πλαίσια, οικονομικούς δείκτες, επιδοτήσεις κ.α.).

Κύριο μέλημα στο σχεδιασμό των δράσεων είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων φυσικών πόρων με σκοπό την εξασφάλιση ιδανικών θερμικών και οπτικών συνθηκών με το μικρότερο δυνατό κόστος (βιοκλιματικός σχεδιασμός) αλλά και η ελαχιστοποίηση των μη αναγκαίων καταναλώσεων, τομέας στον οποίο είναι απαραίτητη η ευαισθητοποίηση και η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα.

Πέρα όμως από τα άμεσα οφέλη, εξίσου σημαντική είναι η συνεισφορά των προτεινόμενων δράσεων και στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης εξοπλισμού φιλικότερου προς αυτό και της μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε έχουν θεσμοθετηθεί κανόνες αλλά και επιδοτήσεις προς αυτή την κατεύθυνση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις δυνατότητες βελτιωτικών παρεμβάσεων στο φωτισμό, στη θέρμανση ενώ μελετάται και η προοπτική εγκατάστασης φωτοβολταϊκών γεννητριών στην σκεπή των κτιρίων.

5.2 Κριτήρια επιλογής

Η αξιολόγηση και η επιλογή των προτάσεων γίνεται μέσω διεξοδικής ανάλυσης των ελλείψεων και των αναγκών του συγκροτήματος βάσει της μελέτης που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Λαμβάνονται κάθε φορά υπόψη ποικίλοι παράγοντες όπως η τοποθεσία του κτιρίου, οι βιοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και οι δυνατότητες εφαρμογής των μέτρων. Η επιλογή του εκάστοτε εξοπλισμού γίνεται βάσει συγκεκριμένων τεχνικών προδιαγραφών (ειδικά χαρακτηριστικά, παρεχόμενη εγγύηση, έξοδα συντήρησης κ.λπ.) και πάντα κατόπιν συμβουλής εξειδικευμένου προσωπικού σε κάθε τομέα εφαρμογής, με στόχο τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό αξιοπιστίας, απόδοσης και τιμής. Σε κάθε περίπτωση, υπολογίζεται η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος που θα προκύψει σε ετήσια βάση.

Ωστόσο η διαδικασία επιλογής βασίζεται κατά κύριο λόγο στα βασικά οικονομικά κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) και της Έντοκής Περιόδου Αποπληρωμής (EPA) της επένδυσης[19].

5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ-NPV)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το κύριο οικονομικό κριτήριο για την αξιολόγηση μιας επένδυσης. Ο τύπος υπολογισμού είναι ο εξής:

$$ΚΠΑ = -K + \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1+d)^i} + \frac{YA_N}{(1+d)^N}$$

- K = Κόστος αρχικής επένδυσης
- F_i = Ετήσιο καθαρό όφελος
- N = Διάρκεια ζωής επένδυσης
- d = Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία
- YA = Η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος της διάρκειας ζωής της

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης:

- Για $ΚΠΑ > 0$, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη
- Για $ΚΠΑ < 0$, η επένδυση δεν θεωρείται βιώσιμη
- Για $ΚΠΑ = 0$, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d

Γενικότερα, μεγάλη ΚΠΑ συνεπάγεται και υψηλή οικονομική απόδοση της επένδυσης. Σημειώνεται ότι σε όλους τους υπολογισμούς του παρόντος κεφαλαίου, η υπολειμματική αξία θεωρείται μηδενική, το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5% και η διάρκεια ζωής των επενδύσεων δεκαετής ($N=10$).

5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA-IRR)

Το κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που μηδενίζει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών. Για την εύρεση του πρακτικά εξισώνεται η καθαρή παρούσα αξία με μηδέν.

$$ΚΠΑ_{(d=EBA)} = 0$$

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

- Για $EBA > d$, η επένδυση κρίνεται αποδεκτή
- Για $EBA < d$, η επένδυση κρίνεται μη αποδεκτή
- Για $EBA = d$, η αποδοχή ή μη της επένδυσης είναι στην κρίση του επενδυτή

Το κριτήριο του EBA παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με το κριτήριο της ΚΠΑ γι' αυτό και συχνά προτιμάται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης. Ωστόσο πολλές φορές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σύγκριση επενδύσεων διαφορετικών μεγεθών ενδέχεται να μην δώσει απολύτως σωστά αποτελέσματα.

5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ-DPB)

Το κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Για τον προσδιορισμό της ΕΠΑ λύνεται η εξίσωση:

$$ΚΠΑ_{(N=ΕΠΑ)} = 0$$

Η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη εάν η τιμή του ΕΠΑ ικανοποιεί τις προσδοκίες του εκάστοτε επενδυτή ως προς τον χρόνο αποπληρωμής της. Συνήθως το έργο κρίνεται βιώσιμο εάν η ΕΠΑ είναι μικρότερη από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης.

5.3 Προτεινόμενες δράσεις βελτιώσεις της ενεργειακής αποδοτικότητας

5.3.1 Δράσεις για την θέρμανση/ψύξη του συγκροτήματος

Η κάθε πολυκατοικία του συγκροτήματος διαθέτει κεντρική θέρμανση με αυτονομία με ωρομετρητές. Το βόρειο συγκρότημα έχει λέβητας πετρελαίου 220.000 kcal ενώ το νότιο συγκρότημα 200.000kcal με τα χαρακτηριστικά. Για το ζεστό νερό χρήσης το κάθε διαμέρισμα του συγκροτήματος διαθέτει ηλεκτρομποϊλερ με χωρητικότητα 80lit, με ονομαστική ισχύς 4KW και λειτουργεί εναλλακτικά με το καλοριφέρ και το ηλεκτρικό ρεύμα. Ο κλιματισμός των διαμερισμάτων επιτυγχάνεται με ανεξάρτητες μονάδες κλιματισμού (split units).

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί πίνακας με τις κατηγορίες διαμερισμάτων και τις μέσες ετήσιες καταναλώσεις τους όπως υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 3.

Πίνακας 5.1: Μέση ετήσια κατανάλωση ανά κατηγορία

Κατηγορία	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Συνολική Ενέργεια (kWh)
1 ^η	6.203	8.535	14.738
2 ^η	3.256	12.791	16.047
3 ^η	4.056	8.460	12.517
4 ^η	2.700	3.052	5.752
5 ^η	4.506	4.310	8.816

Οι θερμαινόμενοι χώροι του συγκροτήματος είναι 4.020 m².

Ετήσια ενέργεια για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του συγκροτήματος.

Οι ετήσιες καταναλώσεις θερμικής ενέργειας για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης για το συγκρότημα το έτος 2012 ανέρχονται στις 147.898kWh ενώ για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ηλεκτρικό ρεύμα λόγω της ύπαρξης στο συγκρότημα ηλεκτρομπόιλερ ανέρχεται στις 12.440 kWh. Επομένως η συνολική ενέργεια η οποία θα καλυφθεί από την νέα τεχνολογία των Γ.Α.Θ. είναι 147.898kWh+12.440 kWh=**106.429 kWh**

Ετήσιο κόστος για θέρμανσης και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Λέβητας πετρελαίου

(147.898 kWh/7,84 kWh/lit)*1,23€/lit=**23.176€/έτος**

Ηλεκτρομπόιλερ για ΖΝΧ

Οι 12.440 kWh υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τον πίνακα 5.9 που βρίσκεται στο σενάριο για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού στην στέγη, και ανέρχεται στις **2.053€/έτος**

Συνολικό ετήσιο κόστος=23.176€/έτος+2.053€/έτος=**25.230€/έτος**

Ο υπολογισμός του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα[20]. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διάφορες χρεώσεις για οικιακό καταναλωτή

Πίνακας 5.2: Ανάλυση Αξίας Ηλεκτρικού Ρεύματος

Ανταγωνιστικές χρεώσεις	Τιμές
Χρέωση ενέργειας	0,09460 €/kWh
Χρέωση Παγίου	1,52 € ανά τετράμηνο
Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Τιμές
ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	
Μοναδιαία Πάγια Χρέωση Ισχύος(ΜΠΧ)	(0,17€/kVA) * ΣΙ ανά έτος
Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση Ενέργειας (ΜΜΧ)	0,00541 €/kWh
Λοιπές Χρεώσεις	0,00046 €/kWh
ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	
Μοναδιαία Πάγια Χρέωση Ισχύος(ΜΠΧ)	(0,63€/kVA)* ΣΙ ανά έτος
Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση Ενέργειας (ΜΜΧ)	0,0203 €/kWh
Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (ΥΚΩ)	0,00699 €/kWh
Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αέριων Ρύπων (ΕΤΜΕΑΡ)	0,00953 €/kWh
Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης	0,0022 €/kWh

Οι λύσεις που προτάσσονται στην συνέχεια προκύπτουν από τον διεξοδικό έλεγχο που έγινε κατά την ενεργειακή επιθεώρηση και από τα αποτελέσματα των καταγραφικών οργάνων.

5.3.1.1 Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών

Η δράση αυτή έχει ως σκοπό να απαλλάξει τους λέβητες/καυστήρες και τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα από το ζεστό νερό χρήσης για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα. Το λεβητοστάσιο λειτουργεί όλους τους χειμερινούς μήνες για να εξασφαλίσει θέρμανση αλλά

και ζεστό νερό χρήσης. Αυτό σημαίνει ότι τους θερινούς μήνες οι λέβητες/καυστήρες δεν λειτουργούν και η παροχή ζεστού νερού χρήσης γίνεται αποκλειστικά από ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ΖΝΧ αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης του ζεστού νερού, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται με φυσικό ή τεχνητό τρόπο στην δεξαμενή.

Στο σενάριο αυτό θα εξεταστεί λοιπόν η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στην σκεπή της κάθε πολυκατοικίας, και όχι boiler καθώς θα χρησιμοποιηθούν τα ήδη υπάρχοντα στο χώρο των διαμερισμάτων. Το σύστημα που προτείνεται φαίνεται στην Εικόνα 5.1. Το κέρδος που θα επιφέρει το εν λόγω σενάριο είναι αρκετά σημαντικό, γιατί το σύστημα συνδεδεμένο με την κεντρική θέρμανση (boiler) την καλοκαιρινή περίοδο (Μάιος έως Σεπτέμβριο) θα παραμένει ανενεργό ενώ τον χειμώνα θα δίνει ζεστό νερό χρήσης μόνο στην περίπτωση που οι συλλέκτες αδυνατούν να φέρουν το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία.

Η βέλτιστη κλίση των συλλεκτών, εκτός από τη γεωγραφική περιοχή, εξαρτάται και από την εφαρμογή για την οποία προορίζονται[21].

- Βέλτιστη κλίση για χειμερινή λειτουργία: γεωγραφικό πλάτος +15°
- Βέλτιστη κλίση για θερινή λειτουργία: γεωγραφικό πλάτος -15°
- Βέλτιστη κλίση για ετήσια λειτουργία: κλίση της επιφάνειας πρέπει να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.



Εικόνα 5.1: Προτεινόμενο σύστημα σεναρίου

Η καταγραφή της ενέργειας που καταναλώνεται για χρήση ζεστού νερού δεν μπορεί να υπολογιστεί λόγω των πολλών διαμερισμάτων και την αδυναμία συγκέντρωσης πληροφοριών από όλους του ενοίκους έτσι ήταν αναγκαία η παραδοχή των παρακάτω ποσοστών σύμφωνα από έρευνα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής[22].

Σύμφωνα με το παραπάνω έγγραφο τα ποσοστά ενέργειας που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε μια μέση οικογένεια είναι τα εξής:

- 5,7% της συνολικής ετήσιας ενέργειας
- 4,4% της θερμικής ετήσιας ενέργειας
- 9,4% της ηλεκτρικής ετήσιας ενέργειας

Ο πίνακας 5.3 παρουσιάζει για κάθε κατηγορία την ετήσια εξοικονόμηση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας για χρήση ζεστού νερού, την ετήσια εξοικονόμηση για πετρελαίου, ηλεκτρικού ρεύματος και το συνολικό ετήσιο όφελος F_i .

Πίνακας 5.3: Ετήσια εξοικονόμηση ανά κατηγορία

Κατηγορία	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πετρελαίου (€)	Ετήσια εξοικονόμηση Ηλεκτρικού ρεύματος (€)	Συνολικό ετήσιο όφελος F_i (€)
1 ^η	583	375	58	102	160
2 ^η	306	563	88	59	147
3 ^η	381	372	58	71	129
4 ^η	254	134	21	51	72
5 ^η	424	189	30	77	107

Για τις οικογένειες που παρουσιάζονται στο συγκρότημά μας απαιτείται εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα με 2,5m² επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη για δοχείο νερού 80lt. Ενδεικτικά οικονομικά μεγέθη για συλλέκτες και την χρήση τους εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.4: Ενδεικτικά οικονομικά μεγέθη συστημάτων (Πηγή: ΚΑΠΕ)[21]

Σύστημα	Χρήση	Κόστος (με εγκατάσταση)	Χαρακτηριστικά
	Θέρμανση πισίνας	100€/m ² συλλέκτη	Συλλέκτης χωρίς κάλυμμα m ² συλλέκτη=m ² πισίνας
Θερμοσιφωνικό	Οικιακή: ZNX	1.400€	150lt boiler 2.5m ² συλλέκτη μαύρης μογίας
	Οικιακή: ZNX	1.600€	150lt boiler 2.5m ² συλλέκτη blue Ti
Κεντρικό Ηλιακό Σύστημα (ή COMBI)	Οικιακή: ZNX,Θέρμανση	760€/m ² συλλέκτη	200lt boiler 2*2.5m ² επιλεκτικού συλλέκτη
	Επαγγελματική(ειδική):ZNX, Θέρμανση πισίνας	614€/m ² συλλέκτη	5*5.000lt boiler 186*2.7m ² επιλεκτικού συλλέκτη
	Επαγγελματική(απλή):ZNX, Θέρμανση πισίνας	510€/m ² συλλέκτη	6*5.000lt boiler 212*2.7m ² επιλεκτικού

			συλλέκτη
Ηλιακός Κλιματισμός	Οικιακή: ZNX,Θέρμανση,Κλιματισμος	200.000€(χωρίς τα fan coils)	35kW ψύξη(350-400 m ² σπιτιού) 160 m ² επιλεκτικού συλλέκτη
	Οικιακή/Επαγγελματική: ZNX,Θέρμανση,Κλιματισμος	260.000€(χωρίς τα fan coils)	58kW ψύξη(580-600 m ² σπιτιού) 270m ² επιλεκτικού συλλέκτη
	Επαγγελματική: ZNX,Θέρμανση,Κλιματισμος	600.000€(χωρίς τα fan coils)	350kW ψύξη(3500m ² σπιτιού) 1.500m ² επιλεκτικού συλλέκτη

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.5:

Πίνακας 5.5: Υπολογισμός για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών

Κατηγορία	Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F _i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
1 ^η	1400€	5%	20 έτη	160	594	9 έτος	10%
2 ^η	1400€	5%	20 έτη	147	432	10 έτος	8%
3 ^η	1400€	5%	20 έτη	129	208	11 έτος	7%
4 ^η	1400€	5%	20 έτη	72	-503	19 έτος	0%
5 ^η	1400€	5%	20 έτη	107	-66	14 έτος	4%

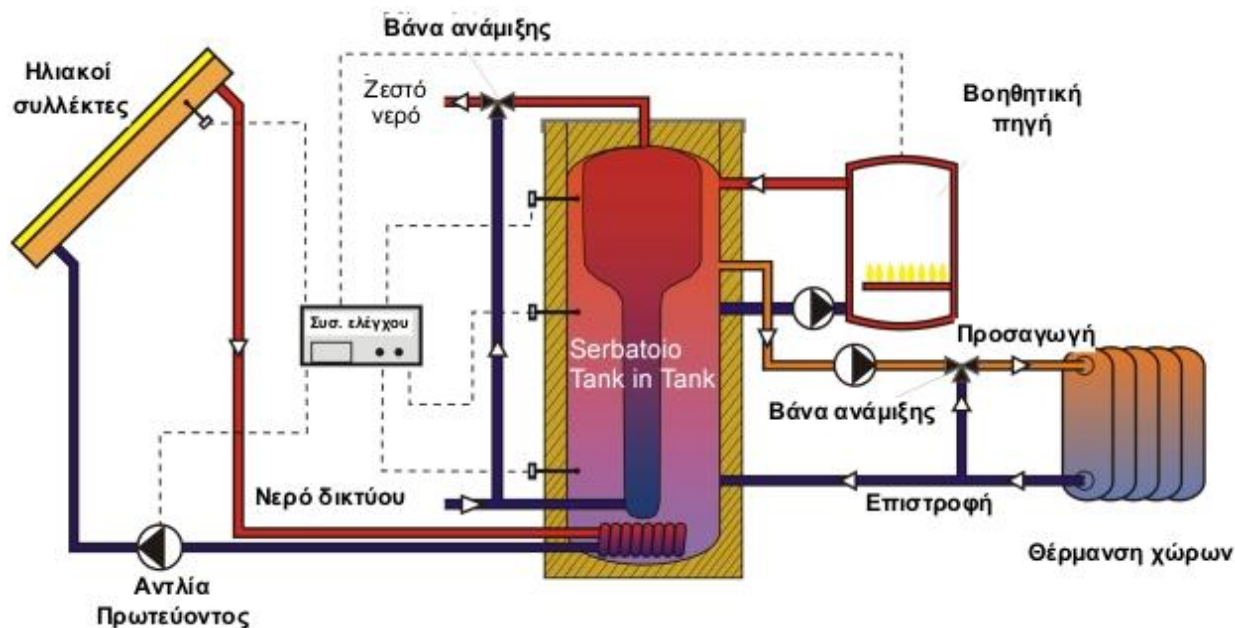
Όπως δείχνει και ο πίνακας η επένδυση είναι βιώσιμη για τις τρεις πρώτες κατηγορίες και πιο συμφέρουσα για την 1^η κατηγορία ενώ για τις άλλες δύο η επένδυση δεν κρίνεται βιώσιμη.

5.3.1.2 Συστήματα COMBI (Ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση χώρων)

Στην Ελλάδα οι περισσότερες εγκαταστάσεις ηλιακών συλλεκτών είναι αυτόνομοι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες για την παραγωγή ZNX που εξυπηρετούν ένα νοικοκυριό, ή κεντρικές εγκαταστάσεις ZNX σε κτήρια του τριτογενή τομέα (π.χ. ξενοδοχεία). Στο εξωτερικό συνηθίζονται κεντρικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ZNX σε συνδυασμό με τη θέρμανση χώρων (συστήματα combi), εκμεταλλευόμενοι το ίδιο πεδίο ηλιακών συλλεκτών. Στην Ελλάδα, περίπου 5% στην συνολική αγορά θερμικών ηλιακών εγκαταστάσεων είναι συστήματα combi, φτάνοντας 40% της αγοράς ηλιακών Αυστρία , 35% στην Ελβετία, 20% στην Ολλανδία, 15% στη Δανία και 5% σε Γαλλία.

Μια τυπική εγκατάσταση ηλιακού συστήματος combi (εικόνα 5.2) αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες(παραγωγή ενέργειας), μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού και ένα εφεδρικό σύστημα θέρμανσης (π.χ. ηλεκτρικός λέβητας, λέβητας πετρελαίου-αερίου-βιομάζας, αντλία θερμότητας) ένα σύστημα θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια, fancoils). Η ιδανική εφαρμογή του συστήματος είναι για συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών(ενδοδαπέδια, fancoils), ενώ για θέρμανση με θερμαντικά σώματα αναμένεται μια μείωση της απόδοσης κατά 20%-25%.

Προφανώς ένα σύστημα combi απαιτεί μεγαλύτερη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών σε σχέση με ένα σύστημα παραγωγής ΖΝΧ προκειμένου να καλύψει τα απαιτούμενα φορτία. Η εγκατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει μια δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας και ένα ανεξάρτητο μπόιλερ ΖΝΧ.



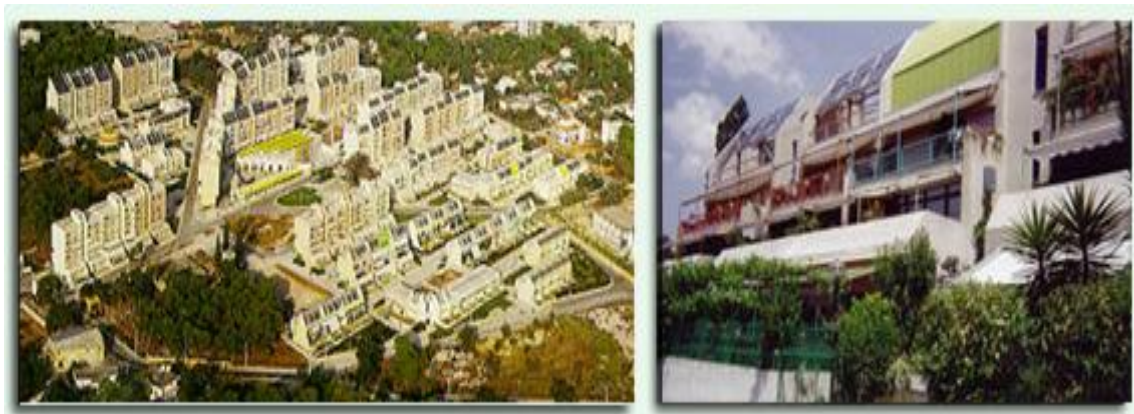
Εικόνα 5.2: Διάταξη συστήματος combi[21]

Σε ετήσια βάση, η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών (αποδιδόμενη θερμότητα προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία) κυμαίνεται 40-50%[23] και εξαρτάται από τον τύπο του συλλέκτη, την αποθήκη του ζεστού νερού και το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης. Ο μέσος συντελεστής εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες από την δεξαμενή θερμότητας και την απορριπτόμενη θερμότητα, κυμαίνεται από 20-25%.

Συνήθως, τα συστήματα combi απαιτούν συγκεκριμένη μελέτη και σχεδιασμό έτσι ώστε να αποφεύγονται λειτουργικά προβλήματα το καλοκαίρι, εξαιτίας του μεγάλου πεδίου ηλιακών συλλεκτών σε σχέση με τα χαμηλά θερμικά φορτία, που έχουν σαν αποτέλεσμα την υπερθέρμανση. Για παράδειγμα, ο κατάλληλος συνδυασμός του πεδίου των ηλιακών συλλεκτών με ένα δοχείο αδράνειας μέσω αυτορυθμιζόμενου κυκλοφορητή ώστε το θερμοαπαγωγό ρευστό να κυκλοφορεί μέσα από τους ηλιακούς συλλέκτες για να προκύψει η κατάλληλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των συλλεκτών και του δοχείου αδράνειας για την μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, ή χρήσης ψυκτικών διατάξεων στο κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών, η χρήση κυκλώματος απόρριψης ενέργειας.



Εικόνα 5.3: Εφαρμογή συστημάτων σε πολυκατοικία



Εικόνα 5.4: Ηλιακό Χωρίο στην Πεύκη Αττικής

Πίνακας 5.6: Χαρακτηριστικά Ηλιακών Συλλεκτών

Τεχνολογία Συλλέκτη	Ετήσια Απόδοση (kWh/m ²)	Τυπική Χρήση
Χωρίς κάλυμμα	300	Θέρμανση πισίνας
Επίπεδος Συλλέκτης (μαύρο χρώμα)	650	Θέρμανση πισίνας ΖΝΧ
Επίπεδος Συλλέκτης (επιλεκτικός απορροφητής)	700	ΖΝΧ θέρμανση χώρου ηλιακός κλιματισμός
Σωλήνες κενού	850	Θέρμανση χώρου Ηλιακός κλιματισμός

Στα συστήματα combi το νερό θέρμανσης χώρων θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και αποθηκεύεται σε ένα δοχείο θερμού νερού. Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο θερμού νερού μικρότερο όγκου. Όμως λόγω της ασυνεχούς φύσης της ηλιακής ενέργειας, εφεδρική μονάδα κεντρικής θέρμανσης (συμβατός λέβητας ή λέβητας βιομάζας) είναι απαραίτητη ώστε να θερμαίνεται το νερό όταν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.

Τα συστήματα combi έχουν μέγιστη απόδοση όταν λειτουργούν σε θερμοκρασίες 40-50°C, πράγμα που σημαίνει ότι λειτουργούν βέλτιστα σε συνδυασμό με fan-coils, ενδοδαπέδια ή ενδοτοιχία θέρμανση. Ωστόσο είναι δυνατή η λειτουργία τους και με τυπικά θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ) τα οποία μπορούν να λειτουργούν σε εύρος θερμοκρασιών 45-70°C.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση ενός τέτοιου συστήματος είναι τα ακόλουθα:

- **Απλό:** Το σύστημα είναι απλό και λειτουργεί όπως ένα κεντρικό ηλιακό σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας.
- **Οικονομικό:** Έχει μικρότερο κόστος συγκριτικά με άλλα πολύπλοκα συστήματα υποβοήθησης θέρμανσης και ξεχωριστής διαχείρισης νερού χρήσης.
- **Εύκολο στην τοποθέτηση:** Σε έναν εύχρηστο οδηγό περιέχονται όλες οι πληροφορίες εγκατάστασης, χωρίς επιπλέον πολύπλοκους αυτοματισμούς.
- **Άνεση:** Παρέχει συνεχόμενη λειτουργία ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης 24 ώρες την ημέρα με μέγιστη εκμετάλλευση της δωρεάν ηλιακής ενέργειας.
- **Τέλος στην υπερθέρμανση τους καλοκαιρινούς μήνες:** Το νερό που καταναλώνουμε τους καλοκαιρινούς μήνες δεν επιτρέπει στο δοχείο να υπερθερμανθεί. Αν αυτό δεν είναι αρκετό, λόγω του ειδικού σχεδιασμού της δεξαμενής, η βαλβίδα υπερθέρμανσης δίνει τη λύση με τεχνητή κατανάλωση.
- **Οικολογικό:** Με την πολύ αποδοτική διαχείριση της δωρεάν και πράσινης ηλιακής ενέργειας, αποφεύγοντας εκπομπές ρύπων διοξειδίου του άνθρακα CO₂ και αερίων του θερμοκηπίου.

Χρησιμοποιώντας επίπεδους επιλεκτικούς ηλιακούς συλλέκτες, επιφάνειας ίσης με το 15-20% του εμβαδού του θερμαινόμενου χώρου, επιτυγχάνεται περίπου 40% κάλυψη των συνολικών αναγκών σε θέρμανση χώρου και ζεστού νερού χρήσης από ηλιακή ενέργεια. Σε μια κατοικία επιφάνειας 150m² για ένα σύστημα combi αντιστοιχούν, σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, περίπου 25m² θερμικών[24], δοχείο θερμού νερού 1.500lt για αποθήκευση νερού θέρμανσης χώρου και 150lt για αποθήκευση ζεστού νερού χρήσης.

Πίνακας 5.7: Υπολογισμός εμβαδού ηλιακού συλλέκτη

Κατηγορία	Μέσος όρος εμβαδόν διαμερίσματος ανά κατηγορία (m ²)	Εμβαδόν Επίπεδου επιλεκτικού ηλιακού συλλέκτη (m ²)	Κόστος ηλιακού συλλέκτη (€)
1 ^η	106	21	15.960
2 ^η	115	23	17.480
3 ^η	106	21	15.960
4 ^η	95	19	14.440
5 ^η	92	19	14.440

Για τον υπολογισμό του κόστους του κάθε συλλέκτη χρησιμοποιείται η αντίστοιχη τιμή για συστήματα COMBI από τον πίνακα 5.3 στο κεφάλαιο 5.3.1.1 που είναι 760€/m².

Όταν ήδη υπάρχει κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το σύστημα combi μπορεί να συνδυαστεί με τον υφιστάμενο λέβητα συμβατικού καυσίμου και τα υπάρχοντα σώματα, πράγμα που ισχύει στην διπλωματική αυτή. Στην περίπτωση κατασκευής νέας κατοικίας τότε εγκαθίσταται ένα κεντρικό θερμικό ηλιακό σύστημα και υπάρχει δυνατότητα η εφεδρική μονάδα να είναι λέβητας βιομάζας.

Πίνακας 5.8: Ετήσια εξοικονόμηση ανά κατηγορία

Κατηγορία	Θερμική Ενέργεια (kWh)	40% Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση Πετρελαίου (€)	Ετήσια εξοικονόμηση Ηλεκτρικού Ρεύματος (€)	Συνολικό ετήσιο όφελος F_i (€)
1	8.535	3.414	535	102	637
2	12.791	5.116	396	59	455
3	8.460	3.384	530	71	601
4	3.052	1.221	191	51	242
5	4.310	1.724	270	77	347

Γενικά για την συγκεκριμένη επένδυση τα αποτελέσματα ανά κατηγορία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.9: Υπολογισμός για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση χώρων και ΖΝΧ

Κατηγορία	Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i)	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ
1 ^η	15.960	5%	20 έτη	637€	-8.021	-2%	>20 έτος
2 ^η	17.480	5%	20 έτη	455€	-11.810	-6%	>20 έτος
3 ^η	15.960	5%	20 έτη	601€	-8.470	-3%	>20 έτος
4 ^η	14.440	5%	20 έτη	242€	-11.424	-	>20 έτος
5 ^η	14.440	5%	20 έτη	347€	-9.779	-6%	>20 έτος

Η επένδυση δεν είναι αποδοτική για καμιά από τις κατηγορίες. Τα συστήματα combi είναι μια καινούργια τεχνολογία η οποία δεν είναι διαδεδομένη στην Ελλάδα με συνέπεια το κόστος της επένδυσης να είναι ακόμα πολύ υψηλό. Προκειμένου να στραφεί ο καταναλωτής προς αυτή την επένδυση χρειάζονται θέσπιση οικονομικών κινήτρων, νόμων και εισαγωγή εταιριών για μείωση του αρχικού κόστους.

Για μεγαλύτερη απόδοση αλλά και μεγαλύτερη οικονομία τα συστήματα combi μας δίνουν την δυνατότητα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εκμετάλλευσης της περίσσιας θερμικής ηλιακής ενέργειας για τον κλιματισμό των χώρων με χρήση ψυκτικής μηχανής. Σήμερα, ο κλιματισμός με χρήση ηλιακής ενέργειας (ηλιακός κλιματισμός) εφαρμόζεται σε

εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (ξενοδοχεία κ.λπ.), αλλά προβλέπεται ότι η εφαρμογή του θα καταστεί οικονομική και σε επίπεδο μονοκατοικίας ή διαμερίσματος.



Εικόνα 5.5: Εφαρμογές ηλιακού κλιματισμού στην Ελλάδα. Πεδίο επίπεδων ηλιακών συλλεκτών και δύο ηλιακοί ψύκτες (πρόσφυσης) για τον κλιματισμό των αποθηκευτικών χώρων για τα προϊόντα της βιομηχανίας καλλυντικών Σαράντης στην Βοιωτία[24]

5.3.1.3 Εγκατάσταση φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο αποτελεί διαχρονικά την πιο οικονομική επιλογή και τη καλύτερη ενεργειακή επένδυση σε βάθος χρόνου για τον οικιακό καταναλωτή. Είναι διαθέσιμο ανά πάσα στιγμή μέσα στο εγκατεστημένο δίκτυο, δεν χρειάζεται να το παραγγείλεις και πληρώνεις πάντα μόνο όσο καταναλώνεις. Προσφέρει μειωμένο κόστος συντήρησης συσκευών λόγω καθαρότητας καύσης και είναι φιλικό προς το περιβάλλον συμβάλλοντας στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η πρόσβαση στο φυσικό αέριο δεν είναι εφικτή στην περιοχή που βρίσκεται το συγκρότημα όμως οι μελέτες θέρμανσης στην περιοχή γίνονται και για φυσικό αέριο από το 2003 πράγμα που δηλώνει την επιθυμία για εγκατάσταση φυσικού αερίου στο άμεσο μέλλον.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική θα αναφερθούμε μόνο για κεντρική θέρμανση στην πολυκατοικία. Οι πολυκατοικίες διαθέτουν κεντρικό λέβητα-καυστήρα με σύστημα αυτονομίας θέρμανσης για κάθε διαμέρισμα, η μετατροπή σε θέρμανση φυσικού αερίου είναι απλή[25]:

1. Η Εταιρία Παροχής Αερίου της περιοχής συνδέει την πολυκατοικία με το δίκτυο φυσικού αερίου.
2. Ο καυστήρας πετρελαίου αντικαθίσταται από καυστήρα φυσικού αερίου χωρίς να απαιτείται η αλλαγή του λέβητα.
3. Ο μετρητής της παροχής φυσικού αερίου συνδέεται με τον καυστήρα με σωληνώσεις.

Δεν χρειάζεται αλλαγή στις σωληνώσεις νερού θέρμανσης, στα σώματα του καλοριφέρ ή οπουδήποτε αλλού στην εγκατάσταση της κεντρικής θέρμανσης.

Η εξοικονομούμενη ενέργεια προκύπτει από την μείωση της τιμής του καυσίμου καθώς βάσει νόμου το φυσικό αέριο τιμολογείται σταθερά 20% χαμηλότερα από την τιμή του πετρελαίου. Η θερμογόνος δύναμη του φυσικού είναι περίπου 11,5kWh/m³ και ο βαθμός απόδοσης του καυστήρα φυσικού αερίου είναι 97%. Για τον λέβητα φυσικού αερίου ισχύει: 11,5kWh/m³ * 0,97= 11,15 kWh/m³ ενώ για τιμή του πετρελαίου στα 1,23€/lt, το κόστος του φυσικού αερίου ανέρχεται στα 0,984€/m³. Ο υπολογισμός του κόστους του φυσικού αερίου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης ανά κατηγορία

Κατηγορία	Θερμική Ενέργεια (kWh)	Κόστος Θέρμανσης με πετρέλαιο (€)	Φυσικό Αέριο (m ³)	Κόστος Θέρμανσης με Φυσικό Αέριο (€)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F _i) (€)
1 ^η	8.535	1.337	765,47	753	584
2 ^η	12.791	990	1.147,17	1.129	-139
3 ^η	8.460	1.325	758,74	747	578
4 ^η	3.052	478	273,72	269	209
5 ^η	4.310	675	386,55	380	295

Είναι προφανές πως για την 2^η κατηγορία δεν έχει κανένα οικονομικό όφελος η εγκατάσταση φυσικού αερίου διότι έχουν χαμηλώσει το κόστος θέρμανσης τους με την χρησιμοποίηση των ενεργειακών τζακιών.

Το κόστος της επένδυσης για κάθε πολυκατοικία περιλαμβάνει καυστήρα φυσικού αερίου ισχύος 100-260 kW με τιμή 1.757€, 1.500€ για εσωτερική εγκατάσταση Φυσικού Αερίου, μελέτη αερίου, ηλεκτρολογική σύνδεση και 775€ για τέλη σύνδεσης για κάθε διαμέρισμα. Το συγκρότημα πολυκατοικιών που μελετάμε αποτελείται από 4 πολυκατοικίες και συνολικά 40 διαμερίσματα. Το συνολικό κόστος για όλο το συγκρότημα είναι (1.757€+1.500€)*4+40*775€=44.028€. Επομένως για κάθε διαμέρισμα και κατηγορία το κόστος της επένδυσης θα ανέρχεται στα 1.100€.

Πίνακας 5.11: Υπολογισμός για την εγκατάσταση φυσικού αερίου

Κατηγορία	Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F _i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
1 ^η	1.100	5%	10 έτη	584	3.458	2 έτος	55%
3 ^η	1.100	5%	10 έτη	578	3.412	2 έτος	54%
4 ^η	1.100	5%	10 έτη	209	563	6 έτος	15%
5 ^η	1.100	5%	10 έτη	295	1.227	4 έτος	25%

Για όλες τις κατηγορίες η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα αλλά συγκεκριμένα για την 1^η και την 3^η κατηγορία η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διότι το κόστος της επένδυσης αποπληρώνεται μόλις στο δεύτερο χρόνο και παρουσιάζει υψηλό δείκτη καθαρής παρούσας αξίας.

Για ολόκληρο το συγκρότημα έχουμε ότι για θέρμανση καταναλώνεται συνολικά 147.898kWh. Άρα το συνολικό κόστος είναι $(147.898 \text{ kWh} / 7,84 \text{ kWh/lt}) * 1,23\text{€/lt} = 23.176\text{€/έτος}$. Ενώ για λέβητα φυσικού αερίου το κόστος της θέρμανσης θα ανέρχεται στις $(147.898 \text{ kWh} / 11.15 \text{ kWh/m}^3) * 0.984\text{€/m}^3 = \mathbf{13.052\text{€}}$. Το ετήσιο όφελος θα είναι **10.124€**.

Πίνακας 5.12: Υπολογισμός για την εγκατάσταση Φ.Α. στο συγκρότημα

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
44.028	5%	20 έτη	10.124	82.139	4 Έτος	23%

5.3.1.4 Εγκατάσταση βιομάζας

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και περιλαμβάνει υλικά φυτικής και ζωικής προελεύσεως, όπως δασικά, γεωργικά και αγρό-βιομηχανικά υπολείμματα, προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών κτηνοτροφικά απόβλητα και αστικά απόβλητα και απορρίμματα.

Η βιομάζα μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή και θερμότητας. Μπορεί επίσης, με φυσική,θερμοχημική ή βιομηχανική μετατροπή, να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα σε στερεή, αέρια και υγρή μορφή. Αυτά, με την σειρά τους, μπορούν είτε να καούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή θερμότητας ή να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα μεταφορών.

Στον οικιακό τομέα η κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Οι κυριότερες μορφές βιομάζας είναι[23]:

- Αγροτικά παραπροϊόντα (υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, υπολείμματα επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων όπως κουκούτσια καρπών, πυρηνόξυλο κ.λπ.)
- Κτηνοτροφικά απόβλητα και απορρίμματα
- Βιομάζα δασικής προέλευσης
- Ενεργειακά φυτά (καλάμι, μίσχανθος, γλυκό σόργο, ευκάλυπτος κ.λπ.)
- Οργανικό μέρος των αστικών στερεών αποβλήτων

Δεν χρειάζεται αλλαγή στις σωληνώσεις νερού θέρμανσης, στα σώματα του καλοριφέρ ή οπουδήποτε αλλού στην εγκατάσταση της κεντρικής θέρμανσης.

Σύμφωνα με έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε οι τιμές της επένδυσης για κάθε πολυκατοικία είναι οι ακόλουθες[26]:

Πίνακας 5.13: Κόστος επένδυσης

Λέβητας Pellet 220.000kcal/h	10.500€
Καυστήρας Pellets 125-250 kW	4.800€
Δεξαμενή τροφοδοσίας pellet	250€
Ηλεκτρικό σκουπάκι	50€
Εργασία (σύνδεση θερμοδοχείων, καυστήρα, κυκλοφορητή κλπ)	1.150€
Διάφορα	150€
Σύνολο	16.860€

Για ολόκληρο το συγκρότημα το κόστος είναι $16.860 \cdot 4 = 67.440\text{€}$ ενώ για κάθε διαμέρισμα είναι $67.440/4 = 1.686\text{€}$

Η κατώτερα θερμογόνος δύναμη για pellet είναι 4.200kcal/kg δηλαδή 4,884 kWh/kg. Στην αγορά η τιμή του ανέρχεται 300€/tn και ένας τυπικός βαθμός απόδοσης καυστήρα είναι 80%. Βάσει αυτών των στοιχείων συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας 5.6.

Πίνακας 5.14: Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης ανά κατηγορία

Κατηγορία	Κόστος Θέρμανσης (€)	Κόστος Θέρμανσης Με Βιομάζα (€)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i) (€)
1 ^η	1.337	655	682
2 ^η	990	982	-8
3 ^η	1.325	650	675
4 ^η	478	234	244
5 ^η	675	331	344

Όπως και προηγούμενα η κατηγορία 2 πάλι δεν έχει κάποιο όφελος από την επένδυση αυτή. Βέβαια για τις υπόλοιπες κατηγορίες βλέπουμε το κόστος να μειώνεται παραπάνω από 50%.

Πίνακας 5.15: Υπολογισμός για την εγκατάσταση βιομάζας

Κατηγορία	Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
1 ^η	1.686	5%	20 έτη	682	6.813	3 Έτος	40%
3 ^η	1.686	5%	20 έτη	675	6.725	3 Έτος	40%
4 ^η	1.686	5%	20 έτη	244	1.354	7 Έτος	13%
5 ^η	1.686	5%	20 έτη	344	2.601	5 Έτος	20%

Παρατηρείται πως αυτή η επένδυση είναι βιώσιμη για όλες τις κατηγορίες ιδιαίτερα για την 3^η κατηγορία που έχει και τους υψηλότερους δείκτες.

Για ολόκληρο το συγκρότημα έχουμε ότι για θέρμανση καταναλώνεται συνολικά 147.898kWh. Άρα το συνολικό κόστος είναι $(147.898 \text{ kWh} / 7,84 \text{ kWh/lt}) \cdot 1,23\text{€/lt} = 23.176\text{€/έτος}$. Ενώ για λέβητα pellet το κόστος της θέρμανσης θα ανέρχεται στις $(147.898 \text{ kWh} / 3,907 \text{ kWh/lt}) \cdot 300\text{€/tn} = 11.356\text{€}$. Το ετήσιο όφελος θα είναι **11.820€**.

Πίνακας 5.16: Υπολογισμός για την εγκατάσταση Βιομάζας στο συγκρότημα

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
67.440	5%	20 έτη	11.820	79.863	6 Έτος	17%

5.3.1.5 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας(Γ.Α.Θ.)

Ο γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη) χώρων με χρήση της θερμότητας της γης άρχισε να αναπτύσσεται σημαντικά τη δεκαετία του 1980, ακολουθώντας την εμφάνιση και την ευρεία διάδοση των αντλιών θερμότητας (heat pumps). Η αρχή λειτουργίας των γεωθερμικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης κτηρίων, βασίζεται στην εκμετάλλευση της θερμότητας της γης[17].

Στο υπέδαφος κάθε τόπου η θερμοκρασία παραμένει σχεδόν σταθερή όλο το έτος, χωρίς έντονες διακυμάνσεις. Η θερμοχωρητικότητα των υλικών του υπεδάφους είναι ιδιαίτερα υψηλή και συγκρινόμενη με την θερμοχωρητικότητα του αέρα, που αποτελεί την κύρια πηγή θερμότητας για τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, θεωρείται ότι τείνει στο άπειρο. Αυτό σημαίνει πως δημιουργείται η δυνατότητα άντλησης ή απορρόφησης μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας στο υπέδαφος, χωρίς να μεταβάλλονται οι θερμοκρασιακές του συνθήκες.

Οι γεωθερμικές εφαρμογές για θέρμανση/ψύξη κτηρίων αποτελούνται από τρία κύρια μέρη:

- Το μηχανοστάσιο με την (ή τις) γεωθερμικές αντλίες θερμότητας(Γ.Α.Θ.), τα δοχεία αδράνειας και τον υπόλοιπο εξοπλισμό όπως κυκλοφορητής, δοχεία διαστολής κ.λπ.
- Τη σύνδεση με τη γη(διατάξεις με εναλλάκτες θερμότητας,Γ.Ε.Θ.)
- Το σύστημα διανομής κλιματισμού (θέρμανσης/ψύξης και ζεστού νερού χρήσης) στο εσωτερικό του κτηρίου.

Η κατανομή της θερμοκρασίας στο υπέδαφος, παίζει σημαντικό ρόλο στις εφαρμογές κανονικής γεωθερμίας. Η γνώση του τρόπου που γίνεται η κατανομή της θερμότητας μέσα στο υπέδαφος είναι απαραίτητη για τη σωστή και οικονομική-τεχνική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας. Σημαντικά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να είναι γνωστά για το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων κανονικής γεωθερμίας αποτελούν τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά, τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Πυκνότητα των υλικών του υπεδάφους
- Ειδική θερμική αγωγιμότητα
- Ειδική θερμότητα

Για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους γεωθερμικού εναλλάκτη πρέπει να ληφθούν υπόψη ο τύπος εδάφους (τύπος εδάφους, τύπος πετρώματος, υδραυλικές συνθήκες κ.λπ.) και οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου.

Για την εκμετάλλευση του εδάφους ως πηγή θερμότητας (ή απόρριψη θερμότητας) χρησιμοποιούνται οι παρακάτω διατάξεις:

- Κλειστά Συστήματα: Είναι οι γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος που σκοπό έχουν την συναλλαγή θερμότητας με το έδαφος. Είναι κατασκευασμένοι από δίκτυα σωληνώσεων εντός του εδάφους όπου κυκλοφορεί διάλυμα νερού-γλυκόζης.

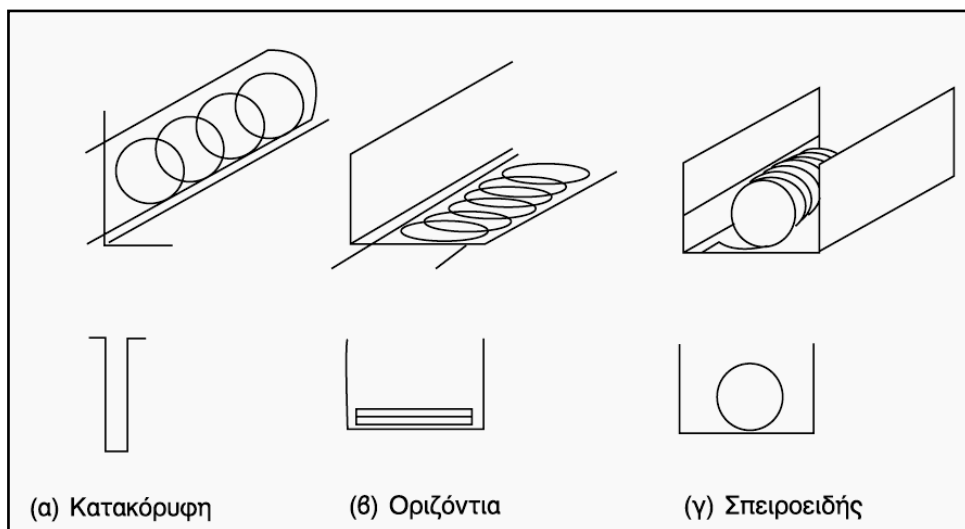
- Ανοιχτά Συστήματα: Βασίζονται στην άντληση των υπεδαφικών ή επιφανειακών υδάτων και εκμετάλλευση της περιεχόμενης σε αυτά θερμικής ενέργειας.

Τα κλειστά συστήματα μπορούν να πραγματοποιηθούν με δύο τρόπους[28]:

1. Με οριζόντιους γεωθερμικούς εναλλάκτες θερμότητας (Γ.Ε.Θ.):
Στην εγκατάσταση αυτή δημιουργείται συναλλαγή θερμότητας με το έδαφος τοποθετώντας σωλήνες κατάλληλης διαμέτρου σε οριζόντια διάταξη. Η τοποθέτηση γίνεται σε βάθος από 0,5-1m και με απόσταση μεταξύ δύο οριζόντιων σωλήνων ίση με 1m. Συνιστάται σε κατασκευές με επάρκεια περιβάλλοντα χώρου και για μη βραχώδη εδάφη. Πλεονέκτημα της είναι η ευκολία στην κατασκευή και το χαμηλό κόστος. Η απόδοσή του δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 15W/m.



Εικόνα 5.6: Εγκατάσταση Γ.Α.Θ. με οριζόντιους Γ.Ε.Θ



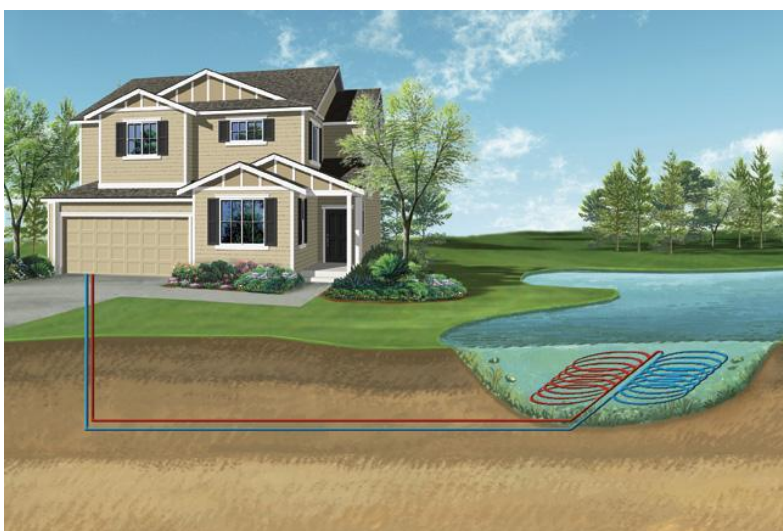
Σχήμα 1: Διάφοροι τύποι εγκατάστασης των σωληνώσεων στα οριζόντια συστήματα ΓΑΘ.

2. Με κατακόρυφους γεωθερμικούς εναλλάκτες θερμότητας:
Η ανάπτυξη του γεωθερμικού εναλλάκτη γίνεται με σωλήνες κατακόρυφα εντός γεωτρήσεων και βάθους μέχρι 120m. Χρησιμοποιούνται όταν έχουμε περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο ανεξαρτήτως υπεδάφους. Η απόδοσή του δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 30W/m βάθους.



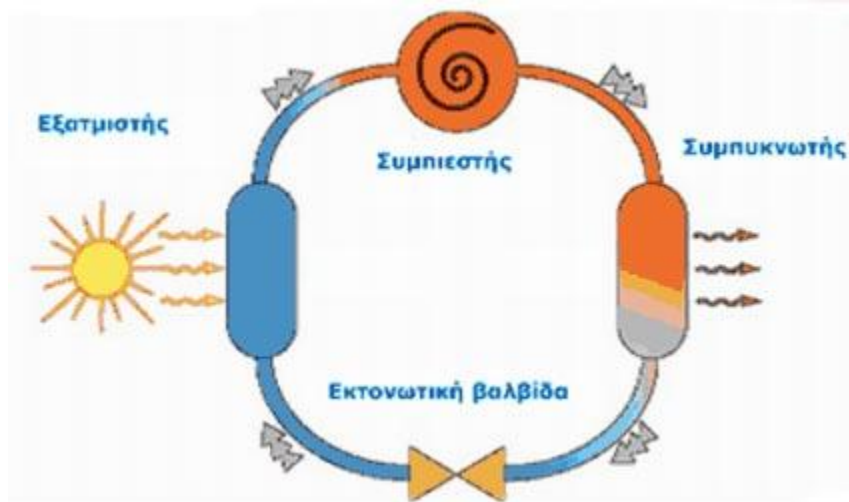
Εικόνα 5.6: Εγκατάσταση Γ.Α.Θ. με κατακόρυφους Γ.Ε.Θ

Στα ανοικτά κυκλώματα χαρακτηριστικό είναι η άντληση υπόγειων υδάτων και η θερμική εκμετάλλευσή τους με την απόρριψη ή απορρόφηση θερμότητας. Το νερό αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα του υπεδάφους, μπορεί όμως να είναι και θαλασσινό νερό ή νερό παρακείμενης λίμνης ή ποταμού. Μετά τη χρήση του το νερό επιστρέφει πίσω στην πηγή. Η χρήση της μεθόδου αυτής προτείνεται για περιοχές με πλούσια υδροφορία και όταν η κατώτερη στάθμη άντλησης από την γεώτρηση δεν υπερβαίνει τα 50m.



Εικόνα 5.7: Ανοικτού τύπου σύστημα

Η αρχή λειτουργίας των Γ.Α.Θ. είναι η εξής: κατά την διάρκεια του χειμώνα η Γ.Α.Θ. αφαιρεί θερμότητα από το έδαφος ή το νερό και τη μεταφέρει στο σύστημα θέρμανσης της γεωθερμικής εφαρμογής. Η διεργασία αυτή αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προκειμένου να παρέχεται ψύξη. Πρακτικά οι Γ.Α.Θ. λειτουργούν ως ψυκτικές μηχανές που μπορούν να μεταφέρουν θερμότητα από μια "ψυχρή δεξαμενή" σε μια "θερμή δεξαμενή". Ο τρόπος λειτουργίας της μπορεί να συγκριθεί με αυτόν ενός ψυγείου, όπου με αλλαγή του επιπέδου πίεσης στον ψυκτικό κύκλο αλλάζει και η φάση του ψυκτικού υγρού από υγρό σε αέριο και ανάποδα, όπως και η θερμοκρασία του. Όμως εδώ χρησιμοποιείται η θερμότητα που κερδήθηκε, η οποία στην περίπτωση του ψυγείου αποβάλλεται ως απόβλητο στο περιβάλλον.



Εικόνα 5.8: Αρχή λειτουργίας Γ.Α.Θ.

- Το διάλυμα νερού με αντιψυκτικό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα γεωεναλλάκτη παίρνει την ενέργεια από το έδαφος, τα υπόγεια νερά ή τον αέρα.
- Στον εξατμιστή, η ενέργεια μεταδίδεται σε ένα οικολογικό ψυκτικό μέσο με χαμηλό σημείο βρασμού το οποίο μετατρέπεται σε αέριο για να κυκλοφορήσει σε ένα κλειστό κύκλωμα.
- Στο συμπιεστή, αυξάνεται η πίεση του ψυκτικού μέσου, καθώς και η θερμοκρασία του που φθάνει σε επίπεδο κατάλληλο για θέρμανση.
- Στο συμπυκνωτή, η θερμότητα από το ψυκτικό μέσο αποδίδεται στο κύκλωμα θέρμανσης της κατοικίας. Η πίεση του ψυκτικού μέσου εκτονώνεται στη βαλβίδα εκτόνωσης.
- Το ψυκτικό μέσο ρέει πάλι προς τον εξατμιστή και η διεργασία επαναλαμβάνεται.



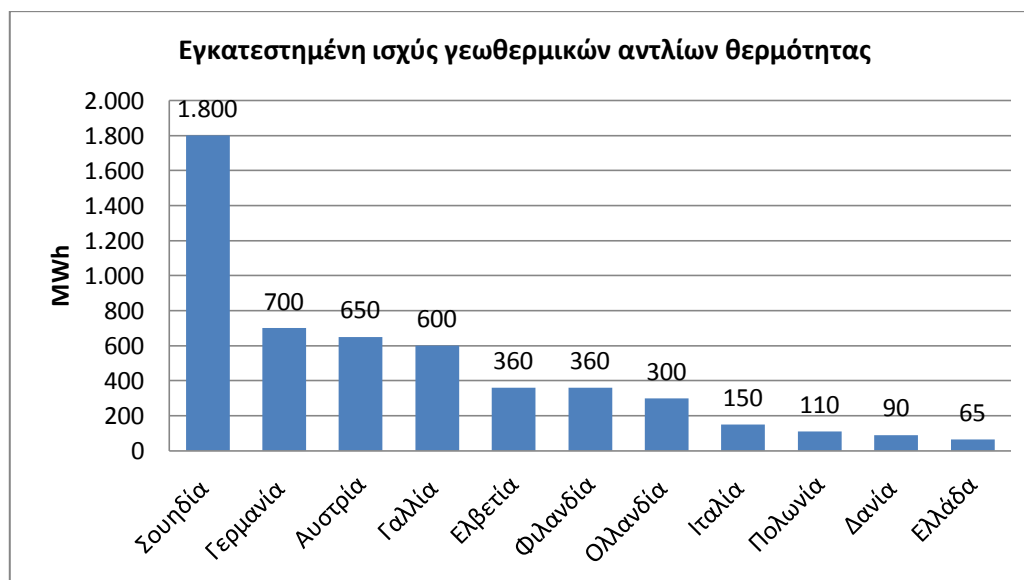
Εικόνα 5.9: Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν με σώματα χαμηλών θερμοκρασιών για θέρμανση μόνο, με συστήματα ενδοδαπέδιας, τοίχου ή και οροφής σωλήνωσης για θέρμανση και δροσισμό ή με fan coils για θέρμανση και ψύξη του χώρου, ενώ οι ίδιες μονάδες δύναται να παράγουν και τα ζεστά νερά χρήσης. Δεν συνιστάται σε συστήματα με σώματα καλοριφέρ.

Η διαδικασία αυτή της μεταφοράς θερμότητας απαιτεί την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία αποτελεί το μοναδικό πάγιο λειτουργικό έξοδο μιας Γ.Α.Θ. και καθορίζει την ενεργειακή απόδοσή της και την οικονομικότητά της. Η απόδοση των Γ.Α.Θ. εκφράζεται με το συντελεστή COP (Coefficient Of Performance) και η τεχνολογία τους βρίσκεται ακόμη υπό εξέλιξη. Ο συντελεστής ενεργειακής απόδοσης (COP) των Γ.Α.Θ. ορίζεται σαν το λόγο της αποδιδόμενης ενέργειας προς την ηλεκτρική κατανάλωση και ο εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SPF) είναι το ολοκλήρωμα του COP κατά την περίοδο θέρμανσης ή/και ψύξης.

Οι μέσες σημερινές αποδόσεις κυμαίνονται από 350% (1:3,5) για τις Γ.Α.Θ. κλειστών κυκλωμάτων και προσεγγίζουν το 600% (1:6) για τα ανοικτού τύπου κυκλώματα. Οι αποδόσεις αυτές καθιστούν τα συστήματα των Γ.Α.Θ. ιδιαίτερα οικονομικά, με εξοικονόμηση σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα που αγγίζει το 70%.

Στην Ευρώπη η χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι αρκετά διαδεδομένη όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5.1: Εγκατεστημένη ισχύς γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε χώρες της ΕΕ[29]

Στην Ελλάδα υπάρχουν εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής όπως στο δημαρχείο Πυλαίας στην Θεσσαλονίκη. Οι ανάγκες για θέρμανση και ψύξη του δημαρχείου συνολικής επιφάνειας 2.500m² καλύπτονται από ένα σύστημα Γ.Α.Θ. με χρήση λέβητα πετρελαίου και πύργου ψύξης ως εφεδρεία. Η ικανότητα για θέρμανση και ψύξη του συστήματος Γ.Α.Θ. είναι $P_{th} = 265kW$ και $P_c = 280kW$ αντίστοιχα.



Εικόνα 5.10: Εφαρμογή Γ.Α.Θ. στην Θεσσαλονίκη

Το σύστημα Γ.Α.Θ. κλειστού τύπου περιλαμβάνει:

- 11 Γ.Α.Θ. νερού-νερού οι οποίες λειτουργούν για παραγωγή θέρμανσης και ψύξης με χρήση ηλεκτρισμού. R22 χρησιμοποιείται σαν ψυκτικό υγρό για τις Γ.Α.Θ.
- 21 κατακόρυφοι Γ.Ε.Θ. βάθους 80m ο καθένας.
- Δίκτυο θέρμανσης/ψύξης εντός του κτιρίου αποτελούμενο από μονάδες fan-coils και μια κεντρική κλιματιστική μονάδα

Στα πλαίσια της διπλωματικής θα πραγματοποιηθεί μια οικονομική ανάλυση για εγκατάσταση Γ.Α.Θ. στο συγκρότημα πολυκατοικιών που είναι υπό εξέταση. Η τεχνολογία θα εγκατασταθεί μόνο για κάλυψη θέρμανσης και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στις ήδη υφιστάμενες σωληνώσεις και κύκλωμα με το καλοριφέρ. Η κάλυψη για ψύξη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί στο συγκρότημα λόγω μη παρουσίας κάποιας κεντρικής ψυκτικής μονάδας ώστε να γίνει η σύνδεση. Λόγω έλλειψης χώρου θα χρησιμοποιηθούν κλειστού τύπου κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες. Γίνεται κατανοητό πως αν η εγκατάσταση πραγματοποιούνταν και για ψύξη θα ήταν οικονομικότερη και ασφαλέστερη. Οι θερμαινόμενοι χώροι του συγκροτήματος είναι 4.020 m².

Ετήσια ενέργεια για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του συγκροτήματος.

Οι ετήσιες καταναλώσεις θερμικής ενέργειας για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης για το συγκρότημα το έτος 2012 ανέρχονται στις 147.898kWh ενώ για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ηλεκτρικό ρεύμα λόγω της ύπαρξης στο συγκρότημα ηλεκτρομπόιλερ ανέρχεται στις 12.440 kWh. Επομένως η συνολική ενέργεια η οποία θα καλυφθεί από την νέα τεχνολογία των Γ.Α.Θ. είναι 295.797kWh+12.440 kWh=**308.237 kWh**

Ετήσιο κόστος για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Λέβητας πετρελαίου

$(147.898 \text{ kWh}/7,84 \text{ kWh/lit}) * 1,23\text{€}/\text{lit} = \mathbf{23.176\text{€}/\text{έτος}}$

Ηλεκτρομπόιλερ για ΖΝΧ

Οι 12.440 kWh υπολογίζονται αναλυτικά, με βάση τον πίνακα 5.9 που βρίσκεται στο σενάριο για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού στην στέγη, και ανέρχεται στις **2.053€/έτος**

Συνολικό ετήσιο κόστος= $23.176\text{€}/\text{έτος} + 2.053\text{€}/\text{έτος} = \mathbf{25.230\text{€}/\text{έτος}}$

Λειτουργικό κόστος γεωθερμικού συστήματος

- Μέση τιμή βαθμού απόδοσης θέρμανσης-ψύξης COP=5

$$295.797 \text{ kWh}/5=60.000 \text{ kWh}$$

- Μέση τιμή βαθμού απόδοσης για ZNX COP=3

$$12.440/3=4.147 \text{ kWh}$$

Το συνολικό λειτουργικό κόστος για 64.147 kWh πάλι με βάση τον πίνακα 5.9 είναι: **10.538€/έτος**

Η απόδοση των ΓΑΘ εξαρτάται από την ποιότητα του εδάφους. Βέβαια όπως έχουμε αναφέρει δεν εξαρτάται μόνο από το έδαφος αλλά και από την θερμοκρασία του.

Πίνακας 5.17: Απόδοση Εδάφους[28]

Ποιότητα Εδάφους	Κατακόρυφη Γεωθερμία W/m	Οριζόντια Γεωθερμία W/m
<<Κακό>> έδαφος	25	20
Μεσαίο έδαφος	50	30-40
Πολύ καλό έδαφος	80	50

Υπολογισμός απαιτούμενου μήκους κατακόρυφου γεωεναλλάκτη

$$\text{Κατακόρυφο κύκλωμα} = \frac{\text{Αντλούμενη θερμότητα}}{\text{Απόδοση εδάφους}} = \frac{35\text{kW}}{50\text{W/m}} = 700\text{m}$$

Θεωρούμε ότι στην περιοχή του συγκροτήματος έχουμε γενικά καλή ποιότητα εδάφους και πως η ζητούμενη ημερήσια θερμότητα του συγκροτήματος είναι 35kW.

$$\text{Απαιτούμενος αριθμός γεωτρήσεων} = \frac{700\text{m}}{130\text{m}} = 7 \text{ γεωτρήσεις των } 100\text{m}$$

Ενδεικτικά κόστη για γεωεναλλάκτες και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

- Κόστος υλικών και εργασίας για τους κατακόρυφους γεωεναλλάκτες: 45€/m
 - Κόστος υλικών: σωλήνες PE, υλικό πλήρωσης, υγρό με αντιψυκτικό και συλλέκτες
 - Κόστος εργασιών: διάνοιξη γεωτρήσεων και τροφοδότηση υλικού πλήρωσης
- Κόστος υλικών και εργασίας για οριζόντιο τμήμα των γεωεναλλακτών: 2,5€/m +400€.
- Κόστος εργασιών και λοιπά εξαρτήματα μηχανοστασίου: 4.000€ (εξαιρούνται ΓΑΘ,δοχείο αδράνειας, boiler)
- Κόστος ΓΑΘ, ενδεικτικά 10-40kW: 7.000-12.000€
- Κόστος συντήρησης συστήματος ΓΑΘ: 400€ ετησίως

Πίνακας 5.18: Συγκεντρωτικός πίνακας με κόστη επένδυσης

Κόστη επένδυσης	€
Υλικά και εργασία για γεωεναλλάκτες	45€/m*700m=31.500
Μηχανοστάσιο	4.000
ΓΑΘ	12.000
Συντήρηση	400
Συνολικό Κόστος επένδυσης	47.900

Με βάση όλα τα παραπάνω θα υπολογιστούν οι οικονομικοί δείκτες (ΚΠΑ,ΕΠΑ,ΕΒΑ)

Πίνακας 5.19: Υπολογισμός για την εγκατάσταση ΓΕΘ

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
47.900	5%	25 έτη	25.230-10.538=14.692€	159.168	4 έτος	31%

Η επένδυση κρίνεται βιώσιμη και πολύ συμφέρουσα.

5.3.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών στην οροφή του κτιρίου

Το συγκρότημα πολυκατοικιών διαθέτει μεγάλο και αναξιοποίητο χώρο στην στέγη του. Σε συνδυασμό με τον ευνοϊκό προσανατολισμό, την μηδενική σκίαση και τα υψηλά ετήσια ποσοστά ηλιοφάνειας της περιοχής το καθιστούν μια πολύ ελκυστική επένδυση για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγινε μια προσομοίωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού εξοπλισμού η οποία αξιολογείται με βάση την απόδοση και τη βιωσιμότητα της επένδυσης καθώς και με βάση τους ισχύοντες νόμους.

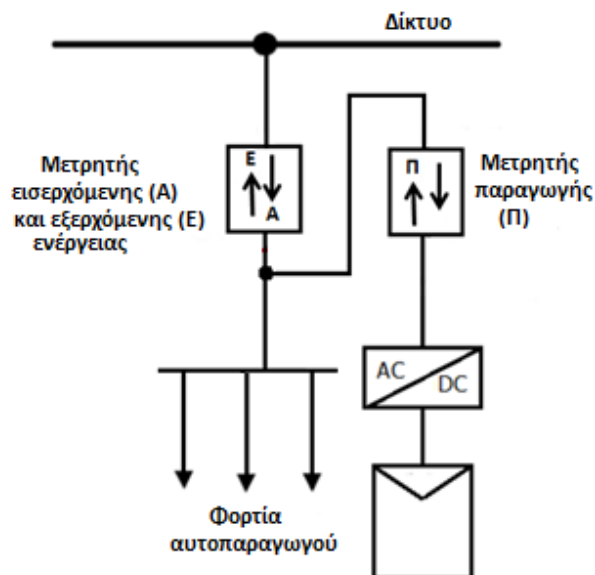
Συμφωνά με τον νόμο Ν.4203/2013 (ΦΕΚ 235Α/1-11-2013) θεσμοθετήθηκε για πρώτη φορά η δυνατότητα των καταναλωτών να κάνουν χρήση του net-metering. Οι ρυθμίσεις αυτές τροποποιήθηκαν με το Ν.4254/2014 (ΦΕΚ 85Α/7-4-2014).

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας (γνωστός με τον όρο net-metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με ΑΠΕ και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Το net-metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας.

Ο όρος "net" [30] προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Η περίοδος αυτή είναι συνήθως ο εκάστοτε κύκλος καταμέτρησης και τιμολόγησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή

συνήθως δεν χάνεται για τον καταναλωτή αλλά πιστώνεται λογιστικά για μια ορισμένη χρονική περίοδος (συνήθως ένα χρόνο) οπότε και γίνεται η τελική εκκαθάριση.

Χρησιμοποιούνται δύο μετρητές ενέργειας ένας για την παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό και ένας για την καταμέτρηση της εγχυόμενης ενέργειας στο δίκτυο από το φωτοβολταϊκό και της απορροφούμενης ενέργειας από το δίκτυο. Στην ιδανική κατάσταση η διαφορά εγχυόμενης στο δίκτυο και η απορροφούμενης από το δίκτυο ενέργεια είναι μηδενική.



Εικόνα:5.11 Συνδεσμολογία Δικτύου και Αυτοπαραγωγού[20]

Σε ότι αφορά στις ρυθμιζόμενες χρεώσεις των αυτοπαραγωγών με ενεργειακό συμψηφισμό, η νομοθεσία προβλέπει ότι οι αυτοπαραγωγοί θα επιβαρύνονται μόνο με χρέωση ΥΚΩ για το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνουν (είτε αυτή προέρχεται από το Δίκτυο είτε την παράγουν οι ίδιοι) και απαλλάσσονται από την χρέωση ΕΤΜΕΑΡ για το τμήμα της ενέργειας που παράγουν οι ίδιοι.

Στον πίνακα 5.20 παρουσιάζονται οι παράμετροι για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Οι τιμές των παραμέτρων είναι αληθινές και προκύπτουν μέσα από έρευνα με διάφορα τεχνικά γραφεία που αναλαμβάνουν τεχνικές μελέτες για net-metering.

Πίνακας 5.20: Παράμετροι Φ/Β συστήματος[20]

Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστήματος (kW)	4,6
Μέση ετήσια απόδοση Φ/Β συστήματος (kWh/kW)	1350
Τυπικό Κόστος Φ/Β συστήματος (€/kW)	1500
Ενδεικτικό Κόστος σύνδεσης μετρητών (€)	300
Ετήσια μείωση απόδοσης Φ/Β συστήματος (%)	0,5%
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (%)	1%
Ετήσια αύξηση κόστους λειτουργίας και συντήρησης (%)	1%
Μέση ετήσια αύξηση τελικής τιμής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (%)	1,2%
Μερίδιο μέσης ετήσιας ετεροχρονισμένης παραγωγής στην κατανάλωση (%)	30%

Η εγκατεστημένη ισχύς του Φ/Β συστήματος διαφέρει για κάθε κατηγορία διαμερίσματος ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε οικογένειας και προκύπτει από βελτιστοποίηση των δεδομένων η οποία πραγματοποιείται στο πρόγραμμα excel της Microsoft. Το ποσοστό της ενέργειας που απορροφά από το δίκτυο έχουμε υποθέσει πως για κάθε κατηγορία θα ανέρχεται στο 30% της συνολικής ετήσιας ενέργειας ύστερα από έρευνα και σύγκριση με άλλες μελέτες διαφόρων τεχνικών γραφείων. Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής είναι αδύνατον η περιγραφή της ημερήσιας καμπύλης καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε κατηγορία.

Για κάθε διαμέρισμα ισχύει ότι η συμφωνημένη ισχύς είναι 8 kVA, ο συντελεστής ισχύος είναι μονάδα και τέλος πως ο ρυθμός αύξησης της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι 0,5%. Η οικονομική διάρκεια της επένδυσης είναι τα 25 έτη.

Λεπτομερής ανάλυση της μελέτης θα πραγματοποιηθεί μόνο για την 1^η κατηγορία. Ο πίνακας 5.21 παρουσιάζει αναλυτικά το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για 25 χρόνια χωρίς να έχει τοποθετηθεί φωτοβολταϊκό σύστημα. Ενώ ο πίνακας 5.22 δείχνει το ποσό που θα πληρώνει το διαμέρισμα κάθε έτος καθώς και το ποσοστό της εγχυόμενης και απορροφούμενης ενέργειας από το δίκτυο.

Πίνακας 5.21: Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας Χωρίς Φ/Β

Έτος	Κατανάλωση Ενέργειας (MWh)	Σύνολο Ρυθμιζόμενων Χρεώσεων (€)	Σύνολο Ανταγωνιστικών Χρεώσεων (€)	Συνολική Ετήσια Χρέωση (€)	Συνολική ετήσια με ΦΠΑ(13%) (€)
1	6,203	271,21	639,89	911,10	1029,5
2	6,234	275,80	650,79	926,59	1047
3	6,265	280,47	661,87	942,34	1064,8
4	6,297	285,22	673,14	958,37	1082,9
5	6,328	290,06	684,60	974,66	1101,4
6	6,360	294,97	696,26	991,23	1120,1
7	6,391	299,97	708,12	1.008,09	1139,1
8	6,423	305,05	720,18	1.025,23	1158,5
9	6,456	310,22	732,44	1.042,66	1178,2
10	6,488	315,48	744,92	1.060,39	1198,2
11	6,520	320,82	757,60	1.078,43	1218,6
12	6,553	326,26	770,50	1.096,76	1239,3
13	6,586	331,79	783,63	1.115,42	1260,4
14	6,619	337,41	796,97	1.134,38	1281,8
15	6,652	343,13	810,54	1.153,68	1303,6
16	6,685	348,95	824,35	1.173,30	1325,8
17	6,718	354,86	838,39	1.193,25	1348,4
18	6,752	360,88	852,67	1.213,54	1371,3

Ενεργειακή Επιθεώρηση Συγκροτήματος Πολυκατοικιών

19	6,786	366,99	867,19	1.234,18	1394,6
20	6,820	373,21	881,96	1.255,17	1418,3
21	6,854	379,54	896,98	1.276,52	1442,5
22	6,888	385,97	912,26	1.298,23	1467
23	6,922	392,52	927,79	1.320,31	1491,9
24	6,957	399,17	943,60	1.342,77	1517,3
25	6,992	405,94	959,67	1.365,61	1543,1

Πίνακας 5.22: Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας Με Φ/Β

Έτος	K=A+Π- E (MWh)	Π (MWh)	A (MWh)	E (MWh)	A-E (MWh)	ΣΡΧ (€)	ΣΑΧ (€)	ΣΕΧ (€)	ΣΕΧ με ΦΠΑ (13%) (€)	Κόστος Συντήρησης ΦΒ (€)
1	6,200	5,65	1,861	1,87	-0,01	116,19	3,96	120,10	135,71	69,00
2	6,231	5,62	1,870	1,82	0,05	118,14	9,41	127,50	144,07	69,69
3	6,262	5,60	1,880	1,76	0,11	120,13	16,04	136,11	153,80	70,39
4	6,293	5,57	1,889	1,71	0,18	122,14	22,82	144,91	163,75	71,09
5	6,328	5,54	1,898	1,66	0,24	124,19	29,77	153,90	173,91	71,80
6	6,360	5,51	1,908	1,61	0,30	126,28	36,88	163,10	184,30	72,52
7	6,391	5,48	1,917	1,55	0,36	128,40	44,16	172,49	194,92	73,24
8	6,423	5,46	1,927	1,50	0,42	130,55	51,60	182,10	205,77	73,98
9	6,456	5,43	1,937	1,45	0,49	132,74	59,22	191,91	216,86	74,72
10	6,488	5,40	1,946	1,40	0,55	134,97	67,02	201,93	228,18	75,46
11	6,520	5,38	1,956	1,34	0,61	137,24	75,00	212,18	239,76	76,22
12	6,553	5,35	1,966	1,29	0,67	139,54	83,16	222,64	251,59	76,98
13	6,586	5,32	1,976	1,24	0,73	141,89	91,51	233,33	263,67	77,75
14	6,619	5,30	1,986	1,19	0,8	144,27	100,05	244,25	276,01	78,53
15	6,652	5,27	1,995	1,14	0,86	146,70	108,78	255,41	288,61	79,31
16	6,685	5,24	2,005	1,08	0,92	149,16	117,71	266,80	301,49	80,11
17	6,718	5,22	2,015	1,03	0,98	151,67	126,84	278,44	314,63	80,91
18	6,752	5,19	2,026	0,98	1,05	154,21	136,18	290,32	328,06	81,72
19	6,786	5,16	2,036	0,93	1,11	156,80	145,72	302,46	341,78	82,53
20	6,820	5,14	2,046	0,87	1,17	159,44	155,48	314,85	355,78	83,36
21	6,854	5,11	2,056	0,82	1,23	162,12	165,46	327,50	370,08	84,19
22	6,888	5,09	2,066	0,77	1,3	164,84	175,65	340,42	384,68	85,04
23	6,922	5,06	2,077	0,72	1,36	167,61	186,07	353,61	399,58	85,89
24	6,957	5,04	2,087	0,67	1,42	170,43	196,72	367,08	414,80	86,74
25	6,992	5,01	2,098	0,61	1,48	173,30	207,61	380,82	430,33	87,61
	164,746	133,13								

όπου

K: Κατανάλωση Ενέργειας, Π: Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β, Α: Απορροφόμενη Ενέργεια από το δίκτυο, Ε: Εγχυόμενη ενέργεια στο δίκτυο.

Πίνακας 5.23: Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών

Έτος	Χωρίς ΦΒ	Με ΦΒ	Όφελος ΦΒ			ΕΤΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ
Αρχική Επένδυση			-6.900,00			
0	1.030 €	205 €	824 €	824 €	-6.076 €	0
1	1.047 €	214 €	833 €	1.657 €	-5.243 €	0
2	1.065 €	224 €	840 €	2.497 €	-4.403 €	0
3	1.083 €	235 €	848 €	3.345 €	-3.555 €	0
4	1.101 €	246 €	855 €	4.200 €	-2.700 €	0
5	1.120 €	257 €	863 €	5.063 €	-1.837 €	0
6	1.139 €	268 €	870 €	5.933 €	-967 €	0
7	1.159 €	280 €	878 €	6.811 €	-89 €	0
8	1.178 €	292 €	886 €	7.697 €	797 €	1
9	1.198 €	304 €	894 €	8.591 €	1.691 €	1
10	1.219 €	316 €	902 €	9.494 €	2.594 €	1
11	1.239 €	329 €	910 €	10.404 €	3.504 €	1
12	1.260 €	341 €	918 €	11.322 €	4.422 €	1
13	1.282 €	355 €	927 €	12.249 €	5.349 €	1
14	1.304 €	368 €	935 €	13.184 €	6.284 €	1
15	1.326 €	382 €	944 €	14.128 €	7.228 €	1
16	1.348 €	396 €	952 €	15.080 €	8.180 €	1
17	1.371 €	410 €	961 €	16.041 €	9.141 €	1
18	1.395 €	424 €	970 €	17.010 €	10.110 €	1
19	1.418 €	439 €	979 €	17.989 €	11.089 €	1
20	1.442 €	454 €	988 €	18.976 €	12.076 €	1
21	1.467 €	470 €	997 €	19.973 €	13.073 €	1
22	1.492 €	485 €	1.006 €	20.979 €	14.079 €	1
23	1.517 €	502 €	1.015 €	21.994 €	15.094 €	1
24	1.543 €	518 €	1.024 €	23.018 €	16.118 €	1
ΣΥΝΟΛΟ	31.744 €	8.711 €	23.018 €			

ΚΠΑ=2.404,80€>0, ΕΒΑ=11,97% , ΕΠΑ=8 έτη

Η επένδυση λοιπόν κρίνεται βιώσιμη και αρκετά συμφέρουσα.

Για τις υπόλοιπες κατηγορίες οι δείκτες και τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24: Υπολογισμός για την εγκατάσταση βιομάζας

Κατηγορία	Αρχική Επένδυση (€)	Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστήματος (kW)	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ
2 ^η	3.660	2,44	971	11,6%	8 έτος
3 ^η	4.500	3	1.169	11%	8 έτος
4 ^η	3.000	2	794,32	11,05%	8 έτος
5 ^η	4.995	3,33	1.324	11,06%	8 έτος

5.3.3. Προτεινόμενος Συνδυασμός Επεμβάσεων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα συνδυαστούν οι παραπάνω τεχνολογίες που αναλύθηκαν με σκοπό το συγκρότημα πολυκατοικιών να είναι όσο το δυνατόν ενεργειακά αυτόνομο από συμβατικές τεχνολογίες για την θέρμανση, το ΖΝΧ και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Θα εκτιμηθούν πάλι οι οικονομικοί δείκτες ΚΠΑ,ΕΒΑ,ΕΠΑ

5.3.3.1. Συνδυασμός Βιομάζα-Ηλιακός Συλλέκτης(για ΖΝΧ)

Λόγω ότι το συγκρότημα βρίσκεται στην περιοχή της Βοιωτίας στην οποία δεν υπάρχει ακόμα αγωγός φυσικού αερίου προτείνουμε στους συνδυασμούς τεχνολογιών μόνο τον λέβητα pellet. Όπως και στις παραπάνω τεχνολογίες οι δείκτες θα υπολογιστούν για κάθε κατηγορία.

Με τους ηλιακούς συλλέκτες πετυχαίνουμε μείωση και στο ηλεκτρικό ρεύμα αλλά και στο πετρέλαιο. Η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται με συνέπεια να μειώνεται και η θερμαντική ενέργεια που πρέπει να αποδοθεί πλέον από τον λέβητα pellet, με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση της ετήσιας εξοικονόμησης. Ο πίνακας 5.25 παρουσιάζει την ετήσια εξοικονόμηση που θα έχει κάθε κατηγορία του συγκροτήματος με εφαρμογή της συνδυαστικής τεχνολογίας.

Πίνακας 5.25: Ετήσια εξοικονόμηση ανά κατηγορία για συνδυασμό

Κατηγορία	Κόστος Θέρμανσης με Πετρέλαιο (€)	Ετήσια εξοικονόμηση Πετρελαίου λόγω Ηλιακού Συλλέκτη (€)	Κόστος Θέρμανσης με Ηλιακό Συλλέκτη (€)	Κόστος Θέρμανσης με Βιομάζα (€)	Ετήσια Εξοικονόμηση Θέρμανσης (€)	Ετήσια Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής ενέργειας λόγω Ηλιακού Συλλέκτη (€)	Ετήσια Εξοικονόμηση F_i (€)
1 ^η	1.337	58	1.279	626	711	102	813
2 ^η	990	88	902	938	52	59	111
3 ^η	1.325	58	1.267	621	704	71	775
4 ^η	478	21	457	224	254	51	305
5 ^η	675	30	645	316	359	77	436

Οι δείκτες για κάθε κατηγορία υπολογίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.26: Υπολογισμός για συνδυαστική επένδυση

Κατηγορία	Κόστος Επένδυσης Βιομάζας (Κ)	Κόστος Επένδυσης Ηλιακού Συλλέκτη (Κ)	Συνολικό κόστος	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	Ετήσια Εξοικονόμηση (F_i)	ΚΠΑ	ΕΠΑ	ΕΒΑ
1 ^η	1.686	1.400	3.086	5%	20 έτη	813	7.045	4 έτος	26%
2 ^η	1.686	1.400	3.086	5%	20 έτη	111	- 1.702	>20 έτη	-3%
3 ^η	1.686	1.400	3.086	5%	20 έτη	775	6.572	4 έτος	25%
4 ^η	1.686	1.400	3.086	5%	20 έτη	305	715	11	8%

5 ^η	1.686	1.400	3.086	5%	20 έτη	436	2.347	έτος 8 έτος	13%
----------------	-------	-------	-------	----	--------	-----	-------	----------------	-----

Στον πίνακα 5.26 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος της επένδυσης ανά κατηγορία. Σύμφωνα με τους δείκτες η επένδυση είναι συμφέρουσα για την 1^η και 3^η κατηγορία ενώ για την 2^η ισχύει το αντίθετο. Οριακά συμφέρουσα είναι για τις κατηγορίες 4^η και

5.3.3.1. Συνδυασμός Βιομάζα-Φωτοβολταϊκό

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί ο συνδυασμός λέβητα βιομάζας- φωτοβολταϊκό για κάλυψη της θερμικής ενέργειας ανά διαμέρισμα αλλά και ενός μεγάλου μέρους της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα κόστη και τα ετήσια οφέλη ανά κατηγορία για κάθε επένδυση έχουν υπολογιστεί στα αντίστοιχα κεφάλαια, με τους παραμέτρους τις κάθε επένδυσης να έχουν αναλυθεί. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία της συνδυασμένης επένδυσης αναλυτικά για την 1^η κατηγορία.

Πίνακας 5.27: Στοιχεία για συνδυασμένη επένδυση για την 1^η κατηγορία

Έτος	Χωρίς Φ/Β	Με Φ/Β	Όφελος Φ/Β	Όφελος Βιομάζας	Συνολικό Ετήσιο Όφελος			
Αρχικό κόστος=Κόστος Φ/Β+Κόστος Βιομάζας=6.500+1.686=					-8.186 €			
1	1.030 €	205 €	825 €	682 €	1.507 €	1.507 €	-6.679 €	0
2	1.047 €	214 €	833 €	682 €	1.515 €	3.022 €	-5.164 €	0
3	1.065 €	224 €	841 €	682 €	1.523 €	4.545 €	-3.641 €	0
4	1.083 €	235 €	848 €	682 €	1.530 €	6.075 €	-2.111 €	0
5	1.101 €	246 €	855 €	682 €	1.537 €	7.612 €	-574 €	0
6	1.120 €	257 €	863 €	682 €	1.545 €	9.157 €	971 €	1
7	1.139 €	268 €	871 €	682 €	1.553 €	10.710 €	2.524 €	1
8	1.159 €	280 €	879 €	682 €	1.561 €	12.271 €	4.085 €	1
9	1.178 €	292 €	886 €	682 €	1.568 €	13.839 €	5.653 €	1
10	1.198 €	304 €	894 €	682 €	1.576 €	15.415 €	7.229 €	1
11	1.219 €	316 €	903 €	682 €	1.585 €	17.000 €	8.814 €	1
12	1.239 €	329 €	910 €	682 €	1.592 €	18.592 €	10.406 €	1
13	1.260 €	341 €	919 €	682 €	1.601 €	20.193 €	12.007 €	1
14	1.282 €	355 €	927 €	682 €	1.609 €	21.802 €	13.616 €	1
15	1.304 €	368 €	936 €	682 €	1.618 €	23.420 €	15.234 €	1
16	1.326 €	382 €	944 €	682 €	1.626 €	25.046 €	16.860 €	1
17	1.348 €	396 €	952 €	682 €	1.634 €	26.680 €	18.494 €	1
18	1.371 €	410 €	961 €	682 €	1.643 €	28.323 €	20.137 €	1
19	1.395 €	424 €	971 €	682 €	1.653 €	29.976 €	21.790 €	1

20	1.418 €	439 €	979 €	682 €	1.661 €	31.637 €	23.451 €	1
21	1.442 €	454 €	988 €	682 €	1.670 €	33.307 €	25.121 €	1
22	1.467 €	470 €	997 €	682 €	1.679 €	34.986 €	26.800 €	1
23	1.492 €	485 €	1.007 €	682 €	1.689 €	36.675 €	28.489 €	1
24	1.517 €	502 €	1.015 €	682 €	1.697 €	38.372 €	30.186 €	1
25	1.543 €	518 €	1.025 €	682 €	1.707 €	40.079 €	31.893 €	1

Παρατηρούμε πως η επένδυση είναι αρκετά συμφέρουσα και η απόσβεσή της γίνεται πολύ γρήγορα μόλις στον 6 έτος. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 19% και η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης είναι 14.121.

Στη συνέχεια στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι δείκτες ΚΠΑ, ΕΒΑ και ΕΠΑ για κάθε κατηγορία.

Πίνακας 5.28: Δείκτες ΚΠΑ,ΕΒΑ,ΕΠΑ ανά κατηγορία για συνδυαστική τεχνολογία

Κατηγορία	Κόστος Επένδυσης Βιομάζας (Κ)	Κόστος Επένδυσης Φωτοβολταϊκού (Κ)	Συνολικό κόστος	Επιτόκιο Αναγωγής (d)	Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	ΚΠΑ	ΕΒΑ	ΕΠΑ
2 ^η	1.686	3.660	5.346	5%	25 έτη	903	13 έτος	6%
3 ^η	1.686	4.500	6.186	5%	25 έτη	12.488	5 έτος	20%
4 ^η	1.686	3.000	4.686	5%	25 έτη	3.887	8 έτος	11%
5 ^η	1.686	4.995	6.681	5%	25 έτη	8.663	8 έτος	17%

Για την 3^η κατηγορία η επένδυση είναι αποδοτικότερη με απόσβεση της επένδυσης από το 5 έτος. Λιγότερο συμφέρουσα είναι για την 2^η κατηγορία.

5.4 Σύνοψη Προτάσεων

Στο κεφάλαιο αυτό προτάθηκαν συνολικά 8 δράσεις που αφορούσαν κυρίως την θέρμανση, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και λοιπές χρήσεις όπως την εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων. Στα διαμερίσματα του συγκροτήματος δεν εφαρμόστηκαν σενάρια και δράσεις που αφορούσαν τον φωτισμό, το κτιριακό κέλυφος και την ψύξη. Όπως παρουσιάστηκε και στο κεφάλαιο 3 το συγκρότημα παρουσιάστηκε θερμομονωτικά κατάλληλο επομένως δεν χρειάστηκε κάποια παρέμβαση σε αυτό τον τομέα. Όσο αφορά τον φωτισμό σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε, απατώντας στο αντίστοιχο ερωτηματολόγιο, οι οικογένειες ήταν ενήμερες για την αλλαγή των λαμπτήρων με εξοικονόμησης ενέργειας και είχαν φροντίσει για τους κοινόχρηστους χώρους να τοποθετήσουν φώτα με αισθητήρες κίνησης, επομένως μια παρέμβαση στον φωτισμό δεν θα μπορούσε να αποφέρει μεγάλα οικονομικά και ενεργειακά οφέλη. Η παρέμβαση στην ψύξη των κτιρίων είναι δύσκολη διότι οι πολυκατοικίες δεν διαθέτουν κεντρικό κλιματισμό είτε με fan coils είτε ενδοδαπέδια είτε

κάποιου άλλου τύπου, επομένως η αντικατάσταση των σωμάτων θα ήταν ασύμφορη και χρονοβόρα. Στον πίνακα 5.29 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δράσεις συνοπτικά μαζί με τους υπολογισθέντες οικονομικούς δείκτες. Η διάρκεια ζωής της κάθε επένδυσης είναι διαφορετική ανάλογα με τα στοιχεία που μας έδινε ο κάθε κατασκευαστής για την επένδυση.

Πίνακας 5.29: Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης

Προτεινόμενη Δράση	Κατηγορία	Αρχικό Κόστος (€)	Ετήσιο Όφελος (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΠΑ	ΕΒΑ
Θέρμανση/ZNX						
Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου	1 ^η	1.100	584	3.458	2 έτος	55%
	2 ^η	-	-	-	-	-
	3 ^η	1.100	578	3.412	2 έτος	54%
	4 ^η	1.100	209	563	6 έτος	15%
	5 ^η	1.100	295	1.227	4 έτος	25%
	Ολόκληρο Συγκρότημα	44.028	10.124	82.139	4 έτος	23%
Εγκατάσταση Ηλιακών Συλλεκτών για ZNX	1 ^η	1.400	160	594	9 έτος	10%
	2 ^η	1.400	147	432	10 έτος	8%
	3 ^η	1.400	129	208	11 έτος	7%
	4 ^η	1.400	72	-503	19 έτος	0%
	5 ^η	1.400	107	-66	14 έτος	4%
Εγκατάσταση Βιομάζας	1 ^η	1.686	682	6.813	3 Έτος	40%
	2 ^η	-	-	-	-	-
	3 ^η	1.686	675	6.725	3 Έτος	40%
	4 ^η	1.686	244	1.354	7 Έτος	13%
	5 ^η	1.686	344	2.601	5 Έτος	20%
	Ολόκληρο Συγκρότημα	67.440	11.820	79.863	6 Έτος	17%
Συστήματα COMBI	1 ^η	15.960	637€	-8.021	>20 έτος	-2%
	2 ^η	17.480	455€	-11.810	>20 έτος	-6%
	3 ^η	15.960	601€	-8.470	>20 έτος	-3%
	4 ^η	14.440	242€	-11.424	>20 έτος	-
	5 ^η	14.440	347€	-9.779	>20 έτος	-6%
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	Ολόκληρο Συγκρότημα	47.900	14.692€	159.168	4 έτος	31%
Λοιπές Δράσεις						
Εγκατάσταση Φ/Β γεννητριών	1 ^η	6.900	824	2.405	12%	8 έτος
	2 ^η	3.660	377	971	11,6%	8 έτος
	3 ^η	4.500	485	1.169	11%	8 έτος
	4 ^η	3.000	342	795	11,05%	8 έτος
	5 ^η	4.995	545	1.324	11,06%	8 έτος
Συνδυαστικές Δράσεις για θέρμανση, ZNX και κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας						
Βιομάζα– Ηλιακός Συλλέκτης	1 ^η	3.086	813	7.045	4 έτος	26%
	2 ^η	3.086	111	-1.702	>20 έτη	-3%
	3 ^η	3.086	775	6.572	4 έτος	25%

	4 ^η	3.086	305	715	11 έτος	8%
	5 ^η	3.086	436	2.347	8 έτος	13%
Βιομάζα- Φ/Β	1 ^η	8.186	1.507	14.121	6 έτος	19%
	2 ^η	5.346	377	903	13 έτος	6%
	3 ^η	6.186	1.160	12.488	5 έτος	20%
	4 ^η	4.686	586	3.887	8 έτος	11%
	5 ^η	6.681	889	8.663	8 έτος	17%

Όπου έχουμε ετήσιο όφελος για φωτοβολταϊκό επισημαίνουμε πως είναι μεταβλητό και αυτό που αναγράφεται τυπικά στον πίνακα είναι για το 1 έτος.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η πιο συμφέρουσα επένδυση για την θέρμανση για όλο το συγκρότημα είναι η χρήση γεωθερμικής αντλία θερμότητας λόγω του υψηλότερου δείκτη ΚΠΑ. Βέβαια για θέρμανση και οι 3 δράσεις είναι συμφέρουσες αφού παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες ΚΠΑ ενώ από σβένουν την αρχική επένδυσή τους πολύ νωρίς από το 4 έτος έως και το 6 που είναι η βιομάζα.

Όσο αφορά την κάθε κατηγορία διαμερίσματος ξεχωριστά υψηλότερους δείκτες παρουσιάζει η εγκατάσταση φυσικού αερίου διότι και μεγαλύτερο δείκτη ΚΠΑ έχει από την βιομάζα αλλά και πιο γρήγορα αποσβένει την αρχική σου επένδυση. Η κάθε κατηγορία έχει τα χαρακτηριστικά της και για αυτό για την 2 κατηγορία δεν συμφέρει η συμμετοχή σε αυτές τις δράσεις διότι έχει ήδη καταφύγει σε χρήση ενεργειακού τζακιού που τον καλύπτει στο θέμα θέρμανση.

Η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ΖΝΧ είναι μια επένδυση η οποία δεν συμφέρει κάθε κατηγορία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα διαμερίσματα έχουν ηλεκτρομπόιλερ και καλύπτουν την ανάγκη για ΖΝΧ με την καύση είτε πετρελαίου είτε μέσω ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα συστήματα COMBI δεν είναι συμφέρουσα για καμία κατηγορία γιατί προσφέρουν κάλυψη 40% των θερμικών καταναλώσεων. Επιπλέον τα συστήματα αυτά μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια στην ψύξη πράγμα το οποίο δεν εξετάστηκε στην παρούσα διπλωματική. Με κάποια κάλυψη του αρχικού κόστους της επένδυσης θα μπορούσε η τεχνολογία αυτή να είναι συμφέρουσα για τον καταναλωτή του συγκροτήματος.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών panels στην στέγη είναι μια συμφέρουσα τεχνολογία για κάθε κατηγορία, σύμφωνα με την νομοθεσία που παρουσιάζει το net metering, διότι έχει ένα σχετικά χαμηλό κόστος, η απόσβεση της επένδυσης γίνεται στα 8 έτη. Είναι μια τεχνολογία που στις μέρες παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της συνεχής αύξησης της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος.

Τέλος παρουσιάζονται συνδυαστικές δράσεις οι οποίες είναι συμφέρουσες για κάθε κατηγορία πλην της Βιομάζας-συλλέκτη για την 2 κατηγορία. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα οφέλη τους και οι δείκτες τους.

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής έδωσε μια σαφή εικόνα του ενεργειακού προφίλ του συγκροτήματος πολυκατοικιών και επισημαίνοντας τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου:

- **Η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι καθοριστική.**

Καθοριστικής σημασίας στη μείωση των καταναλώσεων και στην ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και των συστημάτων θέρμανσης είναι η ευαισθητοποίηση του ένοικου για αυτά τα ζητήματα. Συνίσταται η αποφυγή άσκοπης χρήσης του φωτισμού σε περιπτώσεις που ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, η σύνεση στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών και κλιματισμού (π.χ. απενεργοποίηση τους όταν δεν χρησιμοποιούνται) και τέλος, η λήψη δράσεων με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας όπως τα προαναφερθέντα προτεινόμενα μέτρα.

- **Το κτιριακό κέλυφος παρέχει επαρκή μόνωση**

Όπως υπολογίστηκε στο 3^ο Κεφάλαιο, το συγκρότημα πολυκατοικιών κρίθηκε θερμομονωμένο, καθώς δεν υπερβαίνει τον μέσο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει η Τ.Ο.Τ.ΕΕ. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς το συγκρότημα κατασκευάστηκε το 2002 πληρώντας της προϋποθέσεις και τα κριτήρια που ορίζουν για την θερμομόνωση του κτιρίου.

Για τον λόγο αυτό δεν προτάθηκαν δράσεις για την εξωτερική θερμομόνωση. Η χρήση της θερμοκάμερας εντός και εκτός του κτιρίου μας έδειχνε ασυνέχειες θερμοκρασιών μεταξύ των υλικών και θερμογέφυρες όχι όμως ικανές ώστε να λάβουμε κάποια μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος.

- **Βελτιωτικές δράσεις χαμηλού κόστους στην θέρμανση θα προσφέρουν σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας και μεγάλο οικονομικό κέδρος.**

Οι προσεχείς αυξήσεις στην τιμή πετρελαίου θέρμανσης καθιστούν επιτακτική την αναζήτηση λύσεων τόσο για τον περιορισμό χρήσης του, όσο και για εναλλακτικές λύσεις θέρμανσης.

Οι προτεινόμενες λύσεις αφορούν την εγκατάσταση φυσικού αερίου, ηλιακών συλλεκτών για το ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ), συστήματα COMBI, εγκατάσταση λέβητα βιομάζας, γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και συνδυασμούς αυτών. Για τις επενδύσεις έχει υπολογιστεί το κόστος και οι οικονομικοί τους δείκτες τόσο για ολόκληρο το συγκρότημα όσο και για κάθε κατηγορία διαμερισμάτων που

εμφανίζεται στο συγκρότημα. Όλες οι επενδύσεις έχουν ένα μικρό αρχικό κόστος, καθώς αξιοποιούν την ήδη υπάρχουσα σύγχρονη εγκατάσταση θέρμανσης και μεγάλο ετήσιο όφελος. Αποτέλεσμα αυτών είναι να γίνεται αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου της κάθε επένδυσης στα πρώτα τέσσερα χρόνια και οι επενδύσεις να είναι συμφέρουσες. Υπολογίστηκαν σενάρια και οι δείκτες για συνδυασμούς των παραπάνω τεχνολογιών οι οποίες είναι συμφέρουσες και άκρως οικονομικές. Παρουσιάστηκαν τεχνολογίες οι οποίες δεν είναι διαδεδομένες στην Ελλάδα και δεν εφαρμόζονται στον κτιριακό τομέα όπως η χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας η οποία αποδείχθηκε άκρως συμφέρουσα για το συγκρότημα πολυκατοικιών το οποίο μελετάμε. Μια νέα τεχνολογία ακόμα είναι τα συστήματα combi τα οποία μπορούν να καλύψουν ανάγκες θέρμανσης και ψύξης. Για το παρών συγκρότημα αυτή η επένδυση δεν είναι ακόμα επικερδής και συμφέρουσα. Υπάρχει βέβαια πάντα η δυνατότητα χρηματοδότησης της επένδυσης με μορφή δανείου.

- **Η επένδυση σε Φ/Β γεννήτριες είναι βιώσιμη και άκρως συμφέρουσα**

Το καθεστώς των Φ/Β έχει πλέον διαφοροποιηθεί όπως και αναφέρθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Πλέον τα φωτοβολταϊκά δεν πουλάνε απευθείας την ενέργεια στο δίκτυο και ανάλογα με το πόση κατανάλωση είχε το κτίριο γινόταν συμψηφισμός και στο τέλος ο καταναλωτής απλά πλήρωνε την διαφορά αν υπήρχε ή πληρωνόταν για την περίσσεια ενέργειας που παρείχε στο δίκτυο. Από 1/1/2015 ισχύει το “net-metering”, όρος ο οποίος αναλύθηκε στην διπλωματική αυτή, προσπαθώντας να καταστήσει από κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας το δίκτυο σε εφεδρική παρέχοντας στην οικία ενέργεια τις περιόδους που το φωτοβολταϊκό αδυνατεί να τροφοδοτήσει την οικία λόγω μη ηλιοφάνειας. Η εγκατάσταση Φ/Β είναι μια επένδυση με μεγάλη διάρκεια ζωής που θα αποφέρει σημαντικό όφελος στα διαμερίσματα του συγκροτήματος, ενώ η απόσβεση της εκτιμάται στα 8 χρόνια για κάθε κατηγορία.

6.2 Προοπτικές

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε διττό σκοπό, αφενός, την μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους του συγκροτήματος και αφετέρου, την προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας τις ρυπογόνες εκπομπές. Λόγω και της κατάστασης που επικρατεί στις μέρες η ενεργειακή αναβάθμιση της οικίας μας δεν είναι προτεραιότητα, όμως αυτό θα πρέπει να αλλάξει και να το δει ο καταναλωτής ως επένδυση με στόχο την μείωση λειτουργικών εξόδων του και βελτίωσης της διαμονής του.

Κατά την εκπόνηση της ενεργειακής επιθεώρησης του συγκροτήματος, το κύριο πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η αδυναμία συλλογής πληροφοριών για την κάθε οικογένεια ξεχωριστά. Οι οικογένειες που κατοικούν στο συγκρότημα είναι 40 και ήταν αδύνατον η συλλογή πληροφοριών για την κάθε οικογένεια προκειμένου οι λύσεις να είναι στοχευμένες για κάθε αντίστοιχη ανάγκη της. Θα έκανε ακόμα πιο έγκυρη την μελέτη μας αν είχαμε την δυνατότητα να κάναμε μετρήσεις σε κάθε διαμέρισμα του οικιακού τους εξοπλισμού με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να γνωρίζουμε ακριβώς τις

ημερήσιες και ετήσιες καταναλώσεις τους. Θα είχαμε ίσως ακριβέστερα αποτελέσματα ώστε να σχηματισθεί ένα πιο πλήρες ενεργειακό προφίλ για το συγκρότημα.

Τα αποτελέσματα που υπολογίστηκαν για κάθε επένδυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κίνητρο ώστε οι ένοικοι να δραστηριοποιηθούν στον τομέα της ενεργειακής εξοικονόμησης. Οι προτεινόμενοι μέθοδοι θέρμανσης και εξοικονόμησης ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν να αποφορτίσουν το σημερινό νοικοκυριό από αυξημένα έξοδα για θέρμανση και ηλεκτρικό ρεύμα και να συμβάλλουν στην αύξηση των εσόδων τους.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν πόσο σημαντική είναι η ενεργειακή επιθεώρηση στον οικιακό τομέα. Εάν αναλογιστούμε ότι το συγκεκριμένο συγκρότημα είναι του 2002 μπορούμε να φανταστούμε πόσο σημαντική θα είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σε παλαιότερα κτίρια και βέβαια ανοίγονται νέες προοπτικές για μελλοντικές οικοδομές μη εξαρτώμενες από συμβατικές τεχνολογίες.

Βιβλιογραφία

1. 'Best available technologies for the heat and cooling market in the European Union', Nicolas Pardo Garcia, Konstantinos Vatopoulos, Anna Krook Riekkola, Alicia Perez Lopez, Lars Olsen.
2. European Renewable Energy Council, 2011, Renewable Heating and Cooling. In: www.erec.org
3. European Commission, 2009, Directive 2009/28/EC on the Promotion of the of energy from renewable sources.
4. European Commission, 2004, Directive 2004/8/EC on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market.
5. Danish Energy Agency and Energinet.DK. 2010. Technology Data for Energy Plants.
6. Eurostat and OECD/ IEA, 2004, Energy Statistics Manual.
7. EGEC. European Geothermal Energy Council, 2007, Geothermal Innovative Applications for a Sustainable Development. In: www.egec.org
8. Dansk Energy Analyse A/S og Viegand & Maagoe ApS, 2010, Energibesparelser I erhvervslivet. Februar.
9. ETSAP, 2010, Industrial Combustion Boilers. Energy Technology System Analysis Programme. In: www.etsap.org
10. EC – DG ENER, , 2007, Ecodesign preparatory study of Boilers (Lot 1), Task 4 – Technical Analysis (incl. System Model). In: <http://ecoboiler.org>
11. EC – DG ENER, 2011, Ecodesign working document communication boiler testing and calculation
12. Biomass for Heat and Power. Energy Technology System Analysis Programme. ETSAP. www.etsap.org. 2010.
13. EC – DG ENER, 2009, Ecodesign preparatory study of residential room conditioning appliances (Lot 10), Task 4 - Technical Analysis. In: <http://www.ecoaircon.eu/>
14. Dansk energi, 2011, Den lille bla om varmpumper.. www.danskeenergi.dk
15. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Αναλυτικές Εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης"», Α' Έκδοση 2010
16. Οδηγία της επιτροπής 96/60/EK (ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας για συνδυασμούς πλυντηρίων-στεγνωτηρίων ρούχων) [Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 266, 18.10.1995].

17. Οδηγία της επιτροπής 98/11/EK (ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας για τους οικιακούς λαμπτήρες) [Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 71, 10.3.1998].
18. Οδηγία της επιτροπής 2002/31/EK (ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας για τις οικιακές κλιματιστικές συσκευές) [Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 86, 3.4.2002].
19. Σημειώσεις: Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική, Εργαστήριο Συστημάτων και Αποφάσεων και Διοίκησης Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα 2005
20. www.dei.gr
21. 'Ηλιακά Θερμικά Συστήματα σε Υφιστάμενες Κατοικίες', Δημήτριος Χασάπης, ΚΑΠΕ Τομέας Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων.
22. Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012, ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ.
23. 'Ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα', ΚΑΠΕ. www.cres.gr
24. 'Τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας', ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ, Βραχόπουλος Μ., Γαγλία Α., Καββαδίας Κ., Καλδέλης Ι., Μπαλαράς Κ..
25. <http://www.aerioattikis.gr/>
26. <http://www.levites-pellet.gr/>,
http://www.multiclimate.gr/?section=1812&language=el_GR&itemid1634=2844&detail1634=1
27. "Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας", Αναστασίου Μπένου, Τμήμα Γεωθερμικής Ενέργειας, ΚΑΠΕ.
28. "Γεωθερμία", Σωτήρης Κατσιμίχας Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, ΕΝ.Ε.ΕΠΙ.Θ.Ε.
29. "Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών θερμότητας Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση τους", Αναστασία Μπένου Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός , MSc, ΚΑΠΕ.

30. “Net-metering, Τα νέα μέτρα ενίσχυσης των φωτοβολταϊκών”, Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών