



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων

Τεχνοοικονομική μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης
ξενοδοχειακής μονάδας LEDRA MARRIOTT Αττικής



Σπουδαστής: Ντιντής Αθανάσιος

Επιβλέπων καθηγητής: Συφακάκη Κρυσταλλία

Ηράκλειο 2014

Αφιερώνεται

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Κρυσταλλία Συφακάκη για την συνεργασία μας και την πολύτιμη βοήθεια της όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Την διοίκηση του ξενοδοχείου Ledra Marriott που μου επέτρεψαν να πραγματοποιηθεί αυτή η πτυχιακή εργασία και κυρίως τον κύριο Ιωαννίδη Γεώργιο (υπεύθυνος συντήρησης της μονάδος) για την πολύτιμη συμβολή του.

Τέλος την οικογένεια μου που με στήριζε όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας βαίνει τα τελευταία χρόνια συνεχώς αυξανόμενη. Στην Ελλάδα το βασικό θεσμικό κείμενο που διέπει την ενεργειακή αξιολόγηση του κτιριακού κλάδου είναι ο «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.). Στον αναπτυσσόμενο κλάδο του τουρισμού, η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στις μονάδες διαμονής μπορεί να αποφέρει σημαντικά οικονομικά και επικοινωνιακά οφέλη. Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας μελετήθηκαν τα ενεργειακά δεδομένα του ξενοδοχείου LEDRA MARRIOTT στην Αθήνα. Αν και έχουν γίνει παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, η απόδοση του παραμένει χαμηλή, κυρίως λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ηλεκτρισμού. Τέλος, μελετάται και αξιολογείται τεχνοοικονομικά, βάσει των κριτηρίων της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης, η εγκατάσταση στο ξενοδοχείο ηλιοθερμικού συστήματος, μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, φωτοβολταϊκού συστήματος και αντλίας θερμότητας. Οι μονάδες ΣΗΘ για κάλυψη πρώτιστα των θερμικών αναγκών και η Αντλία Θερμότητας αναδείχθηκαν ως οι πλέον συμφέρουσες οικονομικά, και λόγω της υψηλής πυκνότητας ισχύος τους προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Λέξεις – Κλειδιά:

Εξοικονόμηση ενέργειας, ξενοδοχείο, συμπαραγωγή, αντλία θερμότητας, Κ.Εν.Α.Κ., ενεργειακή επιθεώρηση, Οικονομοτεχνική αξιολόγηση

Summary

The need for energy saving is growing significantly all around the world. In Greece, the main legislative framework was established through the “Energy Efficiency Regulation for Building”. In the sector of tourism, that is growing the last years, the adoption of energy saving measures is considered to bring financial and marketing benefits. In the current work, the energy data of LEDRA MARRIOTT Hotel in Athens were examined. Although that several energy interventions have been applied in the hotel, its energy profile is not satisfactory, mainly due to high consumption of electricity. Moreover, we evaluated, using the criteria of Net Present Value and Internal Rate of Return, the contribution of solar thermal systems, cogeneration units, photovoltaic systems and heat pumps to the energy data of the hotel. The installation of cogeneration units with priority to the thermal loads and heat pumps are proved to be the most cost-effective solutions, and due to their high power density can provide significant energy savings.

Key-words:

Energy savings, hotel, cogeneration, heat pump, energy estimation, energy investigation, Feasibility study

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	12
1.1 Ενεργειακός Τομέας	12
1.2 Ενέργεια και Ξενοδοχεία	18
1.3 Νομικό Πλαίσιο για την Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ	29
2.1 Διαδικασία Ενεργειακής Αξιολόγησης	29
2.2 Επίπεδα Επεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας	34
2.3 Συνήθεις παρεμβάσεις	37
2.3.1 Συνήθεις επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	37
2.3.2 Συνήθεις επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα	38
2.3.3 Συνήθεις επεμβάσεις στη διαχείριση ενέργειας	41
2.4 Παραδείγματα εφαρμογής σε ξενοδοχεία στην Ελλάδα	43
2.5 Οικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ	50
3.1 Μεθοδολογία	50
3.2 Χώροι, Χρήσεις και Υφιστάμενες Υποδομές	51
3.3 Ενεργειακές Καταναλώσεις	56
3.4 Υφιστάμενα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας	64
3.5 Ενεργειακή Ταξινόμηση	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	70
4.1 Πιθανές Παρεμβάσεις	70
4.2 Παραδοχές κατά την Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση	72
4.3 Ψύκτες απορρόφησης	76
4.4 Ηλιοθερμία	80
4.5 Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού – Θερμότητας	84
4.6 Φωτοβολταϊκό Σύστημα	105
4.7 Αντλία Θερμότητας	110
4.8 Σύγκριση εξεταζόμενων παρεμβάσεων	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	130

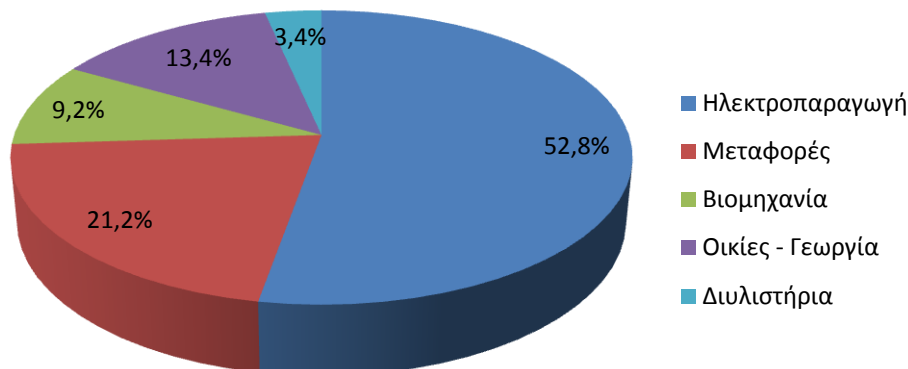
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	133
Υπολογισμοί Κ.Π.Α. και Ε.Β.Α.	133

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κτιριακός τομέας καταναλώνει περίπου το 40% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και προκαλεί αντίστοιχο ποσοστό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (περίπου 35%). Μεγάλο μέρος της απαιτούμενης ενέργειας παράγεται από ορυκτά καύσιμα, των οποίων η καύση συνεισφέρει στην παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και στην κλιματική αλλαγή, με αποτελέσματα που στο μέλλον αναμένονται καταστροφικά [1,2].

Οι εκπομπές αερίων ρύπων προερχόμενων από την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα. Οι πολύ αυξημένες εκπομπές των αερίων αυτών και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) συμβάλλουν στην ενίσχυση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της γενικότερης μεταβολής του οικοσυστήματος. Από το ανθρωπογενές CO₂ που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Από την αρχή της περιόδου εκβιομηχάνισης μέχρι και σήμερα εκτιμάται ότι τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί κατά 35%.

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η συνεισφορά στις εκπομπές CO₂ διαφόρων δραστηριοτήτων, που συνδέονται με την καύση ορυκτών καυσίμων. Έτσι το 52,8% προέρχεται από την ηλεκτροπαραγωγή, το 21,2% από τις μεταφορές, το 9,2% από τη βιομηχανία, το 13,2% από τα κτίρια και τη γεωργία και το 3,4% από τα διυλιστήρια. Οι περισσότερες εκπομπές από την ηλεκτροπαραγωγή προέρχονται από την καύση του λιγνίτη. Ο τομέας μεταφορών είναι επίσης μια μεγάλη συνεχώς αυξανόμενη πηγή CO₂. Η καύση βενζίνης, πετρελαίου και LPG στις οδικές μεταφορές είναι οι βασικές αιτίες εκπομπών CO₂ στον κλάδο αυτό, ενώ μικρότερες ποσότητες οφείλονται στη χρήση πετρελαίου και μαζούτ για τις ακτοπλοϊκές συγκοινωνίες, στη χρήση πετρελαίου στις σιδηροδρομικές συγκοινωνίες και τέλος στην χρήση κηροζίνης για τις αεροπορικές συγκοινωνίες. Οι εκπομπές στη βιομηχανία προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων για να καλυφθεί η ζήτηση θερμότητας και ατμού. Οι εκπομπές CO₂ από βιομηχανικές διεργασίες οφείλονται κυρίως στην παραγωγή τσιμέντου, ασβέστη και άλλες χημικές διεργασίες [2,3].

Συμβολή κλάδων στην παραγωγή CO₂

Διάγραμμα E.1: Συμβολή κλάδων στις εκπομπές CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο [ENERDATA,2]

Από την άλλη, λόγω των γεωπολιτικών εξελίξεων και της εξάντλησης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, το κόστος ενέργειας αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, επιβαρύνοντας τα οικονομικά των εξαρτημένων ενεργειακά κρατών. Για όλους τους παραπάνω λόγους, κρίθηκε απαραίτητη η προώθηση πολιτικών και πρακτικών που έχουν ως γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας.

Χωρίς να παραγνωρίζεται η σημασία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τα επόμενα χρόνια αναμένεται οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας να αποδώσουν σημαντικότερα οφέλη, και μάλιστα με μικρότερο συνολικό κόστος. Επίσης, αναμένεται να οδηγήσουν στην δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες και υλικά που είναι ήδη διαθέσιμα στην αγορά, σε συνδυασμό με την προσεκτική διαχείριση των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης, η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου μπορεί να μειωθεί σημαντικά διατηρώντας ή και βελτιώνοντας τις συνθήκες διαβίωσης σε αυτό και μειώνοντας τα αντίστοιχα λειτουργικά κόστη.

Στα πλαίσια της ευρωπαϊκής πολιτικής για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και του ζητήματος της ενεργειακής επάρκειας, εκδόθηκαν οι ευρωπαϊκές οδηγίες 2002/91/EK και 2006/32/EK, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα των χωρών της Ε.Ε. Οι διατάξεις τους καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, ψύξη, αερισμό και φωτισμό για νέα και υφιστάμενα. Οι περισσότερες από τις

υφιστάμενες διατάξεις εφαρμόζονται σε όλα τα κτίρια ανεξαρτήτως μεγέθους είτε χρησιμοποιούνται ως κατοικίες είτε όχι. Ευρύτερος στόχος είναι τα νέα κτίρια να εμφανίζουν μειωμένη κατανάλωση κατά τουλάχιστον 60% σε σχέση με τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν τη δεκαετία του 1970.

Η Ελλάδα το 2010 ενσωμάτωσε τις οδηγίες αυτές στη νομοθεσία της και δημιούργησε ένα νομοτεχνικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού τομέα. Κεντρική διάταξη του πλαισίου αυτού είναι ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Το πλαίσιο τέθηκε σε πλήρη εφαρμογή τον Οκτώβριο του 2010, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις έγιναν υποχρεωτικές για ακίνητα μεγαλύτερα των 50 τμ. από τις αρχές του 2011, ενώ πλέον είναι καθολική η εφαρμογή του.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου αποσκοπεί στη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων των λειτουργιών του, χωρίς ποιοτική μεταβολή τους. Το πρώτο βήμα είναι η καταγραφή των καταναλώσεων στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου. Κύριος σκοπός της ενεργειακής επιθεώρησης είναι η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, εστιάζοντας στις καταναλώσεις, τις υποδομές και τη λειτουργία του. Τέλος, προτείνονται παρεμβάσεις, οι οποίες αξιολογούνται τεχνοοικονομικά για τη σκοπιμότητά τους.

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα:

- Οικονομικά οφέλη, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης. Αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με βάση το κόστος της εφαρμογής των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Λειτουργικά οφέλη, τα οποία βοηθούν τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας ή ενός κτιρίου να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της (ή των ενοίκων του κτιρίου) ή, διαφορετικά, να βελτιώσει τη γενικότερη λειτουργία της.
- Περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτά αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO₂ ή/και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), τη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Το καθένα από τα παραπάνω οφέλη αναμένεται να εκπληρωθεί σταδιακά και να έχει αθροιστική επίπτωση. Τα κύρια οφέλη μπορεί να γίνουν άμεσα αισθητά, προερχόμενα από μέτρα ελαχίστου κόστους, ή μετά από μία εύλογη περίοδο, απαιτούμενη για την αποπληρωμή των αντίστοιχων επενδύσεων. Κάποια άλλα οφέλη μπορεί να γίνουν αισθητά αρκετά αργότερα, μετά από την υλοποίηση μακροπρόθεσμων μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης.

Τα ξενοδοχεία είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας, καθώς λειτουργούν σε εικοσιτετράωρη εβδομαδιαία βάση, και πιθανώς όλη τη διάρκεια του έτους. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα βασικά ενεργειακά δεδομένα για το ξενοδοχείο LEDRA MARRIOTT στην Αθήνα, και παρουσιάζονται πιθανές επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του.

Η δομή της πτυχιακής εργασίας είναι η εξής:

Στο 1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα. Δίνονται επιπλέον πληροφορίες εξειδικευμένες στον κλάδο των ξενοδοχείων και παρουσιάζεται το βασικό νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει για την ενεργειακή συμπεριφορά και αξιολόγηση των κτιρίων.

Στο 2^ο Κεφάλαιο απαριθμούνται συνήθεις τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας σε πάσης φύσεως κτίρια, οι οποίες ταξινομούνται ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας της. Επίσης, καταγράφονται τα βασικά βήματα για την εκπόνηση πλήρους μελέτης ενεργειακής αξιολόγησης για ένα κτίριο.

Το 3^ο Κεφάλαιο εστιάζει στην παρούσα ενεργειακή κατάσταση του ξενοδοχείου. Παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα ενεργειακά δεδομένα που συλλέχθηκαν στα πλαίσια της εργασίας και γίνεται μια προκαταρκτική προσέγγιση της ενεργειακής αποδοτικότητας του ξενοδοχείου LEDRA MARRIOTT.

Στο 4^ο Κεφάλαιο προτείνονται και αξιολογούνται συγκεκριμένες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό της επιχείρησης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ως προς την αρχή λειτουργίας τους και τα ενεργειακά τους οφέλη η εγκατάσταση α) ηλιοθερμικού συστήματος, β) συστήματος συμπαραγωγής με καύση φυσικού αερίου, γ) φωτοβολταϊκού συστήματος και δ) αντλιών θερμότητας.

Τέλος, στο 5^ο Κεφάλαιο συγκεντρώνονται και παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Έπονται, η καταγραφή των βιβλιογραφικών και διαδικτυακών πηγών και το παράρτημα με τους υπολογισμούς των οικονομικών αξιολογήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.1 Ενεργειακός Τομέας

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για τον περιορισμό της εκροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων και κύρια του πετρελαίου. Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής στα ελληνικά κτίρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα, όπου η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 30% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα. Όσον αφορά στο βιομηχανικό τομέα, αν και η συνολική κατανάλωση ενέργειας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ελαφριά κάμψη (κυρίως λόγω της ύφεσης σε ενεργοβόρους βιομηχανικούς κλάδους), η συνεισφορά του κλάδου στην τελική κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντική (περίπου 25%) [2].

Σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat για το 2006 η κατανάλωση τελικής ενέργειας στα κτίρια, που αφορά κατοικίες και τριτογενή τομέα είναι περίπου ίδια με την ευρωπαϊκή (40,74%), όπως προκύπτει και από την ίδια πηγή. Σε σχέση με τους άλλους τομείς δραστηριότητας, ο τομέας των κτιρίων καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό, ενώ ακολουθούν οι μεταφορές με περίπου 39,63% και η βιομηχανία με 19,64%. Η προέλευση της τελικής ενέργειας που καταναλώνεται σε εθνικό επίπεδο είναι κατά τα 4/5 από συμβατικές πηγές ενέργειας, ενώ κατά το 1/5 περίπου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, τα κτίρια του οικιακού τομέα στην Ελλάδα αποτελούν το 70% του συνόλου σε επίπεδο κάλυψης εδάφους, ενώ το υπόλοιπο 30% αποτελείται από κτίρια διαφόρων εμπορικών και βιομηχανικών χρήσεων. Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κτιρίων οικιακού τομέα κυμαίνεται από 35 έως 329 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο εσωτερικής επιφάνειας με μέση τιμή 126 kWh/m². Η κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 41 έως 409 kWh/m² με μέση τιμή 167 kWh/m². Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κτιρίων του τριτογενή τομέα κυμαίνεται από 9 έως 618 kWh/m² με μέση τιμή 145 kWh/m². Η συνολική κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 17 έως 792 kWh/m² με μέση τιμή

251 kWh/m². Αν εφαρμοζόταν πλήρως ο κανονισμός θερμομόνωσης η κατανάλωση θα μειωνόταν σχεδόν κατά 50%, και στις δύο κατηγορίες κτιρίων.

Ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ το 1979, αντιγράφοντας τον πρώτο Γερμανικό Κανονισμό, καθορίζοντας τα μέγιστα όρια για την θερμοπερατότητα των διαφόρων στοιχείων (τοίχοι, οροφή, παράθυρα) και του κελύφους του κτιρίου. Σαν αποτέλεσμα, ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων δεν έχουν θερμομόνωση. Επίσης, κατά την διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ (δεκαετία 1980), η πλειοψηφία των κτιρίων δεν είχαν πλήρη μόνωση και μόνο οι νεότερες κατασκευές έχουν θερμομόνωση του φέροντα οργανισμού για την αποφυγή των θερμογεφυρών. Από τα κτίρια, το 30% έχει πλήρη ή μερική θερμομόνωση, ενώ το 70% δεν έχει καθόλου. Στα κτίρια με μερική θερμομόνωση, το 35% είχαν θερμομόνωση οροφής, το 34% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, το 18% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων και οροφής, το 11% πλήρη θερμομόνωση εκτός από τον φέροντα οργανισμό και το 3% πλήρη θερμομόνωση εκτός από τον φέροντα οργανισμό και την οροφή.

Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια αφορά στο μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 70%) τη θέρμανση. Αντίστοιχα για την τροφοδότηση των οικιακών συσκευών, τον κλιματισμό και τον φωτισμό, καταναλώνεται το 18%. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο κυρίως το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 36% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες [2,4,5].

Η διαχρονική πορεία των ενεργειακών δεικτών είναι το αποτέλεσμα της γοργής βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου στη χώρα μας σε συνδυασμό με τις, μέτριας συχνά ποιότητας, κατασκευαστικές πρακτικές στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις των κτιρίων. Οι δύο αυτές παράμετροι συναρτώνται με την έλλειψη μέχρι σήμερα ενός ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου κινήτρων και κανονισμών ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων, όπως και ενός ρεαλιστικού εθνικού προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας, που θα αποσκοπούσαν στη βελτίωση της ποιότητας κατασκευής των κτιρίων και την ευαισθητοποίηση του χρήστη σε ενεργειακά θέματα. Η Ελλάδα, παρ' όλα αυτά, έχει ήδη δεσμευθεί, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, για την προώθηση σχετικών θεσμικών, διοικητικών και οργανωτικών μέτρων, καθώς και των ενεργειακά αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών, μέσω της συμμετοχής της στις συμφωνίες, τις διακηρύξεις και τα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η εφαρμογή των παραπάνω συμφωνιών και προγραμμάτων αναμένεται να αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και τα οφέλη που αυτή συνεπάγεται.

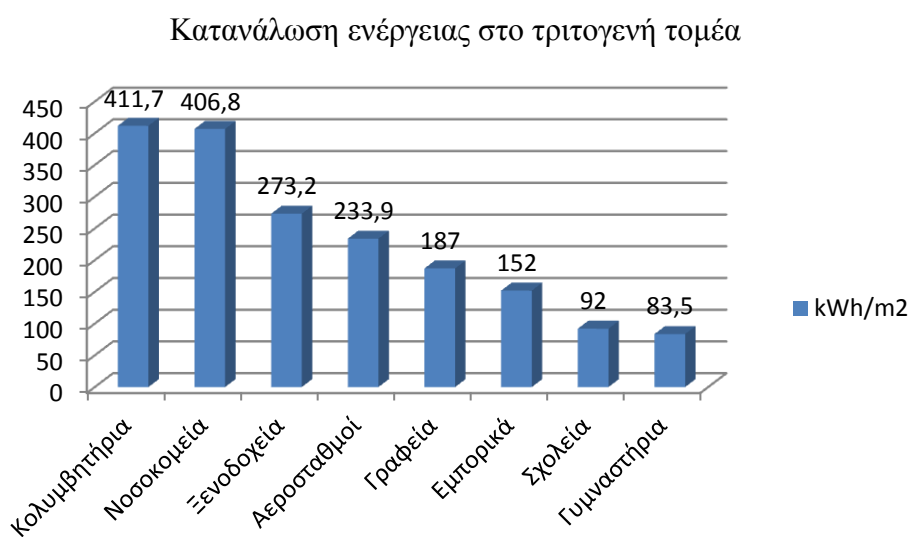
Τα κτίρια στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 2000–2005, αύξησαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά περίπου 24%, μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην Ευρώπη. Ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα ελληνικά κτήρια είναι ιδιαίτερος ενεργοβόρα είναι η παλαιότητά τους και η μη ενσωμάτωση σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά. Στην Ελλάδα μέχρι και 30% περισσότερη ενέργεια απαιτείται για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα στα κτίρια, τα οποία αντιμετωπίζουν στην πλειονότητα τους πρόβλημα επαρκούς μόνωσης, ιδιαίτερα όσα κατασκευάστηκαν πριν από το 1980. Στον κτιριακό τομέα οφείλεται το 45% των εκπομπών CO₂ της χώρας και το 36% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Τα κτίρια οικιακής χρήσης ευθύνονται για το 23,6% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και καταναλώνουν το 32,7% της ολικής ηλεκτρικής παραγωγής, καθώς και το 21,5% της ολικής θερμικής ενέργειας. Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση στις κατοικίες αποτελεί το 73,6% της ολικής κατανάλωσης στα κτίρια, ενώ το υπόλοιπο 26,4% καταναλώνεται από τον τριτογενή τομέα.

Λόγω της διαφορετικής χρήσης των κτιριακών συγκροτημάτων έχουμε και μεγάλες αποκλίσεις στην κατανομή της κατανάλωσης. Στον οικιακό τομέα η θέρμανση αποτελεί την κυριότερη παράμετρο, αφού το 61% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται χρησιμοποιείται για τη θέρμανση, ενώ αντίθετα για το δροσισμό δαπανάται μόνο το 2% της συνολικής ενέργειας. Αντίθετα στον τριτογενή τομέα, ο οποίος αποτελείται κυρίως από γραφεία, γυμναστήρια, ξενοδοχεία, σχολεία και νοσοκομεία, οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση είναι μικρότερες εξαιτίας της διακοπτόμενης χρήσης των κτιρίων και των εσωτερικών θερμικών κερδών από τα ηλεκτρολογικά μηχανήματα, τα φωτιστικά σώματα και από την ανθρώπινη δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα σε αυτά. Η μείωση της ενέργειας για την θέρμανση κατά τη χειμερινή περίοδο αντισταθμίζεται από τις μεγάλες απαιτήσεις των κτιρίων αυτών για δροσισμό.

Το μέγεθος του οικονομικού και περιβαλλοντικού κέρδους που θα προκύψει με σωστό σχεδιασμό και αύξηση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων μπορεί να ανέλθει έως και 30% στη μείωση της κατανάλωσης και 42% στη μείωση των εκπομπών CO₂. Αξιόλογη επισήμανση επίσης αποτελεί το γεγονός ότι μόνο με την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης σε όλα τα κτίρια της χώρας θα πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 1,025 TWh, αφού τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 χρειάζονται κατά μέσο όρο 150 kWh/m² σε ετήσια βάση για να θερμανθούν, ενώ θα δαπανούσαν μόνο 80 kWh/m² σε περίπτωση που εφαρμόζονταν ο κανονισμός. Γίνεται πλέον εύκολα αντιληπτό ότι η ενεργειακή επιθεώρηση με

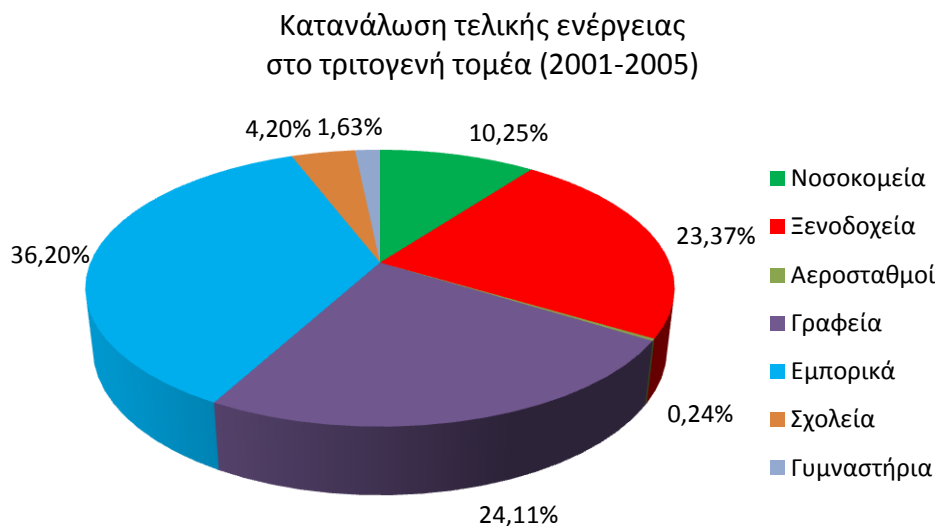
σκοπό την αύξηση της απόδοσης στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα είναι απαραίτητη και τα ενεργειακά οφέλη της είναι τεράστια [4,7].

Στον τριτογενή τομέα, οι μεγαλύτερες ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας αφορούν στα κολυμβητήρια ($411,7 \text{ kWh/m}^2$) και τα νοσοκομεία ($406,8 \text{ kWh/m}^2$) και ακολουθούν ξενοδοχεία, αεροσταθμοί, γραφεία, εμπορικά, σχολεία - εκπαιδευτικά ιδρύματα και γυμναστήρια. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ανηγμένες ανά μονάδα επιφάνειας καταναλώσεις ανά τύπο χρήσης κτιρίου.



Διάγραμμα 1.1: Ανηγμένες ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις ανά χρήση κτιρίου [4,7]

Σε επίπεδο συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε επίπεδο τελικής ενέργειας για τη πενταετία 2001-2005 ανά κλάδο, τη μεγαλύτερη συμμετοχή έχει ο εμπορικός τομέας με 36,20%, ενώ ακολουθούν τα κτίρια γραφείων και τα ξενοδοχεία με ποσοστά 24,11% και 23,48% αντίστοιχα.



*Διάγραμμα 1.2: Κατανάλωση τελικής ενέργειας στον τριτογενή τομέα στην Ελλάδα
για τα έτη 2001 – 2005 [4,7]*

Μετά από συγκεκριμένες παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν ως προς τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, τη διείσδυση φυσικού αερίου στην αγορά, του κόστους καυσίμων και άλλων, έχουν προκύψει σημαντικές διαπιστώσεις για την αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας στον τριτογενή τομέα. Ο κλάδος των εμπορικών κτιρίων παρουσιάζει συνολικά το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης (44% του συνόλου της εξοικονόμησης του τριτογενούς τομέα) και ακολουθεί ο κλάδος των ξενοδοχείων (24% του συνόλου της εξοικονόμησης του τριτογενούς τομέα).

Οι καταναλώσεις με το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης είναι η θέρμανση χώρων (70% της εξοικονόμησης), ο φωτισμός (15% της εξοικονόμησης) και η ψύξη χώρων (13% της εξοικονόμησης).

Στη θέρμανση χώρων μια εξοικονόμηση της τάξης 0.6TWh συνολικά στον τριτογενή τομέα, μπορεί να προκύψει από την χρήση τεχνολογιών βελτίωσης τους κελύφους (μονώσεις, υαλοπίνακες), ενώ ήδη παρατηρείται εισαγωγή τεχνολογιών φυσικού αερίου. Σε μικρότερο βαθμό παρατηρείται σημαντική διείσδυση αντλιών θερμότητας που παράγουν ταυτόχρονα ψύξη χώρων, και ζεστό νερό, καθώς και διείσδυση της τηλεθέρμανσης. Επίσης παρατηρείται διείσδυση της συμπαραγωγής με χρήση φυσικού αερίου και LPG για την κάλυψη θερμικών – ηλεκτρικών φορτίων κυρίως σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία και αγροτικές μονάδες.

Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό, το 16% του δυναμικού εξοικονόμησης στο φωτισμό αντιστοιχεί στα ξενοδοχεία και 14% στα κτίρια του εμπορικού τομέα. Ιδιαίτερα διαδεδομένοι είναι οι λαμπτήρες νέων τεχνολογιών, από φθορισμού με ηλεκτρονικό ballast έως τύπου led, και η υιοθέτηση αυτοματισμών μικρής κλίμακας (αισθητήρες κίνησης και ροοστάτες).

Για την ψύξη χώρων, η δυνατότητα εξοικονόμησης προέρχεται από τη διείσδυση νέων ηλεκτρικών τεχνολογιών καλύτερης απόδοσης, καθώς και αντλιών θερμότητας. Σημαντικές δυνατότητες εμφανίζουν και τα συστήματα απορρόφησης για παραγωγή ψύξης από θερμό μέσο. Στις κουζίνες - μαγειρεία η εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με διείσδυση πιο αποδοτικών συσκευών και τη χρήση φυσικού αερίου, ενώ για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης παρατηρείται κυρίως διείσδυση ηλιακών συστημάτων [1,5].

1.2 Ενέργεια και Ξενοδοχεία

Ο ελληνικός τουρισμός αποτελεί το μεγαλύτερο κεφάλαιο της εθνικής οικονομίας, συνεισφέροντας στο ΑΕΠ κατά 18% και δημιουργώντας περίπου 850.000 θέσεις εργασίας. Σήμερα λειτουργούν 9.723 ξενοδοχεία σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια, τα οποία έχουν συνολικά 397.660 δωμάτια και δυναμικότητα 763.407 κλινών (Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο, 2010). Ποσοστό 60 με 70% των μονάδων ελέγχεται από μεγάλους ξενοδοχειακούς ομίλους, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό περιλαμβάνει μικρότερα ξενοδοχεία. Σε γεωγραφική κατανομή, το μεγαλύτερο ποσοστό ξενοδοχειακών κλινών βρίσκεται στην Κρήτη με ποσοστό 21% επί του συνόλου των κλινών, και ακολουθούν τα Δωδεκάνησα με ποσοστό 17% και η Μακεδονία με 14% [4].

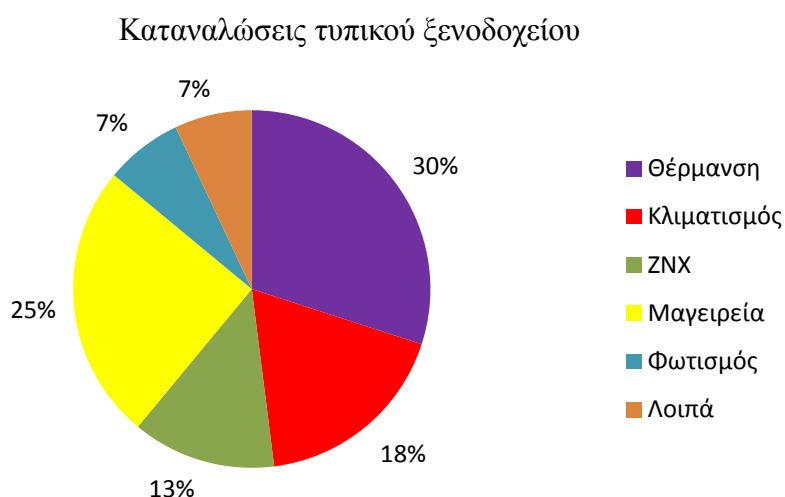
Σύμφωνα με έρευνα της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, ο ξενοδοχειακός κλάδος βρισκόταν ως το 2009 σε διαρκή ανοδική πορεία. Πιο συγκεκριμένα, ο κύκλος εργασιών των ξενοδοχείων για το 2006, αυξήθηκε κατά 5,8% και διαμορφώθηκε σε 2,69 δις. € από 2,54 δις. € που ήταν το 2005. Το 75,7% των επιχειρήσεων ενίσχυσε τον κύκλο εργασιών σε σχέση με την προηγούμενη χρήση. Το 2007 αποτέλεσε ένα ακόμα θετικό για την εγχώρια τουριστική δραστηριότητα έτος, με βελτίωση της τάξης του 6-7% σε όρους αεροπορικών αφίξεων, τη στιγμή που η αντίστοιχη μεταβολή σε παγκόσμια κλίμακα ήταν περίπου 4%, με βάση δεδομένα του Παγκόσμιου Οργανισμού Τουρισμού. Όμως, ενώ υπάρχει η επιδίωξη για συνεχή βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, παράλληλα με σημαντικές δράσεις στήριξης αυτών των προσπαθειών, η πλειοψηφία των ξενοδοχειακών μονάδων εξακολουθεί να εμφανίζει χαμηλές επιδόσεις στον τομέα της ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης. Η συντριπτική πλειονότητα (65,8%) είναι ξενοδοχεία κλασσικού τύπου, κατηγορίας 2 (45,9%) και 3 αστέρων (22,6%). Το 56% των ξενοδοχείων λειτουργούν εποχικά και έχουν κατά μέσο όρο 76 κλίνες ανά μονάδα. Η άνοδος του επιπέδου εξυπηρέτησης και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών αποτελεί βασικό στόχο της τουριστικής πολιτικής. Μια τέτοια αντίληψη εντάσσει την τουριστική ανάπτυξη παράλληλα σε έναν στρατηγικό περιβαλλοντικό σχεδιασμό, που στοχεύει στην ορθολογική χρήση και διαχείριση των φυσικών πόρων, στην προστασία από τη ρύπανση του περιβάλλοντος και στην αξιοποίηση των ήπιων πηγών ενέργειας [8].

Η κατανάλωση ενέργειας στα ξενοδοχεία είναι από τις υψηλότερες στον τομέα των μη-οικιστικών κτιρίων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ετήσια κατανάλωση ενός ξενοδοχείου στην Ιταλία ανέρχεται σε 215 kWh/m², στην Ισπανία σε 287 kWh/m², στη Γαλλία σε 420 kWh/m², στην

Κύπρο σε 272,6 kWh/m², στην Πορτογαλία σε 296,4 kWh/m², στην Ελλάδα σε 273 kWh/m², και στο Χόνγκ-Κόνγκ σε 564 kWh/m² [4,9].

Η συνήθης ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα ελληνικά ξενοδοχεία είναι 273 kWh/m², που προέρχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο και από την ενέργεια που παράγεται επιτόπου στις εγκαταστάσεις του κτιρίου. Η τελευταία δεν βαρύνεται με απώλειες μεταφοράς, ενώ προκαλεί τοπική ρύπανση λόγω της καύσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου για παραγωγή θερμότητας. Οι υψηλές ενεργειακές ανάγκες δικαιολογούνται από το γεγονός ότι τα απαιτούμενα επίπεδα άνεσης και πολυτέλειας επιβάλλουν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την επίτευξη τους, σε συνδυασμό με την ανελαστικότητα ως προς τις απαιτήσεις των χρηστών και τη λειτουργία κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ημέρας και ολόκληρου το έτους. Τα μεγέθη αυτά καταδεικνύουν την ανάγκη για λήψη μέτρων στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας στον ξενοδοχειακό τομέα, και τη δυναμική της συγκεκριμένης αγοράς.

Στα ξενοδοχεία, οι διάφοροι τομείς (χώροι και αντίστοιχες δραστηριότητες) που καταναλώνεται ενέργεια είναι αυτοί της θέρμανσης και του κλιματισμού με 48% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας (ποσοστά 30% και 18% αντίστοιχα), της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης με 13%, του φωτισμού με 7%, των μαγειρείων με 25% και ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 7% σε διάφορες άλλες δραστηριότητες, κυρίως μέσω ηλεκτρικών μικροσυσκευών [4,5].



Διάγραμμα 1.3: Ανάλυση ενεργειακών καταναλώσεων σε ένα τυπικό ξενοδοχείο [International Energy Agency, 2010], [4,5]

Τα μεγέθη αυτά μεταβάλλονται τόσο για το ίδιο το ξενοδοχείο, ανάλογα με την εποχή και την πληρότητα, όσο και για διαφορετικές μονάδες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το 45% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται καλύπτει πάγιες ανάγκες των ξενοδοχειακών μονάδων. Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις όπου το πάγιο ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται για τη θέρμανση των χώρων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μεταβαλλόμενο ποσό. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η μελέτη κάθε ξενοδοχειακής μονάδας ξεχωριστά.

Παρά τον ενεργοβόρο χαρακτήρα τους, μόλις το 3% έως 9% του λειτουργικού κόστους των ελληνικών ξενοδοχείων αντιστοιχεί στην ενέργεια, με πιο ενεργοβόρους τομείς αυτούς της θέρμανσης, του κλιματισμού, των διεργασιών παρασκευής τροφίμων και του ζεστού νερού [8]. Λιγότερη ενέργεια καταναλώνουν οι τομείς φωτισμού και των πλυντηρίων. Η θερινή περίοδος αιχμής για τα ξενοδοχεία συμπίπτει χρονικά με την κορύφωση της ζήτησης ηλεκτρισμού από το δίκτυο, δημιουργώντας επιπρόσθετα ζητήματα στην αξιοπιστία των παρεχόμενων υπηρεσιών. Για το σύνολο των λειτουργιών ενός ξενοδοχείου απαιτείται κατανάλωση περίπου 75% ηλεκτρικής και 25% θερμικής ενέργειας. Η μεγάλη συμμετοχή της ηλεκτρικής σε σχέση με τη θερμική οφείλεται στο γεγονός ότι η πλειονότητα των ξενοδοχειακών μονάδων χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για παραγωγή θερμότητας, όπως η ψύξη χώρων, το ζεστό νερό χρήσης και το μαγείρεμα. Σημειώνεται ότι δεν διατίθενται στοιχεία για ΑΠΕ και συμπαραγωγή [2,10].

Η εξοικονόμηση η οποία μπορεί να επιτευχθεί σε όλους αυτούς τους τομείς, κατόπιν μελέτης και εφαρμογής συγκεκριμένων λύσεων ανά περίπτωση, είναι υπολογίσιμη. Έρευνες έχουν δείξει ότι κατά περίπτωση υπάρχει στο ξενοδοχειακό κλάδο δυναμική για εξοικονόμηση 5 έως 30% στον κλιματισμό, 40 έως 70% στην παραγωγή ζεστών νερών χρήσης και θέρμανσης, και 7 έως 60% στον φωτισμό [4,11].

Με παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου (π.χ., μονώσεις στην τοιχοποιία και την οροφή), στον φωτισμό και την ψύξη-θέρμανση (όπως λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, «αισθητήρες», «πράσινες» οροφές), αλλά και στον περιβάλλοντα χώρο του ξενοδοχείου (αυτόματος φωτισμός ανάλογα με τη φωτεινότητα), θα μπορούσε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 5%- 40%.

Ένα κύριο χαρακτηριστικό των κτιρίων των ελληνικών ξενοδοχειακών μονάδων είναι η παλαιότητα τους, καθώς η πλειοψηφία αυτών έχει κατασκευαστεί κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1960 και 1970 και η διαδικασία αντικατάστασης τους είναι ιδιαίτερα αργή. Τα ξενοδοχεία έχουν βαρύνουσα σημασία λόγω της αυξημένης ενεργειακής κατανάλωσης που

παρουσιάζουν. Η κατανάλωση ενέργειας στα ξενοδοχεία, ευθύνεται για το 10% της συνολικής κατανάλωσης της χώρας και είναι από τις μεγαλύτερες, σε ανηγμένες τιμές (kWh/m² έτος) σε ολόκληρο τον κτιριακό τομέα. Αυτή είναι αποτέλεσμα ενός συνόλου χαρακτηριστικών που τα καθιστούν ιδιαίτερα ως κτίρια [8].

Συγκεντρωτικά, έρευνες έχουν δείξει για τον ξενοδοχειακό κλάδο στην Ελλάδα ότι:

- τα περισσότερα ξενοδοχεία είναι κατασκευασμένα πριν το 1980
- δεν διαθέτουν καθόλου ή μόνο πλημμελή θερμομόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία. Εκτός από τα ξενοδοχεία 5 αστέρων τα υπόλοιπα σπάνια διαθέτουν θερμομόνωση στην οροφή
- με ελάχιστες εξαιρέσεις μόνο τα ξενοδοχεία 5 αστέρων διαθέτουν κεντρικό σύστημα κλιματισμού
- μόνο το 12% των ξενοδοχείων διαθέτουν συστήματα διαχείρισης που να μπορούν να αξιοποιηθούν και για τη διαχείριση ενέργειας (BEMS)
- μόνο το 10% χρησιμοποιούν εναλλακτικές μορφές ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- χρησιμοποιούνται όλες οι μορφές λαμπτήρων για φωτισμό και όχι μόνο λαμπτήρες ενεργειακής απόδοσης, αν και οι τελευταίοι κερδίζουν συνεχώς έδαφος
- διαθέτουν χώρους πολλαπλών και διαφορετικών χρήσεων με διαφορετικό ενεργειακό προφίλ
- η πληρότητα εμφανίζει μεγάλη διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους, γι' αυτό πολλές μονάδες λειτουργούν εποχιακά
- η συμπεριφορά των χρηστών ποικίλει.

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα ξενοδοχεία της Νότιας Ευρώπης, ανάλογα με τη δυναμικότητα του ξενοδοχείου και τις παροχές του προς τους ενοίκους μπορεί να προσδιορίσει προσεγγιστικά την ενεργειακή απόδοσή του. Έρευνα στην οποία μετείχαν η Ακαδημία Αθηνών και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο το 2006 κατηγοριοποίησε τις ξενοδοχειακές μονάδες της Νότιας Ευρώπης σε τρεις ευρείες κατηγορίες και κατένειμε την ενεργειακή συμπεριφορά τους ανάλογα με την κατανάλωση ηλεκτρισμού και καυσίμων ανά τετραγωνικό στεγασμένου χώρου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας που

προέκυψε από την έρευνα, με τα όρια των καταναλώσεων που προσδιορίζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων στην Νότια Ευρώπη [1,12].

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΩΝ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΕΥΡΩΠΗ				
	ΚΑΛΗ	ΑΡΚΕΤΑ ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ
Μεγάλα ξενοδοχεία (> 150 δωμάτια) με κλιματισμό, πλυντήριο και εσωτερική πισίνα				
Μορφή ενέργειας				
Ηλεκτρισμός [kWh/m ² .έτος]	<165	165-200	200-250	>250
Καύσιμο [kWh/m ² .έτος]	<200	200-240	240-300	>300
Σύνολο [kWh/m ² .έτος]	<365	365-440	440-550	>550
Μεσαίου μεγέθους ξενοδοχεία (50-150 δωμάτια) με θέρμανση και κλιματισμό σε κάποιους χώρους, χωρίς πλυντήριο				
Μορφή ενέργειας				
Ηλεκτρισμός [kWh/m ² .έτος]	<70	70-90	90-120	>120
Καύσιμο [kWh/m ² .έτος]	<190	190-230	230-260	>260
Σύνολο [kWh/m ² .έτος]	<260	260-320	320-380	>380
Μικρού μεγέθους ξενοδοχεία (4-50 δωμάτια) με θέρμανση και κλιματισμό σε κάποιους χώρους, χωρίς πλυντήριο				
Μορφή ενέργειας				
Ηλεκτρισμός [kWh/m ² .έτος]	<60	60-80	80-100	>100
Καύσιμο [kWh/m ² .έτος]	<180	180-210	210-240	>240
Σύνολο [kWh/m ² .έτος]	<240	240-290	290-340	>340

Πίνακας 1.1: Ενεργειακοί δείκτες για ξενοδοχεία της Νότιας Ευρώπης

1.3 Νομικό Πλαίσιο για την Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια

Η έννοια της εξοικονόμησης της ενέργειας ταυτίζεται με αυτή της ορθολογικής και αποδοτικής της χρήσης. Απώτερο στόχο αποτελεί η βελτιστοποίηση του επιπέδου διαβίωσης και μπορεί να επιτευχθεί, μεταξύ άλλων, μέσω της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης, ώστε να κινηθούμε προς την κατεύθυνση της καταπολέμησης της κατασπατάλησης της ενέργειας, της εξοικονόμησης ενεργειακών και οικονομικών πόρων, της προστασίας του περιβάλλοντος και της ανάσχεσης των φαινομένων και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Η πιο πρόσφατη Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2012/27/ΕΕ) για την ενεργειακή απόδοση θέτει ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης εντός της Ένωσης, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της εξοικονόμησης κατά 20% μέχρι το 2020. Αυτή πρέπει να μεταφερθεί στο εθνικό δίκαιο μέχρι τις 05.06.2014.

Σε εθνικό επίπεδο, έχει τεθεί στόχος εξοικονόμησης ενέργειας ύψους 9% μέχρι το 2016, συνοδευόμενος από εγκεκριμένο από την Ευρωπαϊκή Ένωση Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα. Γενικότερα έχει αναπτυχθεί πλέον στην Ελλάδα ένα ολοκληρωμένο νομικό πλαίσιο αναφορικά με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας, το οποίο συγκροτείται κυρίως από τα νομοθετικά κείμενα που παρουσιάζονται παρακάτω. Το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο χαρακτηρίζεται ως ώριμο και ευνοϊκό για την ανάπτυξη τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Ειδικότερα, μέσω της ένταξης σε προγράμματα που δρομολογούνται τόσο μέσω ΕΣΠΑ όσο και δια του Αναπτυξιακού Νόμου, δύναται να ενισχυθούν τέτοιου είδους επιχειρηματικές κινήσεις.

Ν. 3661/2008: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις»

Ο νόμος ενσωματώνει στο ελληνικό δίκαιο τις διατάξεις της οδηγίας 2002/91/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων». Ορίζει την υποχρέωση να αξιολογούνται τα κτίρια της κάθε χώρας - μέλους με βάση την ενεργειακή τους απόδοση και να τους αποδίδεται ένα ενεργειακό πιστοποιητικό. Ως «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου» ορίζεται η «ποσότητα της ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή θερμού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το

φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση του κτιρίου σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου».

Επίσης, για τα νέα κτίρια γίνεται υποχρεωτικό να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχουν μια ορισμένη ελάχιστη ενεργειακή απόδοση. Την ενεργειακή αξιολόγηση των κτιρίων πραγματοποιούν ειδικευμένοι ενεργειακοί επιθεωρητές, εγγεγραμμένοι σε ειδικό επαγγελματικό μητρώο που έχει δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό. Οι ενεργειακοί επιθεωρητές αναλαμβάνουν τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων στα προς μελέτη κτίρια και εκδίδουν τα αντίστοιχα πιστοποιητικά, στα οποία θα αναγράφονται η απόδοση του κτιρίου ή των επιμέρους εγκαταστάσεών του, και οι προτεινόμενες παρεμβάσεις για τη βελτίωσή της. Οι αντίστοιχες μελέτες και αξιολογήσεις προβλέπεται ότι θα γίνονται βάσει του «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων».

«Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – Κ.ΕΝ.Α.Κ.» και συνοδευτικές Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου (ΤΟΤΕΕ 20701 - ΦΕΚ 407/2010)

Η απόφαση αυτή διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ειδικότερα, ως σκοπός της ορίζεται η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. ορίζεται η μεθοδολογία υπολογισμού των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων, της ενεργειακής απόδοσης τους και οι κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη τους. Για τα νέα κτίρια καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές

των Η/Μ εγκαταστάσεων. Τέλος, ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων και η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου.

Για την υποστήριξη της εφαρμογής του Κ.ΕΝ.Α.Κ. το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος συνέταξε τέσσερις (4) Τεχνικές Οδηγίες (ΤΟΤΕΕ), οι οποίες εγκρίθηκαν με την οικ. 17178/2010 Απόφαση Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β' 1387). Είναι οι εξής:

- α) ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
- β) ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»
- γ) ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»
- δ) ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010: «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων

«Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού» (ΠΔ 100 - ΦΕΚ 177 Α'/2010)

Σκοπός του προεδρικού διατάγματος αυτού είναι ο καθορισμός των προσόντων και του εξοπλισμού των επιθεωρητών κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων κλιματισμού, των κανόνων και των αρχών που διέπουν την εκτέλεση του έργου τους, και την εκπαίδευση, αξιολόγηση και πιστοποίηση τους. Οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές κατατάσσονται σε τρεις (3) κατηγορίες:

- (α) Ενεργειακοί Επιθεωρητές Κτιρίων,
- (β) Ενεργειακοί Επιθεωρητές Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και
- (γ) Ενεργειακοί Επιθεωρητές Εγκαταστάσεων Κλιματισμού.

Διατηρείται ηλεκτρονική βάση τόσο για τους Αδειοδοτημένους Ενεργειακούς Επιθεωρητές, όσο και για τις εγκαταστάσεις που έχουν λάβει Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.

Ν. 3468/2006: «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»

Ενσωματώνεται στο ελληνικό δίκαιο η κοινοτική νομοθεσία για την προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μονάδες Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).

Βασικές ρυθμίσεις του νόμου είναι ότι επιτρέπεται σε ιδιώτες η δημιουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρισμού με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή συμπαραγωγή, αλλά απαιτεί κατάλληλη αδειοδότηση από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας και το Υπουργείο Περιβάλλοντος. Οι σταθμοί κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την τεχνολογία και την ισχύ τους και καθορίζεται η διαδικασία αδειοδότησης των αντίστοιχων επενδύσεων. Ο εκάστοτε παραγωγός υπογράφει σύμβαση αγοραπωλησίας για την ενέργεια με το Διαχειριστή του Δικτύου (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.). Η προβλεπόμενη διάρκεια τότε ήταν τα δέκα (10) έτη με δικαίωμα ανανέωσης για άλλα δέκα (10) έτη, ενώ αργότερα η διάρκεια της σύμβασης ορίστηκε απευθείας στα είκοσι (20) έτη. Στον ίδιο νόμο ορίστηκαν οι τιμές πώλησης της ενέργειας από κάθε μονάδα, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και την ισχύ της.

Ν. 3851/2010: «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»

Αποτέλεσε τη βασικότερη τροποποίηση του νόμου 3468/2006, απλοποιώντας σημαντικά την αδειοδότηση των έργων Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. Μεταξύ άλλων περιλαμβάνει στους στόχους της εθνικής ενεργειακής πολιτικής τα εξής:

- α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%
- β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%
- γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%
- δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%

Ν.3855/2010: «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις»

Ενσωματώνει στο ελληνικό δίκαιο την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/32/EK «Για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες», η οποία προωθεί την εφαρμογή μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού τομέα και υποστηρίζει την εφαρμογή της οδηγίας 2002/91/EK. Αποσκοπεί στην οικονομικά αποτελεσματική βελτίωση της

ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση ενέργειας και στην ανάπτυξη αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού:

- α) καθορίζονται εθνικοί στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας, θεσπίζεται το απαραίτητο θεσμικό και νομικό πλαίσιο και προβλέπονται τα αντίστοιχα χρηματοοικονομικά μέσα για την επίτευξη των στόχων αυτών, παρέχονται τα κατάλληλα κίνητρα και προβλέπονται οι αναγκαίοι μηχανισμοί ενεργειακής απόδοσης για την άρση των φραγμών και των ατελειών της αγοράς που παρεμποδίζουν την αποδοτική τελική χρήση της ενέργειας και
- β) δημιουργούνται οι συνθήκες για την ανάπτυξη και την προώθηση της αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών και άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στον τελικό καταναλωτή

Για την περίοδο μέχρι το τέλος του έτους 2016 θεσπίζεται εθνικός ενδεικτικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας, σε ποσοστό 9% της μέσης ετήσιας τελικής ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς, η οποία προκύπτει από το μέσο όρο της ετήσιας εγχώριας τελικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά την πενταετία 2001-2005, χωρίς προσαρμογή για βαθμομέρες, διαρθρωτικές αλλαγές ή μεταβολές παραγωγής.

Οι ενεργειακοί έλεγχοι σχεδιάζονται για να εντοπίζουν δυνητικά μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και εφαρμόζονται κατά ανεξάρτητο τρόπο σε όλους τους τελικούς καταναλωτές, συμπεριλαμβανομένων των μικρών οικιακών και εμπορικών πελατών και των μικρομεσαίων πελατών του βιομηχανικού τομέα.

Ν. 3889/2010: «Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες διατάξεις»

Σκοπός του είναι η καθιέρωση ενός ολοκληρωμένου και ειδικού συστήματος χρηματοδότησης περιβαλλοντικών παρεμβάσεων, με στόχο την ενίσχυση της ανάπτυξης μέσω της προστασίας του περιβάλλοντος και την αποτελεσματική και διαφανή διαχείριση των πόρων για την αναβάθμιση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Το σύστημα χρηματοδότησης περιλαμβάνει τη θεσμοθέτηση της Στρατηγικής Επιτροπής Περιβαλλοντικής Πολιτικής, τη διασφάλιση, εξειδίκευση, ταξινόμηση και συστηματοποίηση των πόρων που διατίθενται για την προστασία, αναβάθμιση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος και την αναδιάρθρωση και οργάνωση του φορέα διαχείρισης των πόρων αυτών, ο οποίος είναι το νομικό πρόσωπο δημοσίου δικαίου με τον επωνυμία «Πράσινο Ταμείο». Σκοπός του είναι η ενίσχυση της ανάπτυξης μέσω της προστασίας του

περιβάλλοντος με τη διαχειριστική, οικονομική, τεχνική και χρηματοπιστωτική υποστήριξη προγραμμάτων, μέτρων, παρεμβάσεων και ενεργειών που αποβλέπουν στην ανάδειξη και αποκατάσταση του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, η στήριξη της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ελλάδας και η εξυπηρέτηση του δημόσιου και κοινωνικού συμφέροντος μέσω της διοίκησης, διαχείρισης και αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων.

N. 4122/2013: «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις»

Με τις διατάξεις του Ν.4122/2013 εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ, η οποία αντικατέστησε την προγενέστερη Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, που ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με το Ν.3661/2008.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

2.1 Διαδικασία Ενεργειακής Αξιολόγησης

Ο όρος «ενεργειακή επιθεώρηση» χρησιμοποιείται γενικά για την περιγραφή μίας συστηματικής διαδικασίας που στοχεύει στην απόκτηση επαρκούς γνώσης γύρω από το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής μονάδας. Αυτή έχει, επίσης, στόχο τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των οικονομικά αποδοτικών δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας στην εν λόγω μονάδα. Έτσι, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις είναι αποφασιστικής σημασίας για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και για την εξασφάλιση των στόχων της Ενεργειακής Διαχείρισης [1,13,14].

Σε μία ενεργειακή επιθεώρηση κύριος στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ το σημείο ενδιαφέροντος είναι η κατανάλωση της ενέργειας και οι αντίστοιχες δυνατότητες εξοικονόμησης. Μπορεί να υπάρχουν και άλλες πτυχές προς θεώρηση (κατάσταση εξοπλισμού, περιβάλλον), αλλά το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως στα ενεργειακά κέρδη και παράγονται αναφορές σχετικά με τα δυνατά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Το έργο που εκτελείται μπορεί να καλύψει όλες τις ενεργειακές χρήσεις μίας εγκατάστασης ή συγκεκριμένα περιορισμένα τμήματα (συστήματα, εξοπλισμός) πολλών εγκαταστάσεων (= οριζόντια επιθεώρηση). Τέλος, αναφέρεται ότι η ενεργειακή επιθεώρηση δεν είναι μία μεμονωμένη δράση, αλλά θα πρέπει να επαναλαμβάνεται περιοδικά.

Αναλόγως της πληρότητας των συλλεγόμενων στοιχείων, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διακρίνονται σε δύο τύπους, τις Συνοπτικές και τις Εκτενείς. Στις συνοπτικές ενεργειακές επιθεωρήσεις αποτιμάται η ενεργειακή κατανάλωση και τα σχετικά κόστη με βάση τους ενεργειακούς λογαριασμούς - τιμολόγια και μία σύντομη αυτοψία του χώρου. Καθορίζονται αρχικά μέτρα μικρού κόστους με βραχυπρόθεσμη αποπληρωμή, καθώς επίσης προτείνεται ένας κατάλογος με άλλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες συχνά απαιτούν σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίου. Οι εκτενείς και διαγνωστικές ενεργειακές επιθεωρήσεις απαιτούν την λεπτομερέστερη καταγραφή και ανάλυση των στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης και άλλων συναφών στοιχείων της επιθεωρούμενης μονάδας. Η ενεργειακή κατανάλωση αναλύεται στις επιμέρους τελικές χρήσεις της (π.χ. θέρμανση, ψύξη, διάφορες

διεργασίες, φωτισμός, κ.λπ.) και παρουσιάζονται και αναλύονται οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις τελικές χρήσεις (π.χ. παραγωγική ικανότητα ή ικανότητα παροχής υπηρεσιών, κλιματικές συνθήκες, χαρακτηριστικά πρώτων υλών, κ.λπ.). Με αυτόν το τρόπο, προσδιορίζονται τόσο τα συνολικά οφέλη όσο και το αναλογούν κόστος των πιθανών επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που ικανοποιούν τα κριτήρια και τις απαιτήσεις των διαχειριστών της μονάδας. Παράλληλα, συντάσσεται ένας κατάλογος με τις δυνατές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούν την επένδυση σημαντικού κεφαλαίου για να πραγματοποιηθούν, αλλά και πληρέστερη συλλογή και επεξεργασία σχετικών στοιχείων, μαζί με μια αναλυτική εκτίμηση οφέλους - κόστους για αυτές.

Η ενεργειακή επιθεώρηση βασίζεται στη δυνατότητα διακριτής εξέτασης των επιμέρους ενεργειακών εγκαταστάσεων-συστημάτων, αλλά και του κτιριακού κελύφους. Η πλήρης διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα τρία στάδια καταγραφής και διάγνωσης:

1ο Στάδιο: Σχεδιασμός ενεργειακής επιθεώρησης: Συλλογή πρωτογενών στοιχείων και προκαταρκτική ανάλυση ενεργειακών δεδομένων.

Στο στάδιο αυτό θα πρέπει αρχικά να συλλεχθούν πληροφορίες και δεδομένα σχετικά με την υφιστάμενη και παρελθούσα ενεργειακή εικόνα, την κατασκευή και τη χρήση του κάθε κτιρίου-μονάδας. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συλλεχθούν με τη βοήθεια ενός δομημένου συνοπτικού εντύπου-ερωτηματολογίου, το οποίο συμπληρώνεται μετά την πρώτη επαφή του Υπεύθυνου για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης με τη διοικητική αρχή του κτιρίου-μονάδας, για την ανάθεση της εκτέλεσης της επιθεώρησης. Βάση για τη συμπλήρωση του εντύπου αυτού αποτελούν οι πληροφορίες που προέρχονται από τους τεχνικούς και διοικητικούς υπεύθυνους του κτιρίου-μονάδας, καθώς και τα υπάρχοντα σχετικά στοιχεία (λογαριασμοί και τιμολόγια καυσίμων, σχέδια, μελέτες και κατάλογοι αρχείου, καταγραφές μετρήσεων και ενδείξεων κ.λπ.). Η προκαταρκτική ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων θα πρέπει να οδηγήσει στον προσδιορισμό της διαχρονικής τάσης και της μηνιαίας διακύμανσης της συνολικής κατανάλωσης και του κόστους ενέργειας στο εξεταζόμενο κτίριο-μονάδα, τα οποία αρχικά υποδηλώνουν το ενεργειακό του προφίλ. Τα πρώτα αυτά ενεργειακά δεδομένα που συλλέγονται θα πρέπει, επίσης, να οδηγήσουν στην πρώτη προσέγγιση του επιμερισμού της ενεργειακής κατανάλωσης σε κάθε περιοχή και υποσύστημα του κτιρίου-μονάδας. Έτσι, τελικά, εκφράζεται για πρώτη φορά το γενικό ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου-μονάδας. Στο τέλος του σταδίου αυτού, ο Υπεύθυνος για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης μπορεί να συντάξει ένα

πρώτο κατάλογο με τις πιθανές για το συγκεκριμένο κτίριο-μονάδα δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, με βάση και τις απαιτήσεις της ιδιοκτησίας-διαχείρισής του για τυχόν κατηγορίες επεμβάσεων ή εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας που πρέπει να εξαιρεθούν.

2ο Στάδιο: Επιτόπια συνοπτική Ενεργειακή Επιθεώρηση

Το στάδιο αυτό συνίσταται στον επιτόπιο ποιοτικό, κυρίως, έλεγχο του κελύφους και των Η/Μ εγκαταστάσεων του κτιρίου, καθώς και στην καταγραφή των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των δομικών κατασκευών και του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων σε ειδικό έντυπο - ερωτηματολόγιο. Η καταγραφή αυτή, σε συνδυασμό με ενδεικτικές στιγμιαίες μετρήσεις, βοηθά στον καλύτερο επιμερισμό των ενεργειακών χρήσεων και, επομένως, του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου. Η διαδικασία αυτή, σε συνδυασμό με τις προτάσεις του προηγούμενου σταδίου, συνεπάγεται τον τελικό προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας με μέτρα νοικοκυρέματος, καθώς και με επεμβάσεις χαμηλού κόστους και άμεσης εφαρμογής, που δεν απαιτούν ειδική οικονομική αξιολόγηση μέσω σχετικών ενεργειακών μελετών. Επίσης, συνεπάγεται τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε επιμέρους περιοχές και συστήματα, για περαιτέρω διερεύνηση αυτών σε επόμενη φάση από ειδικούς συμβούλους ή από τα ίδια τα στελέχη διαχείρισης της μονάδας, εάν αυτό είναι εφικτό. Αυτές οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει να χωρισθούν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με το ενεργειακό τους δυναμικό για το συγκεκριμένο κτίριο (υψηλό, μέσο, χαμηλό).

3ο Στάδιο: Επιτόπια λεπτομερής Ενεργειακή Επιθεώρηση

Συνίσταται στη συλλογή μέσω επιτόπιων αναλυτικών μετρήσεων και την ανάλυση των απαραίτητων δεδομένων, καθώς και στην πλήρη εξέταση τμημάτων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου-μονάδας, που θα επιτρέψουν τη σύνταξη του πλήρους τελικού ενεργειακού ισοζυγίου του. Αυτή η διαδικασία θα επιτρέψει, επίσης, την ορθή τεχνοοικονομική αξιολόγηση μιας ή περισσότερων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, με επενδύσεις μέσου και υψηλού αρχικού κόστους, σε συγκεκριμένο ενεργειακό υποσύστημα, μέσω σχετικής ειδικής μελέτης. Η διαδικασία της Ενεργειακής Επιθεώρησης ολοκληρώνεται με την παρουσίαση όλων των προτάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο ή την μονάδα, υπό τη μορφή μιας συνοπτικής τεχνοοικονομικής έκθεσης από τον υπεύθυνο για την εκτέλεσή της προς την διοίκηση-διαχείριση του κτιρίου, του συγκροτήματος ή της μονάδας.

Σε γενικές γραμμές, οι τυπικές απαιτήσεις για τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- προσωπικό με σχετική γνώση και εμπειρία στο αντικείμενο
- διάθεση χρόνου για τη διενέργεια των δράσεων που απαιτούνται
- τεχνικός εξοπλισμός για τις απαραίτητες μετρήσεις
- οικονομική δυνατότητα για την κάλυψη των παραπάνω, καθώς επίσης για την υλοποίηση των όποιων προτάσεων,
- τεχνικές και λειτουργικές πληροφορίες για τα κτίρια, τις εγκαταστάσεις ή τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Ο χρόνος που απαιτείται για τη διενέργεια μίας ενεργειακής επιθεώρησης εξαρτάται από την διαθεσιμότητα ή μη των ενεργειακών στοιχείων, το μέγεθος της εγκατάστασης και την πολυπλοκότητα των συστημάτων του εξοπλισμού. Μία συνοπτική επιθεώρηση μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε λίγες μόνο ώρες για μία απλή εγκατάσταση για την οποία υπάρχουν άμεσα διαθέσιμα στοιχεία. Σε πιο περίπλοκες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστεί μία εβδομάδα (ή και παραπάνω) μόνο για την ανάλυση των λογαριασμών και των άλλων στοιχείων. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες για τον καθορισμό του χρόνου που θα πρέπει να διαρκέσει μία επιτόπια επιθεώρηση.

Ο χρόνος θα ανταποκρίνεται στην πολυπλοκότητα του χώρου, στη διαθεσιμότητα των στοιχείων και στο κόστος που μπορεί να δικαιολογηθεί. Μία εκτίμηση μπορεί να γίνει εάν ληφθούν υπ' όψιν τα επιμέρους στοιχεία που χρειάζεται να εξεταστούν. Για τις μεγαλύτερες μονάδες αυτού του είδους μπορεί να απαιτηθεί το ισοδύναμο ενός έτους για να επιθεωρηθούν εκτενώς ή, κατά προτίμηση, μία μικρή ομάδα επιθεωρητών, για την επίτευξη μικρότερης περιόδου επιθεώρησης. Η συνοπτική επιθεώρηση ενός μικρού κτιρίου μπορεί να ολοκληρωθεί κατά τη διάρκεια μίας ημέρας από ένα μόνο άτομο. Είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα χρόνου τόσο σε αυτούς που διενεργούν την επιθεώρηση, όσο και σε αυτούς που συμβάλλουν κατά άλλους τρόπους σε αυτή, είτε με την παροχή πληροφοριών, είτε απλά έχοντας το ρόλο του συνοδού. Ακόμα και στην περίπτωση ύπαρξης εξωτερικής βοήθειας, η παρουσία στελεχών της υπό επιθεώρηση εγκατάστασης είναι πάντα απαραίτητη. Όσο καλύτερη είναι η συνεργασία μεταξύ αυτών, τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα της επιθεώρησης. Ως εκ τούτου, το προσωπικό της επιχείρησης θα πρέπει να ενθαρρύνεται για την όσο το δυνατόν θετικότερη συνεισφορά του.

Όσον αφορά στον μετρητικό εξοπλισμό, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι οι μετρήσεις είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση των ενεργειακών ροών. Η χρήση των μετρήσεων και του σχετικού εξοπλισμού επιτρέπει τη διενέργεια μίας ποσοτικής ανάλυσης αφενός της ενεργειακής χρήσης, αφετέρου της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Με την ευχέρεια στην εφαρμογή και την εμπειρία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, αποκτώνται πολύ περισσότερες πληροφορίες σε σύγκριση με την απλή παρατήρηση των χώρων. Προσοχή επιβάλλεται στη χρήση σωστά βαθμονομημένων οργάνων για την λήψη αξιόπιστων πληροφοριών. Μπορεί να αποκτηθεί άμεσα ή να ενοικιαστεί προσωρινός δοκιμαστικός εξοπλισμός για τις περισσότερες εφαρμογές, όπου υπάρχει σαφής και διαπιστωμένη ανάγκη για ακριβείς μετρήσεις. Μάλιστα, αυτός θα πρέπει να χρησιμοποιείται όσο είναι απαραίτητο για την εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων. Μία σωστή σε εκτέλεση δοκιμή βοηθάει στην αποφυγή παραγωγής μη αναγκαίων δεδομένων προς επεξεργασία, που μπορεί να προέρχονται είτε από υπερβολικό αριθμό μετρήσεων, είτε από υπερβολικά μεγάλο χρονικό διάστημα λήψης μετρήσεων

Οι μετρήσεις που συνήθως απαιτούνται αφορούν τις συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου, την ηλεκτρική ενέργεια, τη διαχείριση του αέρα, το σύστημα σωληνώσεων και τις συνθήκες στο λεβητοστάσιο. Μία συνοπτική επιθεώρηση μπορεί να απαιτήσει τον ελάχιστο δυνατό μετρητικό εξοπλισμό. Αντιθέτως, υπό κανονικές συνθήκες, οι εκτενείς επιθεωρήσεις αναμένεται να περιλαμβάνουν μετρήσεις των κύριων ενεργειακών ροών και αποτίμηση της αποδοτικότητας των κύριων εγκαταστάσεων. Εξάλλου, για μία λεπτομερή αξιολόγηση αυτού του είδους, είναι επίσης απαραίτητες οι αξιόπιστες μετρήσεις των επιφανειών και των όγκων των κτιρίων.

2.2 Επίπεδα Επεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό του και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και συμπληρωματικά μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων.

Ο κατάλληλος και ορθός ενεργειακός σχεδιασμός του κελύφους αφορά στα παθητικά συστήματα ενεργειακού σχεδιασμού και λαμβάνει υπ' όψιν του το γενικό κλιματικό, φυσικό, ενεργειακό και ευρύτερο περιβαλλοντικό υπόβαθρο της περιοχής που πρόκειται να γίνει το έργο σε συνδυασμό με τις κατασκευαστικές και τεχνικές απαιτήσεις του. Ο συγκερασμός των στοιχείων αυτών για να μπορέσει να επιτελέσει αποτελεσματικά το στόχο του πρέπει να ακολουθεί κάποιους θεμελιώδεις και βασικούς κανόνες σχεδιασμού, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση του ενεργειακού αποτυπώματος του κτιρίου. Πρόκειται ουσιαστικά για τις αρχές που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίου. Επιπλέον, στα στοιχεία που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου αξίζει να προστεθεί και ο σημαντικός ρόλος του περιβάλλοντος χώρου, που με κατάλληλη φύτευση και σκίαστρα μπορεί να προσδώσει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός λαμβάνει υπ' όψιν το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα, νερό, έδαφος). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό των κτιρίων. Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης και αποθήκευσης ενέργειας. Στην Ελλάδα τα βιοκλιματικά κτίρια, όπως προκύπτει από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτίρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα χωρίς θερμομόνωση κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%. Βέβαια, εφαρμόζεται κατά την κατασκευή του κτιρίου και αφορά και τη σχεδίαση και τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται. Στην περίπτωση υφιστάμενων κτιρίων, υπάρχουν πολλοί περιορισμοί για την εφαρμογή των βιοκλιματικών αρχών.

Πιο εύκολα βελτιστοποιείται η λειτουργία των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Η υψηλή απόδοση τους προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του, καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν. Επιπλέον, ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Οι δυνατότητες επεμβάσεων στο κέλυφος και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ενός υφιστάμενου κτιρίου, η εφαρμογή των οποίων μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, μπορούν να διακριθούν ανάλογα με την οικονομική αποδοτικότητα και την επίδρασή τους στην καθημερινότητα των ενοίκων / χρηστών. Αυτές κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ενέργειες νοικοκυρέματος: Μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου. Τα μέτρα αυτά, εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου και έχουν συχνά σχέση με την αλλαγή της συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου.
- Επεμβάσεις χαμηλού κόστους: Εφάπαξ επεμβάσεις που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό της διαχείρισης του κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αποπληρώνεται συχνά εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και συνήθως σε λιγότερο από δύο χρόνια.
- Επεμβάσεις ανακατασκευής: Εφάπαξ επεμβάσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμής τους. Οι επεμβάσεις αυτές προϋποθέτουν συχνά ειδική οικονομοτεχνική μελέτη αξιολόγησης.

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια ξενοδοχείων αφορούν στο κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές τους εγκαταστάσεις. Εκτός από τις επεμβάσεις στα πάγια στοιχεία του κτιρίου, σημαντικό ρόλο έχει και η σωστή διαχείριση του κτιρίου, η οποία θα πρέπει να εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Συγκεκριμένα, η ορθολογική χρήση ενός κτιρίου αξιοποιεί όλες τις επεμβάσεις εξοικονόμησης που εφαρμόζονται στο κτίριο και ευθύνεται για το βέλτιστο αποτέλεσμα. Έτσι, οι μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας κατηγοριοποιούνται και βάσει του πεδίου εφαρμογής που αφορούν σε:

- Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου: Περιλαμβάνονται τα δομικά στοιχεία της τοιχοποιίας, τα κουφώματα και τα πάσης φύσεως ανοίγματα, τα σκίαστρα και ο περιβάλλον χώρος.
- Επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα: Τα συστήματα αυτά είναι οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, κλιματισμού, αερισμού, ζεστού νερού χρήσης, φωτισμού και οι υπόλοιπες ηλεκτρικές και υδραυλικές εγκαταστάσεις. Εδώ συμπεριλαμβάνονται και τα συστήματα αξιοποίησης των Α.Π.Ε.
- Δράσεις ορθής ενεργειακής διαχείρισης: Με σωστή ενεργειακή διαχείριση φορτίων μπορεί να επιτευχθεί αποδοτική χρήση της ενέργειας. Επιπλέον, η ομαλή κατανομή των φορτίων που ζητούνται κατά τη διάρκεια της μέρας σε ένα κτίριο εξασφαλίζει την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών και το χαμηλό κόστος ενέργειας και ισχύος.

Τέλος, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, όλα τα παραπάνω συστήματα και κατασκευές διακρίνονται σε :

- Παθητικά, όταν η εγκατάστασή τους και μόνο οδηγεί στην βελτίωση της ενεργητικής συμπεριφοράς του κτιρίου. Τέτοια είναι η θερμομόνωση του κελύφους, η μόνωση των σωληνώσεων, τα σταθερά ανοίγματα για αερισμό, τα σταθερά μέσα σκίασης, η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών και κουφωμάτων εξοικονόμησης ενέργειας
- Ενεργητικά, όταν η λειτουργία γίνεται με αποδοτικό ενεργειακό τρόπο, όπως ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός υψηλής απόδοσης, η ανάκτηση θερμότητας, τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης, οι λαμπτήρες εξοικονόμησης και οι αυτοματισμοί

Στην επόμενη ενότητα καταγράφονται κατανεμημένες στις ανωτέρω κατηγορίες επεμβάσεις με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

2.3 Συνήθειες παρεμβάσεις

Στην παρούσα ενότητα καταγράφονται πιθανές τεχνικές βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης που εφαρμόζονται σε κτιριακές υποδομές, ανεξαρτήτου χρήσης, που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας. Παρουσιάζονται οργανωμένες ανά πεδίο εφαρμογής και ανά επίπεδο κόστους, όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Ανάλογα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τη χρήση του, η συμβολή της κάθε πιθανής παρέμβασης διαφέρει και ως προς την αποδοτικότητα της και ως προς τη δυνατότητα ενσωμάτωσής της στο εκάστοτε κτίριο [1,15,16,17].

2.3.1 Συνήθειες επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

Παρεμβάσεις νοικοκυρέματος:

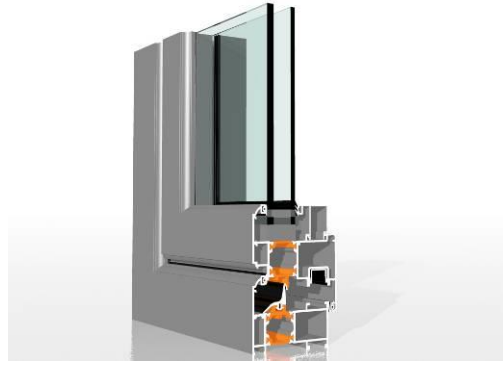
- Έλεγχος της χρήσης και του εξοπλισμού επαναφοράς ανοιγμάτων (παραθύρων και θυρών) μεταξύ χώρων που βρίσκονται σε διαφορετικές θερμικές συνθήκες.
- Ορθολογική λειτουργία υφιστάμενων διατάξεων σκίασης, σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του εκτεθειμένου στην ηλιακή ακτινοβολία ανοίγματος.
- Έλεγχος και επισκευή ρηγμάτων τοιχοποιίας, χαλασμένων μηχανισμών ανοιγμάτων, φθαρμένων στοιχείων θερμομόνωσης και σφραγίσματος αρμών.
- Κλείσιμο διόδων θερμικής ροής σε φρεάτια και κλιμακοστάσια.
- Συστηματική χρήση των ανοιγμάτων για φυσικό αερισμό το καλοκαίρι.

Παρεμβάσεις χαμηλού κόστους:

- Σφράγισμα αρμών πλαισίων με ειδικές θερμομονωτικές ταινίες για αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων.
- Κατάργηση περιττών ανοιγμάτων με ταυτόχρονη θερμική προστασία των επιφανειών που καλύπτουν για αποφυγή των περιττών θερμικών απωλειών και της θάμβωσης.
- Τοποθέτηση σταθερών τεχνητών σκιάστρων

Παρεμβάσεις ανακατασκευής:

- Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, οροφής και δαπέδων (π.χ. πυλωτή).
- Αντικατάσταση υφιστάμενων κουφωμάτων και θυρών με νέα βελτιωμένων θερμικών ιδιοτήτων.



Εικόνα 2.1: Ενεργειακά κουφώματα αλουμινίου

- Μείωση του θερμαινόμενου – κλιματιζόμενου όγκου σε χώρους με υπερβολικό ύψος με ένταξη ψευδοροφών.

2.3.2 Συνήθειες επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα

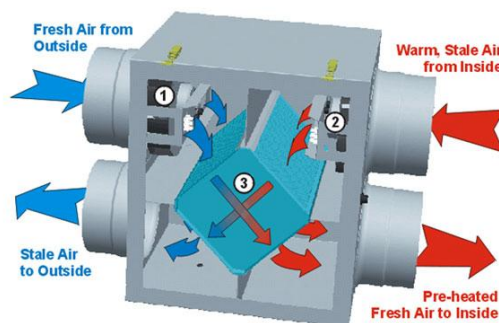
Παρεμβάσεις νοικοκυρέματος:

- Περιοδική συντήρηση καυστήρα.
- Έλεγχος και επισκευή σημείων διαρροής καυσαερίων και αέρα καύσης.
- Ελαχιστοποίηση διακυμάνσεων φορτίου.
- Ανάλυση καυσαερίων για ρύθμιση λόγου αέρα / καυσίμου.
- Λειτουργία λέβητα στην κατώτερη δυνατή θερμοκρασία ζεστού νερού ή πίεση ατμού, που καθορίζεται από το σύστημα διανομής.
- Παύση κυκλοφορητών σε περιόδους που δεν υπάρχει ζήτηση.
- Μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και προσαγωγής του ζεστού νερού έως τα όρια επαρκούς χρήσης, για καθαριότητα και ασφάλεια από βακτήρια και ιούς.
- Περιοδική συνήθης συντήρηση συγκροτήματος.
- Αύξηση του θερμοκρασιακού ορίου ψύξης του νερού στον ψύκτη και της πίεσης αναρρόφησης του αερίου ψυκτικού μέσου (σε συγκροτήματα απευθείας εκτόνωσης), έως τις τιμές διασφάλισης επαρκούς ψύξης και αφύγρανσης του αέρα για την άνεση στους χώρους.
- Κυκλική εναλλαγή στη λειτουργία πολλαπλών συγκροτημάτων σε σχέση με τη μεταβολή των ψυκτικών φορτίων.

- Καθαρισμός εσωτερικών επιφανειών τοίχων και πιθανή βαφή τους με φωτεινότερα χρώματα.
- Συντονισμένος περιοδικός καθαρισμός, έλεγχος και συντήρηση λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων σε νεκρές περιόδους.
- Αναδιευθέτηση χώρων για βέλτιστη χρήση του φυσικού φωτισμού.
- Έλεγχος και συντήρηση σωληνώσεων.
- Καθαρισμός και αντικατάσταση φίλτρων.
- Καθαρισμός πτερυγίων μεγάλων φυγοκεντρικών ανεμιστήρων στους αεραγωγούς.
- Καθαρισμός και αντικατάσταση φίλτρων αέρα.

Παρεμβάσεις χαμηλού κόστους:

- Επισκευή ή αναβάθμιση θερμομόνωσης επιφανειών λέβητα.
- Επισκευή ή αναβάθμιση θερμομόνωσης σωλήνων, δεξαμενών και αεραγωγών.
- Αντικατάσταση εγχυτήρων καυσίμου (μπεκ) με μικρότερους ή αντικατάσταση όλου του καυστήρα σε υπερδιαστασιοποιημένα συστήματα.
- Προθέρμανση αέρα καύσης ή νερού τροφοδοσίας λέβητα από την ανάκτηση της θερμότητας των καυσαερίων.



Εικόνα 2.2: Εναλλάκτης θερμότητας

- Εγκατάσταση πτερυγίων στροβιλισμού φλόγας για καλύτερη ανάμειξη αέρα - καυσίμου.
- Εγκατάσταση πτερυγίων στροβιλισμού καυσαερίου στους αεροδιάυλους του λέβητα για ενίσχυση της εναλλαγής θερμότητας μεταξύ θερμού καυσαερίου και ατμού.
- Εγκατάσταση μειωτήρων παροχής σε σωληνώσεις και διατάξεων περιορισμού της ροής με μείξη αέρα σε κρουνούς.
- Αυτόματος έλεγχος με βαλβίδες απομόνωσης ή μείωσης της πίεσης της ροής.
- Καθαρισμός αυλών συμπυκνωτή σε υδρόψυκτα συγκροτήματα.

- Αναδιάταξη υδραυλικής συνδεσμολογίας (παράλληλα ή σε σειρά) μερών συγκροτημάτων μεταξύ τους (ψύκτες, συμπιεστές, εξαμιστές/συμπυκνωτές) σε συγκρότημα με πολλές μονάδες.
- Χρήση αναμεικτήρων ροής ζεστού και ψυχρού νερού στις βρύσες.

Παρεμβάσεις ανακατασκευής:

- Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με νέους, υψηλής απόδοσης και χαμηλής θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων.
- Εγκατάσταση αυτοματισμού βελτιστοποίησης της καύσης για τη διατήρηση της σωστής ποσότητας αέρα καύσης σε σχέση με το φορτίο.
- Τροποποίηση του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης (θερμοδοχείο) για προσαρμογή στις ανάγκες χρήσης στη περίπτωση υπερδιαστασιολογημένων συστημάτων.
- Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού
- Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για θέρμανση νερού χρήσης σε κεντρικό σύστημα, σε συνδυασμό με το κλιματισμό χώρων.
- Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας για ανάκτηση θερμότητας στο κύκλωμα του νερού ψύξης του συμπυκνωτή ή της θερμής γραμμής ψυκτικού μέσου.
- Εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής για ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού
- Παραγωγή ψυχρού νερού σε ψύκτες απορρόφησης με χρήση ανακτώμενης θερμότητας, φυσικού αερίου ή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Διόρθωση συντελεστή ισχύος με εγκατάσταση συστοιχίας πυκνωτών.



Εικόνα 2.3: Πυκνωτές αντιστάθμισης

- Συστήματα ελέγχου στροφών μεγάλων κινητήρων ή αντικατάσταση κινητήρων με νέους υψηλής απόδοσης.
- Αντικατάσταση λαμπτήρων με νέους υψηλής απόδοσης, π.χ. τεχνολογίας LED, με ρύθμιση έντασης



Εικόνα 2.4: Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης

- Εγκατάσταση ξεχωριστών κυκλοφορητών σε κυκλώματα με σημαντικές διαφορές πτώσης πίεσης ή σε ζώνες με πολύ διαφορετικές απαιτήσεις.

2.3.3 Συνήθειες επεμβάσεις στη διαχείριση ενέργειας

Παρεμβάσεις νοικοκυρέματος:

- Εκπαίδευση προσωπικού
- Καθορισμός ρόλων και ευθυνών μεταξύ των χρηστών κάθε χώρου
- Κατάρτιση χρονοδιαγραμμάτων καταναλώσεων ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία

Παρεμβάσεις χαμηλού κόστους:

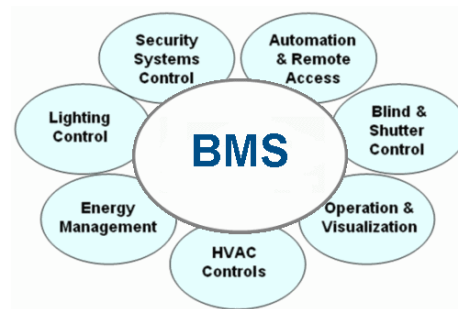
- Αισθητήρες κίνησης ή χρονοδιακόπτες για την ενεργοποίηση του φωτισμού
- Τοπικοί θερμοστάτες ανά θερμική ζώνη ή χώρο
- Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων στα σώματα θέρμανσης και ψύξης.



Εικόνα 2.5: Θερμοστατικές βαλβίδες

Παρεμβάσεις ανακατασκευής:

- Εγκατάσταση σύγχρονου κεντρικού συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) με ολοκληρωμένες δυνατότητες άμεσου ψηφιακού ελέγχου και χρονοπρογραμματισμού μέσω περιφερειακών ηλεκτρονικών μονάδων συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων.



Εικόνα 2.6: Κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας

2.4 Παραδείγματα εφαρμογής σε ξενοδοχεία στην Ελλάδα

Ο τουρισμός είναι ένας από τους σημαντικότερους πυλώνες ανάπτυξης και ταυτόχρονα ο δυναμικότερα αναπτυσσόμενος τομέας της ελληνικής οικονομίας. Η ανάπτυξη του κλάδου συνδέεται άμεσα με την αναβάθμιση των τουριστικών υποδομών στις οποίες εντάσσεται και κλάδος των ξενοδοχείων. Ταυτόχρονα, τα κόστη επιβάλλεται να διατηρηθούν σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα, ώστε να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα του ελληνικού τουρισμού. Τέλος, λόγω της αυξημένης ευαισθητοποίησης σε περιβαλλοντικά ζητήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, έρευνες έχουν δείξει ότι η υιοθέτηση περιβαλλοντικών μέτρων μπορεί να διευρύνει την πελατειακή βάση κάθε καταλύματος έως 15%.

Οι επενδύσεις στα ενεργειακά συστήματα πρέπει να στοχεύουν στη δημιουργία ενός αειφόρου ενεργειακού συστήματος, το οποίο βασίζεται στην εξοικονόμηση ενέργειας και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να μειωθεί η ζήτηση σε πρωτογενείς πηγές, καθώς και να μειωθούν οι λειτουργικές δαπάνες χωρίς εκπτώσεις στις προσφερόμενες υπηρεσίες. Αν και η κατανάλωση ενέργειας στο λειτουργικό κόστος ενός ξενοδοχείου είναι μικρή και περιορισμένη σε ποσοστό μικρότερο του 10%, είναι εφικτό να περιοριστεί χωρίς να μεταβληθεί ποιοτικώς το αποτέλεσμα.

Πολλές ελληνικές ξενοδοχειακές μονάδες έχουν κατανοήσει τη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη λειτουργία τους και έχουν προβεί σε αντίστοιχες επεμβάσεις σε κάθε επίπεδο. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται μερικά επιτυχημένα παραδείγματα από ελληνικά ξενοδοχεία, τα οποία έχουν προβληθεί είτε από τα ίδια στα πλαίσια της στρατηγικής που ακολουθούν, είτε από τους αντίστοιχους κατασκευαστές [1,18,19].

A. Εφαρμογή αποδοτικού συστήματος για ζεστό νερό χρήσης με ανάκτηση θερμότητας - Παραλληλισμός ψυκτικών συγκροτημάτων στο ξενοδοχείο ATHENS HILTON, με αντλία Επιστροφής. Η αντλία θερμότητας στο ξενοδοχείο ATHENS HILTON έχει ηλεκτρική ισχύ 255,8 kW και θερμική απόδοση ίση με 824,5 kW, δηλαδή COP 3,2. Παρέχει την αναγκαία ποσότητα ζεστού νερού για χρήση που ισούται με 50.450 λίτρα ανά ημέρα. Αυτή η ποσότητα αντιστοιχεί σε 1.706.137 kWh θερμικής ενέργειας το έτος. Ο έλεγχος της αντλίας θερμότητας γίνεται με βάση την επιθυμητή θερμοκρασία παραγωγής νερού στην έξοδο του συμπυκνωτή. Η επιθυμητή θερμοκρασία εξόδου, σε αυτή την περίπτωση, είναι 55°C. Για την κάλυψη αυτής της θερμικής ενέργειας, η αντλία θερμότητας παρουσιάζει λειτουργικά ετήσια έξοδα περίπου

47.000€, σε αντίθεση με έναν κοινό λέβητα πετρελαίου που θα παρουσίαζε αντίστοιχα 133.000€.

Β. Εφαρμογή αποδοτικού συστήματος φωτισμού - Εξοικονόμηση ενέργειας στο ξενοδοχείο

LANASSA: Το ξενοδοχείο LANASSA βρίσκεται στο Κωστήτσι Ιωαννίνων, ανεγέρθη το 2002 και αριθμεί 45 κλίνες. Λειτουργεί σε όλη τη διάρκεια του έτους και η έκταση του αποτελείται από 1.800m² σε ξενώνες και δωμάτια και 2.600m² περιβάλλον χώρος και λοιπές εγκαταστάσεις. Πριν από την επένδυση, το ξενοδοχείο ήταν εξοπλισμένο με τρεις βασικούς πίνακες φωτισμού με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 20,56 kW και κατανάλωνε ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό 90.330 kWh/έτος. Μετά την επένδυση, όλα τα φωτιστικά του ξενοδοχείου αντικαταστάθηκαν με νέας τεχνολογίας τύπου CFL self-ballasted ή CFL pin-based. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα χρονοπρόγραμμα για τον έλεγχο της ομάδας των φωτιστικών που τοποθετήθηκαν σε κοινόχρηστους χώρους. Η εξοικονόμηση ενέργειας και δαπανών λειτουργίας που επετεύχθησαν στο φωτισμό ανά έτος ισοδυναμεί με 82%, εξοικονομώντας 74.100 kWh και 7.400€. Η απόσβεση του έργου υπολογίστηκε σε 1,5 έτη.

Γ. Εφαρμογή συστήματος ηλιοθερμίας - Ηλιακός κλιματισμός στο ξενοδοχείο RETHYMNON

VILLAGE. Στεγάζεται σε παραλιακό κτίριο στο Ρέθυμνο και λειτουργεί όλη τη διάρκεια του έτους. Η έκταση του ξενοδοχείου είναι 1700m² και διαθέτει 170 κλίνες. Η κατασκευή του έργου εκτελέστηκε το 2000. Το σύστημα αποτελείται από 650m² ηλιακών συλλεκτών επιλεκτικής βαφής, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στην οροφή του ξενοδοχείου και το σύστημα χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό του κτιρίου και για την θέρμανση της εξωτερικής πισίνας του ξενοδοχείου. Ο εγκατεστημένος εξοπλισμός περιλαμβάνει ένα ψύκτη απορρόφησης ονομαστικής ισχύος 75kW, τον πύργο ψύξης και τις κλιματιστικές συσκευές. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας φτάνει τα 677.743kWh. Η εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την επένδυση φτάνει τις 650MWh. Το κόστος εγκατάστασης ήταν 262.940 ευρώ.

Δ. Εφαρμογή αποδοτικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής από ηλιακή ενέργεια – Ξενοδοχειακή

εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην Ελούντα Κρήτης: Εγκαταστάθηκε σε παραλιακό ξενοδοχείο στην Ελούντα της Κρήτης. Το ξενοδοχείο αποτελείται από 12 ξενώνες και ένα

εστιατόριο και διαθέτει 60 κλίνες. Η κατασκευή πραγματοποιήθηκε το 1996. Η μέγιστη ημερήσια ζήτηση σε περίοδο αιχμής που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του συστήματος Φ/Β ήταν 40kWh. Οι ανάγκες της ξενοδοχειακής μονάδας σε ηλεκτρισμό καλύπτονται από ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 6,4kW. Η παραγόμενη ενέργεια αποθηκεύεται σε μια συστοιχία μπαταριών χωρητικότητας 65,3kWh και στη συνέχεια, μέσω δύο αντιστροφών ισχύος τροφοδοτούνται τα φορτία της μονάδας με εναλλασσόμενο ρεύμα. Το φωτοβολταϊκό σύστημα έχει συνδυαστεί με στοιχειώδη βιοκλιματικό σχεδιασμό της μονάδας για τη βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας. Μια εφεδρική ντιζελογεννήτρια μπορεί να καλύψει τις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες σε περιόδους αιχμής, δημιουργώντας ένα «υβριδικό» σύστημα.

E. Εφαρμογή συστήματος κλιματισμού υψηλής απόδοσης: Εφαρμογή VRV στο GRECOTEL - ASTY HOTEL: Το έργο υλοποιήθηκε το 1999 και η ηλεκτρική ισχύς του είναι 410 kW. Έχουν συνδεθεί 16 εξωτερικές μονάδες VRV με 141 εσωτερικές μονάδες. Το σύστημα εμφανίζει συντελεστές απόδοσης COP= 3,0 και EER= 2,4. Σε φορτίο 40% οι αριθμοί αυτοί αυξάνουν σε 3,7 και 3,8 αντίστοιχα). Η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό 32%, με επιμέρους 37% για ψύξη και 27% για θέρμανση.

ΣΤ. Εφαρμογής αποδοτικού συστήματος θέρμανσης - Αερόψυκτη αντλία θερμότητα στο ξενοδοχείο CAPE SOUNION: Το έργο αφορά σε αντλία θερμότητας για τις ανάγκες των ενοίκων σε θέρμανση και κλιματισμό από κοινή μονάδα παραγωγής θερμού και ψυχρού νερού. Η θερμαντική ισχύς της αντλίας θερμότητας είναι 60kW και η ψυκτική ισχύς της 55kW, ενώ η ηλεκτρική ισχύς είναι 18 kW. Το COP της αντλίας θερμότητας είναι 3,35 σε θέρμανση και το EER 2,95 σε ψύξη. Εκτιμάται ότι ο χρόνος αποπληρωμής είναι ίσος με 0,5 έτη για τη λειτουργία της θέρμανσης.

2.5 Οικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων

Η χρηματοοικονομική ανάλυση στοχεύει στον υπολογισμό των ταμειακών ροών που θα προκύψουν από την υλοποίηση του υπό διερεύνηση επενδυτικού σχεδίου. Η ταμειακή ροή ορίζεται από τη διαφορά δύο μεγεθών: της ταμειακής εισροής και της ταμειακής εκροής. Στην περίπτωση των επεμβάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας ως εισροές θεωρούνται οι δαπάνες για ενέργεια και περιβαλλοντική προστασία που αποτρέπονται λόγω της επένδυσης και ως έξοδα τα ενεργειακά και λειτουργικά κόστη του νέου συστήματος. Η διαφορά αυτή συνήθως είναι θετική και όχι αρνητική, απεικονίζοντας τα οφέλη που προκύπτουν. Η ταμειακή ροή αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο λειτουργίας, συνήθως ετήσια. Επομένως, για ένα επενδυτικό σχέδιο καταστρώνεται ο πίνακας των ετήσιων ταμειακών ροών για την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης. Για την κατάστρωση του πίνακα των ταμειακών ροών είναι απαραίτητη η γνώση του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης. Σε περίπτωση δανειοδότησης για την υλοποίηση της επένδυσης, απαιτείται και η γνώση του τοκοχρεολυσίου για την αποπληρωμή του δανείου [20].

Η συνολική ταμειακή ροή του επενδυτικού σχεδίου ορίζεται ως το αλγεβρικό άθροισμα της ροής όλων των ετών της ζωής της επένδυσης. Δεδομένου όμως ότι οι χρηματικές ροές πραγματοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές είναι απαραίτητο πριν πραγματοποιηθεί το άθροισμα των ταμειακών ροών να γίνει η αναγωγή τους στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή της αξιολόγησης, ήτοι να υπολογιστεί η παρούσα αξία κάθε ταμειακής ροής. Η επιλογή του επιτοκίου προεξόφλησης - αναγωγής αποτελεί από μόνη της ένα ιδιαίτερο ζήτημα, και εξαρτάται από το κόστος κεφαλαίου, το οποίο είναι συνάρτηση του σχήματος της χρηματοδότησης και του κινδύνου που ενέχει η συγκεκριμένη επένδυση. Είναι σύνηθες ως επιτόκιο αναγωγής σε ενεργειακές επενδύσεις να λαμβάνεται το 8%.

Τα δύο βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ενός ή τη σύγκριση περισσοτέρων επενδυτικών σχεδίων είναι:

- το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value – NPV) και
- το κριτήριο της Εσωτερικής Απόδοσης επί του Κεφαλαίου (Internal Rate of Return – IRR)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένης της αρχικής

επένδυσης. Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών ροών (ετήσιες εισροές μείον εκροές) ανηγμένων σε σημερινή – παρούσα αξία μείον το κόστος της επένδυσης, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{(Εισροή_{\tau} - Εκροή_{\tau})}{(1 + \varepsilon)^{\tau}} - E_0$$

όπου:

ΚΠΑ = η Καθαρή Παρούσα Αξία

τ = έτος αναφοράς

ν = διάρκεια επενδυτικού σχεδίου

ε = επιτόκιο αναγωγής

E_0 = ύψος αρχικής επένδυσης ($\tau = 0$)

Όταν το επιτόκιο προεξόφλησης για μια συγκεκριμένη χρηματορροή αυξάνει, η ΚΠΑ αξία της επένδυσης μειώνεται, καθώς μειώνεται η αξία των μελλοντικών κερδών.

Όταν εξετάζεται ένα επενδυτικό σχέδιο, τότε οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του σε σχέση με τη ΚΠΑ είναι:

- ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΚΠΑ = 0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
- ΚΠΑ < 0, η επένδυση απορρίπτεται

Όταν αξιολογούνται συγκριτικά περισσότερες επιλογές, θεωρείται πιο συμφέρουσα αυτή που εμφανίζει μεγαλύτερη ΚΠΑ.

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) του κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματορροή της επένδυσης, δηλ. εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών χρηματικών ροών (έσοδα μείον έξοδα) ανηγμένων σε σημερινή – παρούσα αξία. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από τον IRR και του επιτοκίου της προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι το πρώτο προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών, και συνεπώς την ίδια την επένδυση, ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται εξωγενώς από τον επενδυτικό φορέα.

Ο τύπος που δίνει τον ΕΒΑ είναι ο ακόλουθος:

$$ΚΠΑ = 0 = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{(Εισροή_{\tau} - Εκροή_{\tau})}{(1 + ΕΒΑ)^{\tau}} - E_0$$

όπου:

ΚΠΑ = η Καθαρή Παρούσα Αξία

ΕΒΑ = ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

τ = έτος αναφοράς

ν = διάρκεια επενδυτικού σχεδίου

E_0 = ύψος αρχικής επένδυσης ($\tau = 0$)

Όταν εξετάζεται ένα επενδυτικό σχέδιο, τότε οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του σε σχέση με τον ΕΒΑ είναι:

- ΕΒΑ > από το επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ΕΒΑ = με το επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή
- ΕΒΑ < από το επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται

Όταν αξιολογούνται συγκριτικά περισσότερες επιλογές, θεωρείται πιο συμφέρουσα αυτή που εμφανίζει μεγαλύτερο ΕΒΑ.

Ο ΕΒΑ είναι ανεξάρτητος του μεγέθους της αρχικής επένδυσης. Για να μεγαλώσει ο ΕΒΑ πρέπει η επένδυση να αποφέρει μεγαλύτερα κέρδη. Δεν απαιτεί την επιλογή συγκεκριμένου επιτοκίου προεξόφλησης, αλλά γνώση του ελάχιστου αποδεκτού βαθμού απόδοσης για σύγκριση.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων δεν θα πρέπει να παραβλέπεται ότι η ορθότητα των υπολογισμών στηρίζεται σε έναν σωστό πίνακα ταμιακών ροών. Στην κατεύθυνση αυτή είναι χρήσιμο να τηρούνται οι ακόλουθες θεωρητικές παραδοχές:

- Όλες οι μεταβλητές που εισάγονται στον πίνακα ροών θα πρέπει να είναι γνωστές με βεβαιότητα. Στην πραγματικότητα οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο σπάνια είναι σαφώς καθορισμένες και πλήρως γνωστές, και υπάρχει πάντα αβεβαιότητα.

- Τα εναλλακτικά σχέδια που πρόκειται να αξιολογηθούν θα πρέπει να έχουν συγκρίσιμα επιτόκια προεξόφλησης, τα οποία θα αντανakλούν τον κίνδυνο των διαφορετικών επιλογών. Ο όρος «συγκρίσιμα» δεν σημαίνει ίδια. Κάθε σχέδιο συνεπάγεται διαφορετικό κίνδυνο για τον επενδυτή, επομένως, το επιτόκιο προεξόφλησης δύναται να είναι διαφορετικό.
- Όλα τα εναλλακτικά σχέδια που συγκρίνονται θα πρέπει να καταστρώνονται με κοινό μοντέλο διαχείρισης
- Όλα τα εναλλακτικά σχέδια που συγκρίνονται με πίνακα ταμειακών ροών και πρόκειται να αξιολογηθούν με βάση τον ΕΒΑ υπό συνθήκες περιορισμένου κεφαλαίου και αμοιβαίως αποκλειόμενων σχεδίων θα πρέπει να έχουν την ίδια οικονομική ζωή. Ο υπολογισμός του ΕΒΑ για σχέδια με διαφορετική οικονομική ζωή είναι μαθηματικά εφικτός χωρίς κανένα πρόβλημα. Εντούτοις, από επιχειρηματικής πλευράς είναι χρήσιμη η πληροφορία της συνολικής οικονομικής απόδοσης δύο επιλογών για την ίδια χρονική περίοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Μεθοδολογία

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας εξετάστηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις του ξενοδοχείου «LEDRA». Το ξενοδοχείο βρίσκεται επί της Λεωφόρου Συγγρού, αριθμός 115, στην περιοχή «Νέος Κόσμος» του Δήμου Αθηναίων. Κατασκευάστηκε το έτος 1983 και ανήκει στην εταιρεία «ΑΣΤΥ Α.Ε.». Μέχρι την αρχή του 2014, το ξενοδοχείο ήταν μέλος στη διεθνή αλυσίδα ξενοδοχείων MARRIOTT.

Για την εκτίμηση της κατάστασης του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων διεξήχθη περιήγηση, όχι πλήρης αυτοψία, στους χώρους του ξενοδοχείου. Παράλληλα, δόθηκαν από τον Υπεύθυνο Συντήρησης της μονάδας, Μηχανολόγο Μηχανικό κύριο Γεώργιο Ιωαννίδη, στοιχεία σχετικά με τα ονομαστικά μεγέθη του εξοπλισμού και τις περιοδικές ενεργειακές καταναλώσεις.



Εικόνα 3.1: Εξωτερική άποψη του ξενοδοχείου

3.2 Χώροι, Χρήσεις και Υφιστάμενες Υποδομές

Το ξενοδοχείο ολοκληρώθηκε το έτος 1983, ενώ το έτος 2003 έγινε εκτενής ανακαίνιση με την ευκαιρία της προσθήκης νέας πτέρυγας. Οι υφιστάμενες μονάδες θέρμανσης και ψύξης εγκαταστάθηκαν το 1998.

Σήμερα, το ξενοδοχείο έχει εννέα (9) ορόφους πέραν του ισογείου, όπου βρίσκεται η είσοδος με την αίθουσα αναμονής (lobby) και την αίθουσα συνεδρίων και εκδηλώσεων, και τρία υπόγεια τα οποία χρησιμοποιούνται ως χώροι στάθμευσης, χώροι ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκευτικοί χώροι. Καλύπτει επιφάνεια 2.000 τετραγωνικών μέτρων στην επιφάνεια του εδάφους. Αποτελείται από 314 δωμάτια, τα περισσότερα από τα οποία είναι δίκλινα.

Η συνολική επιφάνεια όλων των ορόφων είναι περίπου 26.000 τετραγωνικά μέτρα. Από αυτά, τα 18.000 τετραγωνικά μέτρα καλύπτονται από τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, αποτελούν δηλαδή τους διάφορους θερμαινόμενους και κλιματιζόμενους χώρους. Ο συνολικός στεγασμένος χώρος είναι 105.000 κυβικά μέτρα με τα 74.000 κυβικά να αποτελούν θερμαινόμενους και κλιματιζόμενους χώρους. Για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων χρησιμοποιείται τετρασωλήνιο (2+2) δίκτυο με τερματικές συσκευές στοιχείου ανεμιστήρα (fan coils), που εξυπηρετούν και τις δύο διαδικασίες. Το ύψος των ορόφων από το 2^ο έως τον 9^ο είναι 4 μέτρα, ενώ οι δύο πρώτοι όροφοι έχουν ύψος 5,6 μέτρα. Τα υπόγεια έχουν μέσο ύψος 3,1 μέτρα.

Στους χώρους του ξενοδοχείου λειτουργεί εστιατόριο, καφετέρια – μπαρ, αίθουσα συνεδρίων, αίθουσα εκδηλώσεων, γυμναστήριο και κατάστημα δώρων, ενώ στην ταράτσα λειτουργεί πισίνα με εστιατόριο – μπαρ. Δεν υπήρχαν στοιχεία για την επιφάνεια και την ενεργειακή συμπεριφορά των συγκεκριμένων χώρων μεμονωμένα.

Συγκεντρωτικά, οι χώροι του ξενοδοχείου ανά όροφο φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

ΟΡΟΦΟΣ	ΕΜΒΑΛΟ (τ.μ.)	ΥΨΟΣ (μ)	ΟΓΚΟΣ (κ.μ.)	ΑΡ. ΔΩΜΑΤΙΩΝ	ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΣ ΟΓΚΟΣ
Ισόγειο	2.000	5,6	11.200		2.000	11.200
1ος	2.000	5,6	11.200	21	2.000	11.200
2ος	2.200	4	8.800	40	1.900	7.600
3ος	2.200	4	8.800	51	1.900	7.600
4ος	2.200	4	8.800	48	1.900	7.600
5ος	2.200	4	8.800	45	1.900	7.600
6ος	2.200	4	8.800	47	1.900	7.600
7ος	2.000	4	8.000	43	1.800	7.200
8ος	1.800	4	7.200	19	1.700	6.800
9ος	1.200	4	4.800		1.000	4.000
1ο υπόγειο	2.000	3,1	6.200		0	0
2ο υπόγειο	2.000	3,1	6.200		0	0
3ο υπόγειο	2.000	3,1	6.200		0	0
ΣΥΝΟΛΟ	26.000		105.000	314	18.000	78.400

Πίνακας 3.1: Συγκεντρωτικός πίνακας χώρων του ξενοδοχείου

Ακολουθούν ενδεικτικές φωτογραφίες για τους διάφορους χώρους του ξενοδοχείου.



Εικόνα 3.2: Αίθουσα υποδοχής (lobby) του ξενοδοχείου



Εικόνα 3.3: Δωμάτιο του ξενοδοχείου



Εικόνα 3.4: Κατάστημα δώρων



Εικόνα 3.5: Εστιατόριο



Εικόνα 3.6: Πισίνα στην οροφή



Εικόνα 3.7: Αίθουσα συνεδρίων

Όσον αφορά στα άτομα που κινήθηκαν εντός του κτιρίου, είτε ως επισκέπτες, είτε ως εργαζόμενοι, τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα είναι τα εξής:

I) Κατά μέσο όρο στο ξενοδοχείο εργάζονται 150 άτομα σε καθημερινή βάση

II) Τα έτη από το 2009 έως το 2011, σημειώθηκαν οι διανυκτερεύσεις που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Ελλείπει στοιχείων θεωρούμε ότι όλες αφορούσαν διανυκτέρευση δύο (2) ατόμων. Δεν υπάρχουν δεδομένα για επισκέπτες κατά τη διάρκεια συνεδρίων και λοιπών εκδηλώσεων.

	Εργαζόμενοι	Διανυκτερεύσεις
2009	150	68.459
2010	150	67.259
2011	150	69.490

Πίνακας 3.2: Συγκεντρωτικός πίνακας ατόμων που κινήθηκαν στο ξενοδοχείο

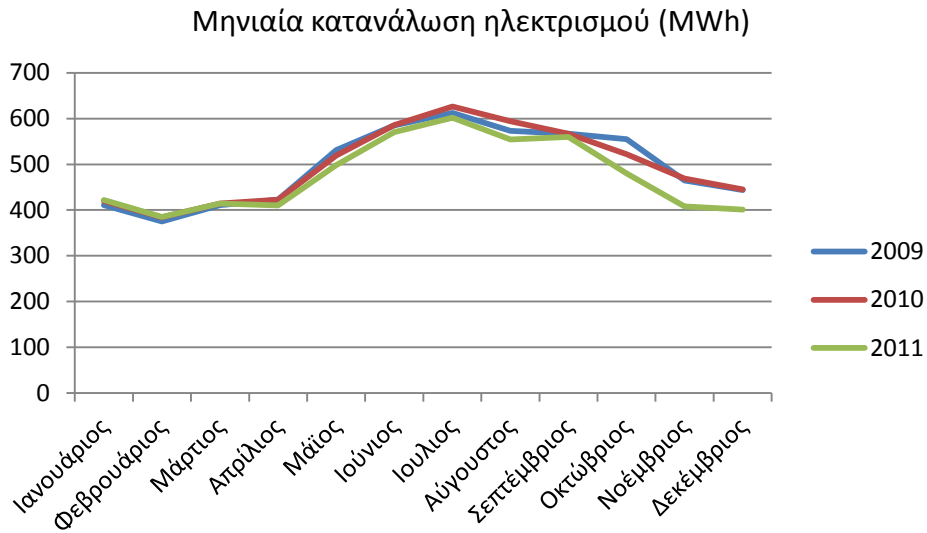
3.3 Ενεργειακές Καταναλώσεις

Το ξενοδοχείο χρησιμοποιεί δύο πρωταρχικές πηγές ενέργειας, τον ηλεκτρισμό από το δίκτυο Μέσης Τάσης, και το φυσικό αέριο από το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου. Οι μετρήσεις, όπως αναγράφονται στα έντυπα των μηνιαίων λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος και του φυσικού αερίου δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Για τη σύγκριση των μεγεθών θεωρούμε σταθερή τιμή ρεύματος ίση με 150 ευρώ / MWh, σταθερή τιμή φυσικού αερίου ίση με 0,7 ευρώ / Nm³ με ενεργειακό περιεχόμενο για το φυσικό αέριο 11,7 kWh / Nm³.

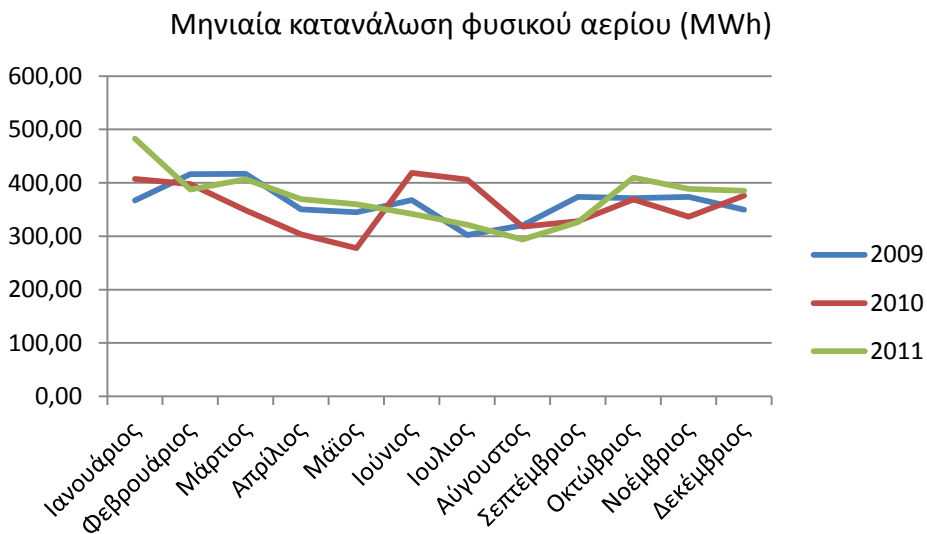
Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh) 150€/MWh			Φυσικό αέριο (Nm ³) 0,7€/Nm ³			Φυσικό αέριο (MWh)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Ιανουάριος	411	420	422	31.399	34.829	41.287	367,37	407,50	483,06
Φεβρουάριος	375	384	385	35.604	34.014	33.138	416,57	397,96	387,71
Μάρτιος	411	414	414	35.630	29.794	34.781	416,87	348,59	406,94
Απρίλιος	423	423	410	29.940	25.961	31.605	350,30	303,74	369,78
Μάιος	531	519	498	29.481	23.753	30.782	344,93	277,91	360,15
Ιούνιος	585	586	570	31.433	35.763	29.226	367,77	418,43	341,94
Ιούλιος	612	626	602	25.863	34.720	27.464	302,60	406,22	321,33
Αύγουστος	573	594	554	27.375	27.175	25.142	320,29	317,95	294,16
Σεπτέμβριος	567	567	560	31.961	28.070	27.885	373,94	328,42	326,25
Οκτώβριος	555	522	480	31.726	31.521	35.035	371,19	368,80	409,91
Νοέμβριος	465	469	408	31.933	28.788	33.246	373,62	336,82	388,98
Δεκέμβριος	444	445	401	29.907	32.165	32.939	349,91	376,33	385,39
ΣΥΝΟΛΟ (MWh)	5.952	5.969	5.704	372.252	366.553	382.530	4.355,35	4.288,67	4.475,60
Οικονομικό κόστος (€)	892.800	895.350	855.600	260.576,4	256.587,1	267.771,0			

Πίνακας 3.3: Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου

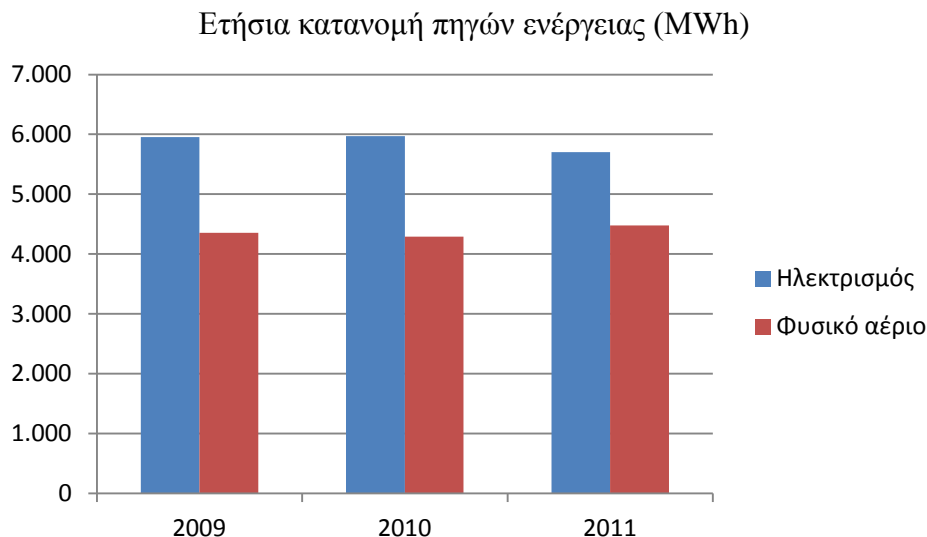
Η μηνιαία διακύμανση των ενεργειακών καταναλώσεων ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου σε μονάδες ενέργειας (MWh) αποτυπώνεται στα παρακάτω γραφήματα.



Διάγραμμα 3.1: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρισμού σε MWh



Διάγραμμα 3.2: Μηνιαία κατανάλωση φυσικού αερίου σε MWh

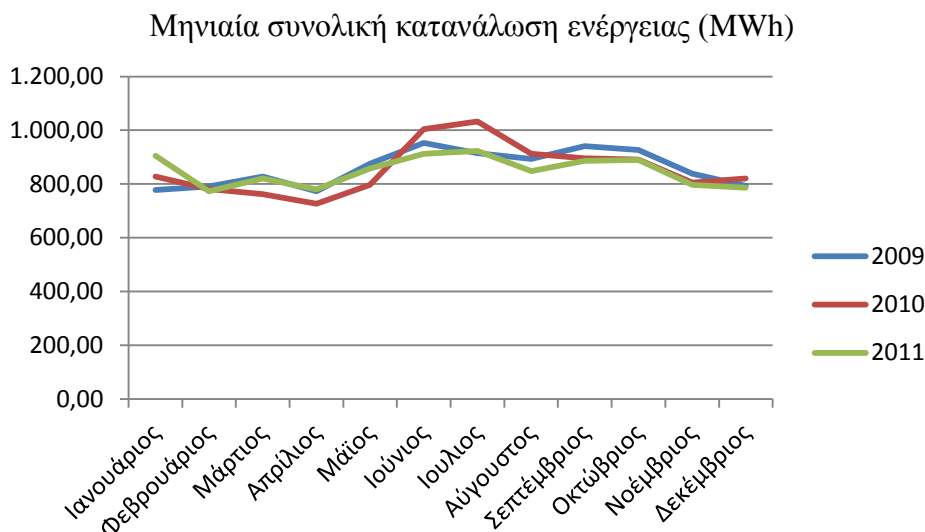


Διάγραμμα 3.3: Σύγκριση καταναλώσεων σε MWh για τα έτη 2009 - 2011

Συνολικά, η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε επίπεδο πηγών ενέργειας δίνεται στον επόμενο πίνακα.

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (MWh)			
Χρονική Περίοδος	2009	2010	2011
Ιανουάριος	778,37	827,50	905,06
Φεβρουάριος	791,57	781,96	772,71
Μάρτιος	827,87	762,59	820,94
Απρίλιος	773,30	726,74	779,78
Μάιος	875,93	796,91	858,15
Ιούνιος	952,77	1.004,43	911,94
Ιούλιος	914,60	1.032,22	923,33
Αύγουστος	893,29	911,95	848,16
Σεπτέμβριος	940,94	895,42	886,25
Οκτώβριος	926,19	890,80	889,91
Νοέμβριος	838,62	805,82	796,98
Δεκέμβριος	793,91	821,33	786,39
ΣΥΝΟΛΟ	10.307,35	10.257,67	10.179,60
Οικονομικό κόστος (€)	1.153.376,40	1.151.937,10	1.123.371,00

Πίνακας 3.4: Πίνακας συνολικών μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου



Διάγραμμα 3.4: Συνολική μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε MWh για τα έτη 2009-2011 σε επίπεδο προμήθειας πρωτογενούς ενέργειας

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ενεργειακή συμπεριφορά του ξενοδοχείου LEDRA MARRIOTT σε ετήσια βάση παραμένει σχετικά σταθερή. Οι καμπύλες των μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρισμού για τα έτη 2009, 2010 και 2011 σχεδόν ταυτίζονται. Η μόνη σημαντική διαφοροποίηση εμφανίζεται στην κατανάλωση φυσικού αερίου στο διάστημα Μάρτιος – Ιούλιος 2010. Σε ετήσια βάση, η κατανάλωση φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού θεωρείται σταθερή. Κατά μέσο όρο, για την τριετία 2009-2011 είναι 5.875MWh ηλεκτρισμού και 4.373,2MWh φυσικού αερίου.

Ανά τετραγωνικό μέτρο στεγασμένης επιφάνειας, η κατανάλωση ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου είναι $5.875 \text{ MWh} / 26.000 \text{ τ.μ.} = 226 \text{ kWh/τμ. έτος}$ και $4.373,2 / 26.000 = 168,2 \text{ kWh/τμ. έτος αντίστοιχα}$.

Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται μέσω των καλωδιώσεων απευθείας στις εκάστοτε ηλεκτρικές καταναλώσεις. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θεωρούμε ότι το σύνολο των καταναλώσεων αυτών έχει μέσο βαθμό απόδοσης ίσο με 1. Αυτό είναι πολύ πιθανό να είναι εσφαλμένο, καθώς δε γνωρίζουμε το ποσοστό αυτών που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια μέσω αντιστάσεων με απόδοση μικρότερη της μονάδας και αυτών που αξιοποιείται για θέρμανση και κλιματισμό χώρων μέσω μονάδων συμπιεστών (κλιματιστικές μονάδες) με βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο της μονάδας.

Όσον αφορά στο φυσικό αέριο, η αξιοποίηση του γίνεται αποκλειστικά μέσω καύσης σε λέβητες. Θεωρούμε ότι ο μέσος βαθμός απόδοσης της λειτουργίας τους είναι 90%. Δηλαδή, η ενέργεια που περιέχει το φυσικό αέριο που έχει προμηθευτεί το ξενοδοχείο μετατρέπεται κατά 90% σε ωφέλιμη – αξιοποιήσιμη θερμική ενέργεια μέσω της θέρμανσης νερού, ενώ το υπόλοιπο 10% απορρίπτεται λόγω θερμικών απωλειών στο σύστημα καύσης και μεταφοράς (σωληνώσεις).

Βάσει των παραδοχών που έγιναν επί δεδομένων από την ιστοσελίδα της εταιρείας «Αέριο Αττικής», η τιμή του φυσικού θεωρήθηκε ίση με 0,7 ευρώ / Nm³ και το ενεργειακό του περιεχόμενο ίσο με 11,7 kWh / Nm³. Ο μέσος βαθμός απόδοσης της λειτουργίας του υφιστάμενου συστήματος λεβήτων θεωρήθηκε ίσος με 90%. Έτσι, κάθε αποδιδόμενη MWh από την καύση του φυσικού αερίου έχει κόστος $1000 \times 0,7 / (11,7 \times 0,9) = 66,48$ ευρώ. Από την άλλη, η ηλεκτρική ενέργεια έχει κόστος 150 ευρώ / MWh. Προκύπτει δηλαδή ότι το κόστος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με φυσικό αέριο είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τον ηλεκτρισμό, ακόμα και χωρίς να συνεκτιμήσουμε τις απώλειες από τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλη μορφή, π.χ. θερμική κατά το μαγείρεμα και τη θέρμανση μέσω αντιστάσεων.

Τα συνολικά ετήσια φορτία του ξενοδοχείου υπολογίζονται σε $4.373,2 \times 0,9 + 5.875 = 9.810$ MWh, ενώ καταναλώνονται 10.248,2 MWh για την εξυπηρέτησή τους. Σε μηνιαίο επίπεδο, η ηλεκτρική ενέργεια εμφανίζει ελάχιστο στις 400 MWh στο διάστημα Νοέμβριος – Απρίλιος. Τους υπόλοιπους μήνες είναι αυξημένη και φτάνει τον Ιούλιο και τον Αύγουστο στο επίπεδο των 600 MWh, με μέγιστο τον Ιούλιο στις 610 MWh. Η αύξηση αυτή μπορεί να αποδοθεί στον αυξημένο αριθμό πελατών λόγω της αυξημένης τουριστικής κίνησης και κατά συνέπεια στις αυξημένες συνολικά ανάγκες για την εξυπηρέτησή τους. Σημαντική εκτιμάται ότι είναι η συμβολή του συστήματος κλιματισμού, στον οποίο μπορεί να αποδοθεί ακόμα και το 100% της αύξησης αυτής, δηλαδή περίπου 200 MWh τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και 100 MWh τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο. Η αύξηση των υπολοίπων ηλεκτρικών καταναλώσεων υποτίθεται ότι αντισταθμίζεται από τη μείωση των απαιτήσεων στο φωτισμό των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων λόγω της αύξησης της διάρκειας της ημέρας.

Όσον αφορά στο φυσικό αέριο, η κατανομή κατανάλωσης του εμφανίζει ελάχιστο τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, περίπου στις 310 MWh, και μέγιστο τον Ιανουάριο, με μέσο όρο κατανάλωσης στη τριετία περίπου στις 420 MWh. Σε επίπεδο θερμικών φορτίων το ελάχιστο

αντιστοιχεί σε $310 \times 0.9 = 279 \text{MWh}$ θερμικού φορτίου και το μέγιστο σε $420 \times 0.9 = 378 \text{MWh}$. Οι 279MWh , δηλαδή το θερμικό φορτίο του καλοκαιριού, οπότε η πληρότητα έχει θεωρηθεί μεγαλύτερη έναντι των χειμερινών, αφορούν ζεστό νερό χρήσης. Θεωρείται ότι η απαίτηση σε ζεστό νερό χρήσης το χειμώνα θα είναι μικρότερη κατά περίπου 30%, οπότε εκτιμάται ότι το χειμώνα η ζήτηση σε ζεστό νερό χρήσης είναι περίπου 200MWh και ότι οι υπόλοιπες περίπου 190MWh αφορούν στη θέρμανση χώρων. Ήτοι περίπου το 45-50% της κατανάλωσης φυσικού αερίου του χειμώνα, αφορά στη θέρμανση χώρων. Το υπόλοιπο αφορά στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προς τα λουτρά, τα πλυντήρια και την κουζίνα.

Δηλαδή, δίνοντας μία προσεγγιστική κατανομή για τις ανάγκες τους χειμερινούς μήνες, μόλις το 25% των συνολικών φορτίων (περίπου 800MWh) είναι η θέρμανση χώρων, το 25% τα ζεστά νερά χρήσης και 50% οι συνολικές ηλεκτρικές ανάγκες. Από αυτό μπορεί να υποτεθεί η καλή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου, ιδιαίτερα το χειμώνα και η θετική αξιολόγηση για την αξιοποίηση του φυσικού αερίου. Από την άλλη, η ποσοστιαία αναλογία δείχνει σημαντική συμμετοχή του ηλεκτρισμού στις καταναλώσεις. Αυτό μπορεί να αποδοθεί είτε σε λανθασμένη διαχείριση των ηλεκτρικών φορτίων είτε στο γεγονός ότι αρκετές θερμικές καταναλώσεις δεν καλύπτονται από το σύστημα φυσικού αερίου αλλά με ηλεκτρισμό. Δεν υπήρχαν πλήρη στοιχεία για το είδος των καταναλώσεων, οπότε τα παραπάνω είναι πιθανά σενάρια εργασίας.

Καθώς δεν υπάρχουν ημερήσιες κατανομές, θεωρούμε τις ημέρες κάθε μήνα ενεργειακά ισοδύναμες και το πιθανό συνολικό φορτίο για θέρμανση και κλιματισμό προκύπτει από το μέσο όρο της μετατροπής των μηνιαίων καταναλώσεων σε φορτίων των τριών ετών προς το πλήθος ημερών κάθε μήνα. Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας. Η κατανομή τους σε φορτία για θέρμανση, ζεστό νερό και κλιματισμό δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Είναι όμως βέβαιο ότι τα φορτία που καλύπτονται με φυσικό αέριο αφορούν σε θέρμανση και ζεστό νερό.

Χρονική Περίοδος	Φορτία που καλύπτονται με ηλεκτρισμό (MWh)			Φορτία που καλύπτονται με φυσικό αέριο (MWh)			Συνολικό ημερήσιο φορτίο (MWh)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Ιανουάριος	13,26	13,55	13,61	10,67	11,83	14,02	23,92	25,38	27,64
Φεβρουάριος	13,39	13,71	13,75	13,39	12,79	12,46	26,78	26,51	26,21
Μάρτιος	13,26	13,35	13,35	12,10	10,12	11,81	25,36	23,48	25,17
Απρίλιος	14,10	14,10	13,67	10,51	9,11	11,09	24,61	23,21	24,76
Μάιος	17,13	16,74	16,06	10,01	8,07	10,46	27,14	24,81	26,52
Ιούνιος	19,50	19,53	19,00	11,03	12,55	10,26	30,53	32,09	29,26
Ιούλιος	19,74	20,19	19,42	8,79	11,79	9,33	28,53	31,99	28,75
Αύγουστος	18,48	19,16	17,87	9,30	9,23	8,54	27,78	28,39	26,41
Σεπτέμβριος	18,90	18,90	18,67	11,22	9,85	9,79	30,12	28,75	28,45
Οκτώβριος	17,90	16,84	15,48	10,78	10,71	11,90	28,68	27,55	27,38
Νοέμβριος	15,50	15,63	13,60	11,21	10,10	11,67	26,71	25,74	25,27
Δεκέμβριος	14,32	14,35	12,94	10,16	10,93	11,19	24,48	25,28	24,12

Πίνακας 3.5: Συνολικά ημερήσια φορτία

Οι μέγιστες μέσες τιμές που προκύπτουν για τα φορτία για τη τριετία 2009-2011 είναι 20,19MWh καλυπτόμενα από ηλεκτρισμό και 14,02kWh καλυπτόμενα από φυσικό αέριο. Άρα μπορούμε να υποθέσουμε ότι το μέγιστο ημερήσιο θερμικό φορτίο το χειμώνα ήταν περίπου 15MWh.thermal. Θεωρώντας ότι το σύστημα των λεβήτων λειτουργεί 15 ισοδύναμες ώρες ανά ημέρα απαιτείται ονομαστική (100% λειτουργία) αποδιδόμενη θερμική ισχύς 1000kW.thermal, ώστε να καλύπτονται τα θερμικά φορτία όλο το έτος. Αντίστοιχα, κανένα μήνα του έτους το θερμικό φορτίο δεν είναι μικρότερο των 8MWh.thermal, οπότε το ελάχιστο θερμικό φορτίο που καλύπτεται από φυσικό αέριο είναι 535kW.thermal.

Το μέγιστο ημερήσιο ηλεκτρικό φορτίο για την κάλυψη ψυκτικών αναγκών εκτιμάται σε περίπου 7,5MWh.electric., διατηρώντας την υπόθεση εργασίας ότι η αύξηση στην ηλεκτρική κατανάλωση μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού ισοδυναμεί με τη λειτουργία του κλιματισμού. Θεωρώντας ότι το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού έχει βαθμό απόδοσης (COP) ίσο με 2 τότε η μέγιστη ζητούμενη ψυκτική ισχύς είναι 15MWh.cooling. Θεωρείται ότι το σύστημα κλιματισμού λειτούργησε για 15 ισοδύναμες ώρες στα 1000kW.cooling.

Στο σημείο αυτό αναφέρεται ότι ο παραπάνω είναι ένας επισφαλής τρόπος υπολογισμού των θερμικών και ψυκτικών φορτίων και διαστασιολόγησης των αντίστοιχων συστημάτων. Σκοπός των παραπάνω ήταν να δοθεί μία σύντομη εικόνα για τις απαιτήσεις του κτιρίου, ώστε να διευκολυνθεί η οικονομοτεχνική προσέγγιση εναλλακτικών συστημάτων που μπορούν να

σημειώσουν υψηλότερες ενεργειακές αποδόσεις και να επιτευχθεί το ίδιο ποιοτικό αποτέλεσμα με κατανάλωση μικρότερων ποσοτήτων πρωτογενούς ενέργειας. Πιο ακριβής προσέγγιση θα προκύψει από τον υπολογισμό των απωλειών και του συνόλου των θερμικών αλληλεπιδράσεων στο κτίριο, ύστερα από πλήρη ενεργειακή μελέτη με χρήση κατάλληλου λογισμικού και μετρητικού εξοπλισμού.

3.4 Υφιστάμενα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

Το υπό μελέτη ξενοδοχείο ήδη έχει προβεί σε σημαντικές ενέργειες για τη μείωση των ενεργειακών του αναγκών. Οι επεμβάσεις αυτές είναι:

Διπλοί υαλοπίνακες. Για λόγους ηχομόνωσης, λόγω της θέσης του ξενοδοχείου παραπλεύρως της Λεωφόρου Συγγρού, έχουν τοποθετηθεί στο σύνολο του κτιρίου διπλοί υαλοπίνακες. Λόγω των υψηλών προδιαγραφών ηχομόνωσης, επιτυγχάνεται και υψηλός βαθμός στεγανότητας και θερμομόνωσης περιορίζοντας σημαντικά τις θερμικές απώλειες στο τμήμα αυτό του κελύφους. Επειδή το κτίριο διαθέτει ελάχιστα ανοιγόμενα κουφώματα, ο αερισμός των χώρων και οι θερμικές απώλειες που προκαλεί ελέγχονται από τη λειτουργία του συστήματος αεραγωγών.

Τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή. Πάνω από το μπετόν του δώματος, έχει τοποθετηθεί από κατασκευής του κτιρίου, στρώση πολουρεθάνης και έχει καλυφθεί με ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανο). Η κατάσταση της κρίθηκε ως μέτρια και προτείνεται η συντήρηση της, ώστε να διατηρήσει και τη στεγανότητα και τη θερμομονωτική της ικανότητα. Ήδη έχουν παρατηρηθεί μικρές κηλίδες υγρασίας στις οροφές των δωματίων του τελευταίου ορόφου, ενώ η φθορά στην επιφάνεια είναι εμφανής.

Τοποθέτηση θερμομόνωσης στη τοιχοποιία. Η τοιχοποιία είναι με διπλό τούβλο 10 εκατοστών. Μεταξύ αυτών είχε τοποθετηθεί από την κατασκευή του ξενοδοχείου διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 3,5 εκατοστών. Δεν είναι οπτικά επιθεωρήσιμη, αλλά πιθανολογείται η καλή κατάσταση της λόγω έλλειψης προβλημάτων στη τοιχοποιία (π.χ. ρωγμές και υγρασία)

Μόνωση των σωληνώσεων ζεστού νερού. Οι κεντρικές σωληνώσεις είναι θερμομονωμένες με μόνωση από πολουρεθάνη πάχους 10 εκατοστών από την κατασκευή του κτιρίου. Ήδη έχουν παρατηρηθεί διαρροές στις σωληνώσεις και από την οπτική επιθεώρηση η κατάσταση τους φάνηκε επιβαρυνμένη. Αυτό σημαίνει ότι έχει μειωθεί η θερμομονωτική τους ικανότητα. Προτείνεται η αντικατάσταση της κατά την επόμενη ανακαίνιση του κτιρίου.

Μόνωση των αεραγωγών κυκλοφορίας και διανομής αέρα θέρμανσης – ψύξης. Το σύνολο των αεραγωγών στο τμήμα που δεν είναι ορατοί, είναι θερμομονωμένοι από στρώμα υαλοβάμβακα πάχους 5 εκατοστών. Λόγω των συμπυκνωμάτων νερού και της παλαιότητας, το υλικό θερμομόνωσης βρίσκεται σε κακή κατάσταση και προτείνεται η αντικατάσταση του.

Σταδιακή αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού. Από το 2008 μέχρι σήμερα έχει αντικατασταθεί σχεδόν το σύνολο των λαμπτήρων στα δωμάτια, τους βοηθητικούς χώρους και τους διαδρόμους με λαμπτήρες φθορισμού. Παραμένουν πυρακτώσεως οι λαμπτήρες στο λόμπι και στις αίθουσες εκδηλώσεων.

Τοποθέτηση θερμοστατών σε μεγάλους χώρους του ξενοδοχείου. Από το 2003, στο εστιατόριο, στο λόμπι και το χώρο συνεδρίων έχουν τοποθετηθεί θερμοστάτες και αντίστοιχες ρυθμιστικές βαλβίδες. Μάλιστα στους χώρους εκδηλώσεων, πλέον χρησιμοποιούνται αυτόνομες μονάδες θέρμανσης και ψύξης, ώστε η κατανάλωση να περιορίζεται τις ώρες και μέρες που είναι χρήσιμη.

Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας. Αν και δεν παρέχεται η δυνατότητα μετρήσεων επί των ενεργειακών καταναλώσεων, επιτρέπει τον κεντρικό χειρισμό στο σύνολο των μεγάλων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, όπως θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό, και ο φωτισμός των κοινόχρηστων χώρων, πλην των βοηθητικών. Έτσι, οι πλέον ενεργοβόρες καταναλώσεις μπορούν να τεθούν σε λειτουργία ή παύση από προσωπικό με τεχνικές γνώσεις και βάσει χρονοπρογραμματισμού με βασικούς αυτοματισμούς θερμοστατών. Η επέκταση του συστήματος με περισσότερους αισθητήρες είναι πιθανό να φέρει κάποια θετικά αποτελέσματα, της τάξης του 5%, αλλά ήδη οι βασικές λειτουργίες εκτελούνται μέσω αυτού.

Ενημέρωση του προσωπικού και οδηγίες για δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Το τεχνικό προσωπικό έχει ενημερώσει τους υπαλλήλους για τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας σε κάθε δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα εντός της μονάδας. Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στην ορθολογική χρήση του φωτισμού και του συστήματος θέρμανσης – ψύξης. Επίσης, έχουν δοθεί κατευθύνσεις στο προσωπικό καθαριότητας δωματίου να απενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης και ψύξης και τα φώτα κατά την απουσία των ενοίκων και να απενεργοποιούν τις τηλεοράσεις σε περίπτωση που το δωμάτιο πρόκειται να μείνει κενό την επόμενη ημέρα. Τέλος, το προσωπικό προτρέπει να διαχωρίζει τα απορρίμματα σε ανακυκλώσιμα και μη, στα πλαίσια του εφικτού και του μη χρονοβόρου. Τα σημαντικότερα αποτελέσματα εντοπίζονται στο τομέα των προμηθειών με την ανακύκλωση των συσκευασιών τους από χαρτόνι.

Γενικότερα, το επίπεδο των επεμβάσεων για την ενεργειακή αποδοτικότητα των υφιστάμενων υποδομών κρίνεται ως ικανοποιητικό. Έχει υπάρξει μέριμνα για τη θερμομόνωση του κελύφους και των δικτύων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, αντικαθίστανται σταδιακά οι λαμπτήρες, τα

Βασικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα ελέγχονται κεντρικά και έχουν πραγματοποιηθεί ενέργειες για την ευαισθητοποίηση του προσωπικού στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Αντίθετα, δεν έχουν γίνει επεμβάσεις για τη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, που θα μπορούσαν να περιορίσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πρώτιστα, και για ηλεκτρισμό και ψύξη δευτερευόντως.

3.5 Ενεργειακή Ταξινόμηση

Στην Ενότητα 3.3 προέκυψε ότι η μέση κατανάλωση σε ετήσια βάση ηλεκτρισμού είναι 5.875 MWh και φυσικού αερίου 4.373,2 MWh. Ανά τετραγωνικό μέτρο στεγασμένης επιφάνειας, η κατανάλωση ηλεκτρισμού ανάγεται σε $5.875 \text{ MWh} / 26.000 \text{ τ.μ.} = 226 \text{ kWh/τμ. έτος}$ και φυσικού αερίου $4.373,2 \text{ MWh} / 26.000 \text{ τ.μ.} = 168,2 \text{ kWh/τμ. έτος}$. Βάσει των στοιχείων από την έρευνα της Ακαδημίας Αθηνών και του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 1.2, το LEDRA MARRIOTT κατατάσσεται στα μεγάλα ξενοδοχεία, η κατανάλωση φυσικού αερίου κρίνεται ως «καλή» (168,2 αντί 200 kWh/τμ. έτος που είναι το όριο της κατηγορίας), ενώ του ηλεκτρισμού ως «κακή». Η συνολική κατανάλωση των 394,2 kWh/τμ. έτος κρίνεται ως «αρκετά καλή» για μεγάλο ξενοδοχείο.

Επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι ότι μόλις το 25% του συνολικού φορτίου τους χειμερινούς μήνες αφορά στη θέρμανση των χώρων. Πρόκειται για σημαντικές ενδείξεις ότι η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου για τα θερμικά φορτία είναι ικανοποιητική. Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω του εύρους των επεμβάσεων που ήδη έχουν γίνει στο κέλυφος και τον εξοπλισμό του κτιρίου.

Από την άλλη προκύπτει ότι ενώ οι υφιστάμενες επεμβάσεις έχουν μειώσει την κατανάλωση του φυσικού αερίου για την κάλυψη των καταναλώσεων, το επίπεδο κατανάλωσης ηλεκτρισμού είναι υψηλό κυρίως λόγω των καταναλώσεων σε φωτισμό και για κλιματισμό χώρων. Στην κατεύθυνση αυτή κρίνεται ότι θα πρέπει να στοχεύουν οι επόμενες επεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, δηλαδή τη μείωση των απαιτήσεων σε ηλεκτρισμό.

Λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας ενεργειακών δεδομένων και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς και της μη χρήσης κατάλληλου λογισμικού ενεργειακής αξιολόγησης δεν είναι δυνατή η ακριβής ταξινόμηση του κατά Κ.Εν.Α.Κ. Βάσει Κ.Εν.Α.Κ και των συντελεστών αναγωγής από τελική σε πρωτογενή ενέργεια, η «συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας» στο ξενοδοχείο είναι 831,9kWh/m².έτος.

Σημειώνεται ότι όλοι οι υπολογισμοί ανά μονάδα επιφάνειας στο ξενοδοχείο συμπεριλαμβάνουν και τις 26.000τ.μ στεγασμένων χώρων και όχι μόνο τις 18.000τ.μ, που δόθηκαν ως κλιματιζόμενοι χώροι. Στους μη κλιματιζόμενους χώρους έχουν συμπεριληφθεί και χώροι με υψηλή κατανάλωση ενέργειας, όπως τα πλυντήρια και η κουζίνα του υπογείου. Επιπλέον, αν και

μεγάλο τμήμα του υπογείου δεν θερμαίνεται ή κλιματίζεται, περιλαμβάνει ισχυρό εξαερισμό καθώς εκεί βρίσκονται οι χώροι στάθμευσης. Τέλος, στα υπόγεια στεγάζονται γραφεία και το μηχανοστάσιο, όπου εμφανίζονται σημαντικά θερμικά φορτία που επίσης διακινούνται από το σύστημα εξαερισμού.

Είδος Ενέργειας	Ετήσια Κατανάλωση (kWh/m ²)	Συντελεστής Μετατροπής	Πρωτογενής Ενέργειας (kWh/m ²)
Φυσικό Αέριο	168,2	1,05	176,6
Ηλεκτρισμός	226	2,90	655,3
ΣΥΝΟΛΟ	394,2		831,9

Πίνακας 3.6: Υπολογισμός κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας

Όμως για να γίνει η ακριβής ταξινόμηση του κατά Κ.Εν.Α.Κ. απαιτείται ο υπολογισμός του αντίστοιχου μεγέθους για το «κτίριο αναφοράς», δηλαδή για ένα κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά, γεωγραφικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά που πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις που αφορούν στη θέρμανση ψύξη και κλιματισμό των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και το φωτισμό βάσει του Κανονισμού.

Τότε, ανάλογα με τη τιμή του πηλίκου T της «συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του υπό εξέταση κτιρίου» προς τη «συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς», το κτίριο ταξινομείται σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 3.7: Όρια ενεργειακής ταξινόμησης κτιρίων κατά Κ.Εν.Α.Κ. [Κ.Α.Π.Ε.]

Το κτίριο αναφοράς από τον ΚΕΝΑΚ τοποθετείται στο άνω όριο της Κατηγορίας Β με λόγο $T = 1$.

ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	55		EK <	65		EK <	75		EK <	85
A	55	≤ EK <	80	65	≤ EK <	95	75	≤ EK <	110	85	≤ EK <	125
B+	80	≤ EK <	120	95	≤ EK <	140	110	≤ EK <	165	125	≤ EK <	190
B	120	≤ EK <	160	140	≤ EK <	190	165	≤ EK <	220	190	≤ EK <	250
Γ	160	≤ EK <	210	190	≤ EK <	220	220	≤ EK <	255	250	≤ EK <	295
Δ	210	≤ EK <	265	220	≤ EK <	250	255	≤ EK <	290	295	≤ EK <	335
E	265	≤ EK <	330	250	≤ EK <	315	290	≤ EK <	365	335	≤ EK <	415
Z	330	≤ EK <	395	315	≤ EK <	375	365	≤ EK <	435	415	≤ EK <	500
H	395	≤ EK		375	≤ EK		435	≤ EK		500	≤ EK	

Πίνακας 3.8: Όρια ενεργειακής ταξινόμησης ξενοδοχείων βάσει πρότασης ΚΑΠΕ [Κ.Α.Π.Ε.]

Το κτίριο βρίσκεται εντός της Β Κλιματικής Ζώνης με συνολική ενεργειακή κατανάλωση $EK = 392 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{year}$. Βάσει αυτού και σύμφωνα με τους πίνακες της πρώτης έκδοσης του Κ.Εν.Α.Κ (Πίνακας 3.8), το LEDRA MARRIOTT κατατάσσεται στην κατώτερη κατηγορία Η.

Αυτό μπορεί να αποδοθεί στις τεράστιες ενεργειακές ανάγκες που έχει το κτίριο ανά τετραγωνικό μέτρο λόγω των πολλαπλών χρήσεων και της εντατικής λειτουργίας του κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Ενδεικτικά αναφέρεται η συχνή χρήση του συνεδριακού κέντρου και η συνεχής λειτουργία του εστιατορίου, γυμναστηρίου, καταστήματος και λοιπών δευτερευόντων χώρων. Το ίδιο στοιχείο παρατηρήθηκε και για άλλα ξενοδοχεία του ίδιου μεγέθους και πλήθους χρήσεων, όπως το Metropolitan Athens [15]. Η προσέγγιση αυτή δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες του ίδιου κτιρίου και το συγκρίνει με ένα γενικό δείγμα από την κατηγορία και όχι με το «κτίριο αναφοράς», όπως ορίζει η επόμενη και σε ισχύ έκδοση του Κ.Εν.Α.Κ. (3/2010) . Επίσης, δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η φύση της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Η μόνη διάκριση αφορά στην κλιματική ζώνη και όχι στις χρήσεις, των αριθμό κλιών, τη λειτουργία εστιατορίου, χώρου εκδηλώσεων, γυμναστηρίου, και άλλων ιδιαίτερων παραμέτρων που σχετίζονται με το μέγεθος της μονάδας και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Για το λόγο αυτό πλέον η ταξινόμηση γίνεται μόνο μέσω της σύγκρισης με το κτίριο αναφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

4.1 Πιθανές Παρεμβάσεις

Όπως αναφέρθηκε κατά την περιγραφή της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης για το ξενοδοχείο, έχουν γίνει σημαντικές επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του. Όσον αφορά το κέλυφος, υπάρχει θερμομόνωση στην οροφή και στη τοιχοποιία. Επιπλέον, το σύνολο των υαλοπινάκων είναι με διπλά τζάμια και ειδικά λάστιχα για λόγους ηχομόνωσης, αλλά ταυτόχρονα ελαχιστοποιούνται και οι θερμικές απώλειες. Σε επίπεδο ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, υπάρχουν κακής κατάστασης θερμομόνωση στα δίκτυα θέρμανσης – ψύξης και αερισμού, θερμοστάτες για τον έλεγχο της θερμοκρασίας στους κύριους και χώρους, και τα φωτιστικά σώματα αντικαθίστανται σταδιακά με νέα σύγχρονης τεχνολογίας. Ο έλεγχος των συστημάτων αυτών γίνεται μέσω συστήματος κεντρικού ελέγχου με βασικές λειτουργίες, ενώ για τη θέρμανση και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης δε χρησιμοποιείται πετρέλαιο, αλλά το καθαρότερο και αποδοτικότερο φυσικό αέριο. Τέλος, έχουν πραγματοποιηθεί ενέργειες για την ευαισθητοποίηση του προσωπικού στα περιβαλλοντικά ζητήματα και την εξοικονόμηση ενέργειας στις διάφορες λειτουργίες του ξενοδοχείου. Οι παραπάνω ενέργειες είναι προς τη σωστή κατεύθυνση, και απαιτείται η συνεχής συντήρηση και επιδιόρθωση τυχόν προβλημάτων, ώστε να διατηρούν την αποδοτικότητά τους.

Αντίθετα, δεν έχουν γίνει μέχρι σήμερα επεμβάσεις για τη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, που θα μπορούσαν να περιορίσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πρώτιστα, και για ηλεκτρισμό και ψύξη δευτερευόντως. Επιπρόσθετα, δεν γίνεται καμία αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας.

Μετά από την ανάλυση στο προηγούμενο κεφάλαιο των ενεργειακών καταναλώσεων και τον υπολογισμό δεικτών απόδοσης για τα επιμέρους συστήματα, η μελέτη επικεντρώνεται στην εξέταση προτάσεων εξοικονόμησης στους τομείς με τις μεγαλύτερες καταναλώσεις όπως η θέρμανση και οι ηλεκτρικές καταναλώσεις που επιπλέον εμφανίζουν μη ικανοποιητική συμπεριφορά.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται, διαστασιολογούνται σε επίπεδο προμελέτης και αξιολογούνται οικονομοτεχνικά οι εξής παρεμβάσεις στις ηλεκτρομηχανολογικές υποδομές του ξενοδοχείου:

- Εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος με θερμοδοχείο
- Μονάδα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού με καύσιμο φυσικό αέριο
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκής συστοιχίας
- Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

Οι παραπάνω επεμβάσεις είναι έντασης κεφαλαίου και είναι ενεργητικά συστήματα. Αξιολογούνται ως προς την οικονομική τους βιωσιμότητα με βάση τα κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης. Η συμβολή τους στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του ξενοδοχείου και την ενεργειακή του αναβάθμιση παρουσιάζεται μέσω της μείωσης της «πρωτογενούς ενέργειας» που καταναλώνουν.

4.2 Παραδοχές κατά την Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση

Για το κόστος ενέργειας διατηρούνται οι παραδοχές που έγιναν κατά την αξιολόγηση της παρούσας κατάστασης για το LEDRA MARRIOTT στην Ενότητα 3.4. Έχουμε θεωρήσει σταθερή τιμή ρεύματος ίση με 150 ευρώ / MWh.electric, σταθερή τιμή φυσικού αερίου ίση με 0,7 ευρώ / Nm³ με ενεργειακό περιεχόμενο για το φυσικό αέριο 11,7 kWh / Nm³ και μέση απόδοση του συστήματος λέβητα στο 90%. Ισοδύναμα το φυσικό αέριο κοστίζει 66,48 ευρώ / MWh.thermal.

Την τριετία 2009-2011 η μέση ετήσια κατανάλωση είναι 5.875MWh ηλεκτρισμού και 4.373,2MWh φυσικού αερίου. Ανά τετραγωνικό μέτρο στεγασμένης επιφάνειας, η κατανάλωση ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου είναι 226 kWh/τμ. έτος και 168,2 kWh/τμ. έτος αντίστοιχα.

Καθώς δεν υπάρχουν ημερήσιες κατανομές, θεωρούμε τις ημέρες κάθε μήνα ενεργειακά ισοδύναμες και το πιθανό συνολικό φορτίο για θέρμανση και κλιματισμό προκύπτει από τη διαίρεση των μηνιαίων καταναλώσεων των τριών ετών προς το πλήθος ημερών κάθε μήνα. Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας. Η κατανομή τους σε φορτία για θέρμανση, ζεστό νερό και κλιματισμό δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Είναι όμως βέβαιο ότι τα φορτία που καλύπτονται με φυσικό αέριο αφορούν σε θέρμανση και ζεστό νερό.

Χρονική Περίοδος	Φορτία που καλύπτονται με ηλεκτρισμό (MWh)			Φορτία που καλύπτονται με φυσικό αέριο (MWh)			Συνολικό ημερήσιο φορτίο (MWh)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Ιανουάριος	13,26	13,55	13,61	10,67	11,83	14,02	23,92	25,38	27,64
Φεβρουάριος	13,39	13,71	13,75	13,39	12,79	12,46	26,78	26,51	26,21
Μάρτιος	13,26	13,35	13,35	12,10	10,12	11,81	25,36	23,48	25,17
Απρίλιος	14,10	14,10	13,67	10,51	9,11	11,09	24,61	23,21	24,76
Μάιος	17,13	16,74	16,06	10,01	8,07	10,46	27,14	24,81	26,52
Ιούνιος	19,50	19,53	19,00	11,03	12,55	10,26	30,53	32,09	29,26
Ιούλιος	19,74	20,19	19,42	8,79	11,79	9,33	28,53	31,99	28,75
Αύγουστος	18,48	19,16	17,87	9,30	9,23	8,54	27,78	28,39	26,41
Σεπτέμβριος	18,90	18,90	18,67	11,22	9,85	9,79	30,12	28,75	28,45
Οκτώβριος	17,90	16,84	15,48	10,78	10,71	11,90	28,68	27,55	27,38
Νοέμβριος	15,50	15,63	13,60	11,21	10,10	11,67	26,71	25,74	25,27
Δεκέμβριος	14,32	14,35	12,94	10,16	10,93	11,19	24,48	25,28	24,12

Πίνακας 4.1: Ημερήσια φορτία

Οι μέγιστες μέσες τιμές που προκύπτουν για τα φορτία για τη τριετία 2009-2011 είναι 20,19MWh καλυπτόμενα από ηλεκτρισμό και 14,02kWh καλυπτόμενα από φυσικό αέριο. Άρα μπορούμε να υποθέσουμε ότι το μέγιστο ημερήσιο θερμικό φορτίο το χειμώνα είναι περίπου 15MWh.thermal. Θεωρώντας ότι το σύστημα λεβήτων λειτουργεί 15 ισοδύναμες ώρες ανά ημέρα απαιτείται ονομαστική (100% λειτουργία) αποδιδόμενη θερμική ισχύς 1000kW.thermal, ώστε να καλύπτονται τα θερμικά φορτία όλο το έτος. Αντίστοιχα, κανένα μήνα του έτους το θερμικό φορτίο δεν είναι μικρότερο των 8MWh.thermal, οπότε το ελάχιστο θερμικό φορτίο που καλύπτεται από φυσικό αέριο είναι 535kW.thermal.

Το μέγιστο ημερήσιο ηλεκτρικό φορτίο για την κάλυψη ψυκτικών αναγκών εκτιμάται σε περίπου 7,5MWh.electric., διατηρώντας την υπόθεση εργασίας ότι η αύξηση στην ηλεκτρική κατανάλωση μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού ισοδυναμεί με τη λειτουργία του κλιματισμού. Θεωρώντας ότι το υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού έχει βαθμό απόδοσης (COP) ίσο με 2 τότε η μέγιστη ζητούμενη ψυκτική ισχύς είναι 15MWh.cooling. Θεωρείται ότι το σύστημα κλιματισμού λειτούργησε για 15 ισοδύναμες ώρες στα 1000kW.cooling.

Για διευκόλυνση των υπολογισμών, στον παρακάτω πίνακα υπολογίζονται οι μέσες τιμές των καταναλώσεων των τριών ετών για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.

Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh)	Φυσικό αέριο (MWh)	Θερμικές ανάγκες (MWh.thermal)	Ψυκτικές ανάγκες (MWh.cool)	Λοιπές ηλεκτρικές ανάγκες (MWh)	Ημέρες μήνα	Ισοδύναμες Ώρες Θέρμανσης	Θερμική Ισχύς (kW.thermal)	Ισοδύναμες Ώρες Ψύξης	Ψυκτική Ισχύς (kW.cool)	Ισοδύναμες Ώρες Ηλεκτρικών Καταναλώσεων	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
Ιανουάριος	417,7	419,3	377,4	0,0	417,7	31	15	901,7	15	0,0	20	673,7
Φεβρουάριος	381,3	400,7	360,7	0,0	381,3	28	15	954,2	15	0,0	20	681,0
Μάρτιος	413,0	390,8	351,7	0,0	413,0	31	15	840,4	15	0,0	20	666,1
Απρίλιος	418,7	341,3	307,1	0,0	418,7	30	15	758,4	15	0,0	20	697,8
Μάιος	516,0	327,7	294,9	269,3	381,3	31	15	704,7	15	579,2	20	615,1
Ιούνιος	580,3	376,0	338,4	398,0	381,3	30	15	835,7	15	884,4	20	635,6
Ιούλιος	613,3	343,4	309,0	464,0	381,3	31	15	738,5	15	997,8	20	615,1
Αύγουστος	573,7	310,8	279,7	384,7	381,3	31	15	668,4	15	827,2	20	615,1
Σεπτέμβριος	564,7	342,9	308,6	366,7	381,3	30	15	761,9	15	814,8	20	635,6
Οκτώβριος	519,0	383,3	345,0	275,3	381,3	31	15	824,3	15	592,1	20	615,1
Νοέμβριος	447,3	366,5	329,8	0,0	447,3	30	15	814,4	15	0,0	20	745,6
Δεκέμβριος	430,0	370,5	333,5	0,0	430,0	31	15	796,9	15	0,0	20	693,5

Πίνακας 4.2: Μέσες μηνιαίες τιμές

Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις θα αξιολογηθούν με τα κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Κ.Π.Α.) και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (Ε.Β.Α.) που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα

2.5. Κατά την αξιολόγηση γίνονται οι εξής παραδοχές

- Η διάρκεια ζωής όλων των επενδύσεων είναι 25 έτη
- Οι επενδύσεις θα γίνουν με ίδια κεφάλαια, χωρίς τραπεζικό δανεισμό ή την ένταξη σε κάποιο αναπτυξιακό πρόγραμμα
- Τα παραγόμενα ποσά ενέργειας θα αξιοποιούνται αποκλειστικά για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου και όχι προς πώληση σε δημόσιο δίκτυο.
- Το οικονομικό όφελος που θα προκύπτει δε θα επιβαρύνεται με φόρους, καθώς δεν είναι επιπλέον έσοδο, αλλά έξοδο που αποφεύγεται.
- Το επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται ίσο με 8% και οι τιμές όλων των ειδών και υπηρεσιών αυξάνονται σε ποσοστό 2% ετησίως σταθερά σε όλη την 25-ετία.
- Όλες οι τιμές είναι απαλλαγμένες από το Φόρο Προστιθέμενης Αξίας, καθώς η εγκατάσταση θα γίνει σε εταιρία, και ο Φ.Π.Α. συμψηφίζεται λογιστικά.

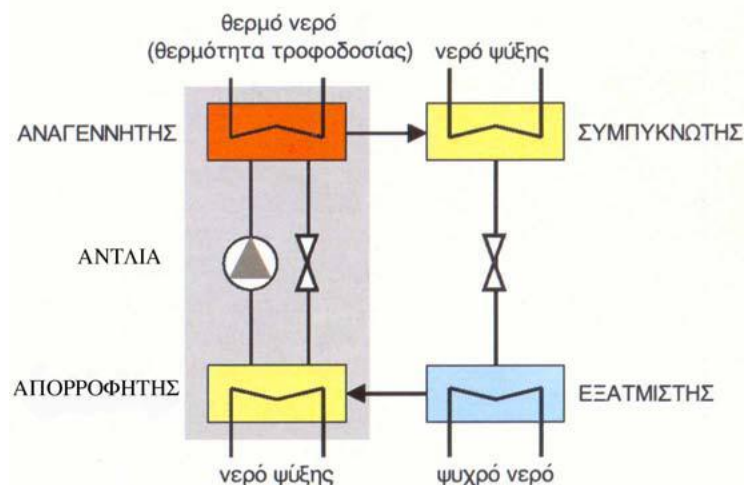
4.3 Ψύκτες απορρόφησης

Οι ψύκτες απορρόφησης δεν αποτελούν αυτοτελώς ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας, αλλά μία τεχνολογία αξιοποίησης πλεονάσματος ενέργειας που, χωρίς την αξιοποίηση του σε αυτούς, θα απορρίπτονταν στο περιβάλλον. Πρόκειται για μία τεχνολογία βελτίωσης της εκμετάλλευσης του ενεργειακού περιεχομένου των πρωτογενών πηγών ενέργειας, όταν αξιοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας.

Με τους ψύκτες απορρόφησης πραγματοποιείται μετατροπή της θερμότητας σε ψύξη. Βρίσκουν επιτυχή εφαρμογή στις περιπτώσεις όπου υπάρχει διαθέσιμη θερμότητα και δεν υπάρχουν ανάγκες θέρμανσης, αλλά ψύξης. Δεν αποτελούν από μόνοι τους ένα σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας. Όμως αν διοχετευτεί σε αυτούς θερμότητα που προορίζονταν προς απόρριψη στο περιβάλλον, βελτιώνουν την ενεργειακή αξιοποίηση του καυσίμου και μειώνουν την κατανάλωση ενεργειακών πηγών, κυρίως ηλεκτρισμού, για ψύξη [19,21].

Ο κύκλος απορρόφησης αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

1. Εξατμιστής: Το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται είναι το νερό. Με τον ψεκασμό του νερού σε ένα δοχείο όπου υπάρχουν συνθήκες κενού (πίεση της τάξεως του 0,01bar), αυτό εξατμίζεται και προκαλείται πτώση της θερμοκρασίας (5-7°C).
2. Απορροφητής: Οι υδρατμοί που παράγονται απορροφούνται από ένα διαλυτικό μέσο. Το πιο σύνηθες μέσο απορρόφησης είναι το Βρωμιούχο Λίθιο (LiBr).
3. Αναγεννητής: Το κορεσμένο διάλυμα αναγεννάται από μια πηγή θερμότητας, είτε νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης από 70°C ή ατμό χαμηλής πίεσης, και ελευθερώνονται οι υδρατμοί από το LiBr.
4. Συμπυκνωτής: Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται από νερό θερμοκρασίας μικρότερης από 35 °C.



Διάγραμμα 4.1 Σχηματικό διάγραμμα αρχής λειτουργίας ενός ψύκτη απορρόφησης [19,21]

Ο βαθμός απόδοσης ενός ψύκτη είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας θερμού νερού που προσάγεται για την αναγέννηση του διαλύματος. Για τους ψύκτες απορρόφησης οι τιμές κυμαίνονται από 0,5 για αναγέννηση με θερμό νερό 70 °C, έως και 1,1 για ατμό.

Υπάρχει και η δυνατότητα άμεσης παραγωγής ψύξης από συμβατικό καύσιμο (π.χ. φυσικό αέριο) σε ψύκτες απορρόφησης άμεσης καύσης. Η διαφορά με τους προαναφερόμενους ψύκτες είναι ότι η αναγέννηση του διαλύματος επιτυγχάνεται με τη θερμότητα που παράγεται από τη καύση φυσικού αερίου και όχι από ήδη διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στις ψυκτικές μονάδες $H_2O / LiBr$ χρησιμοποιούνται υδρόψυκτοι συμπυκνωτές, δηλαδή πύργοι ψύξεως. Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την ψύξη νερού κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Λόγω της χρησιμοποίησης του νερού ως ψυκτικού μέσου στις διατάξεις αυτές η θερμοκρασία παραγωγής ψυκτικής ισχύος δεν κατέρχεται συνήθως κάτω από + 4°C. Οι διατάξεις απορρόφησης αυτού του είδους κατασκευάζονται σε δυο τύπους μεγάλης και μικρής ψυκτικής ισχύος. Οι μεγάλης ισχύος μονάδες κατασκευάζονται για ψυκτική ισχύ από 350kW μέχρι 5MW και οι μικρές για ισχύ από 10 έως 100kW.

Οι ψύκτες απορρόφησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην υλοποίηση συστημάτων ηλιακού κλιματισμού σε συνδυασμό με ηλιοθερμικά συστήματα. Σε θερμά κλίματα με υψηλή ηλιοφάνεια, όπως της Ελλάδας, απαιτούνται 3-4 m² συλλεκτών / kW ψύξης. Ηλιακοί συλλέκτες υψηλής απόδοσης μπορούν τροφοδοτούν με ζεστό νερό προσαγωγής σε θερμοκρασία 70 έως 100°C τον ψύκτη. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το ζεστό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί

για τον κλιματισμό του κτιρίου αλλά και για την εξασφάλιση του ZNX που χρειάζεται το ξενοδοχείο. Τους χειμερινούς μήνες το ζεστό νερό μπορεί να εξασφαλίσει τη θέρμανση του κτιρίου καθώς και τις ανάγκες για ZNX.

Τα πλεονεκτήματα των ψυκτών απορρόφησης σε σύγκριση με τις ηλεκτροκίνητες ψυκτικές μηχανές είναι:

- Έχουν ελάχιστη ηλεκτρική κατανάλωση σε αντίθεση με τους συμβατικούς ψύκτες συμπίεσης που έχουν αυξημένες απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ψύκτες απορρόφησης να εμφανίζουν σημαντικά ενεργειακά πλεονεκτήματα, κυρίως όταν τροφοδοτούνται από απορριπτόμενη θερμότητα. Έτσι προσφέρουν την δυνατότητα σημαντικής αύξησης του συνολικού βαθμού απόδοσης μίας θερμικής μονάδας.
- Οι ψύκτες απορρόφησης είναι φιλικότεροι προς το περιβάλλον σε σχέση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες. Συγκεκριμένα, αφού η αρχή λειτουργίας τους δεν στηρίζεται στην χρήση κανενός είδους κάποιου συμβατικού ψυκτικού μέσου και έτσι έχουν μηδενική επίδραση στην καταστροφή του όζοντος. Επιπλέον, έχουν μικρή συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Οι ψύκτες άμεσης θέρμανσης έχουν την δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων καυσίμων. Το γεγονός αυτό καθιστά ιδανική την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει επαρκής ηλεκτρικής ισχύς για τους παραδοσιακούς ηλεκτρικούς ψύκτες. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υφιστάμενα κτίρια με ήδη επιβαρυσμένη ηλεκτρική εγκατάσταση από άλλες διεργασίες.
- Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις απορρόφησης έχουν ελάχιστα κινούμενα μέρη. Επομένως, έχουν μεγάλο μηχανικό βαθμό απόδοσης, μικρές απαιτήσεις εποπτείας και συντήρησης και υψηλή αξιοπιστία. Τέλος, παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών, καθώς ο ψύκτης απορρόφησης δεν χρησιμοποιεί συμβατικό συμπιεστή του ψυκτικού μέσου. Οπότε δεν απαιτείται ηχομόνωση του χώρου εγκατάστασης της ψυκτικής μηχανής.

Από την άλλη, τα μειονεκτήματα τους έναντι των συμβατικών ψυκτικών μηχανών είναι:

- Έχουν χαμηλότερο COP και άρα αποβάλλεται περισσότερη θερμότητα. Ενδεικτικά COP 0,8 έναντι 2.

- Έχουν κατά 50% μικρότερη πυκνότητα ισχύος
- Έχουν υψηλότερο κόστος κτήσης. Είναι οικονομικά βιώσιμες και αποδοτικές, όταν το κόστος της χρησιμοποιούμενης θερμότητας είναι πολύ μικρό.
- Είναι τεχνολογικά λιγότερο ώριμες και δοκιμασμένες



Εικόνα 4.1: Ψύκτης απορρόφησης 105kW

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν θα αξιολογηθεί η μεμονωμένη ενσωμάτωση συστήματος απορρόφησης στις ενεργειακές υποδομές του ξενοδοχείου καθώς οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι ελάχιστες. Η θερμότητα που παράγεται από τους λέβητες φυσικού αερίου αξιοποιείται προς τη θέρμανση νερού για θέρμανση και χρήση. Η θερμοκρασία των καυσαερίων, του σώματος των καυστήρων και του νερού επιστροφής δεν είναι γνωστά, ώστε να αξιολογηθεί η δυνατότητα εγκατάστασης ψύκτη απορρόφησης. Προτείνεται, όμως, ως απαραίτητο πρόσθετο στις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας όπου υπάρχει μεταφορά και εναλλαγή θερμότητας χωρίς τη δυνατότητα παραγωγής ψύξης. Αυτές είναι η ηλιοθερμία και η συμπαραγωγή.

Το κόστος ενός συστήματος ψύκτη απορρόφησης διαφοροποιείται ανάλογα με την ισχύ του. Για ισχύ της τάξεως των 100kW ανέρχεται προσεγγιστικά στα 1000€/kW. cooling. Θεωρώντας ενδεικτικά ότι λειτουργεί με μέσο COP 0,8, το κόστος ανά μονάδα ηλεκτρικής ισχύος ανέρχεται στα 1250€/kW.electric for cooling.

4.4 Ηλιοθερμία

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται και μελετάται σε προκαταρκτικό επίπεδο η σκοπιμότητα εγκατάστασης στο ξενοδοχείο ενός συστήματος ηλιακών συλλεκτών εξαναγκασμένης ροής εξοπλισμένου με θερμοδοχείο, για την κάλυψη τμήματος των θερμικών αναγκών του.

Τα ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού χρήσης, για τη θέρμανση χώρων ακόμη και για ψύξη χώρων, αν συνδυαστούν με σύστημα απορρόφησης.

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες φυσικής ροής. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 40° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως για εφαρμογές στην Ελλάδα.

Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης (θερμοκρασία μικρότερη των 80°C). Η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία και της αυξανόμενης αξιοπιστίας των ψυκτών απορρόφησης. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές συστημάτων ηλιακού κλιματισμού και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη.

Η εφαρμογή που είναι διαδεδομένη στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα εξαναγκασμένης ροής με δοχείο αποθήκευσης θερμότητας. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες για τη θέρμανση χώρων θεωρείται τεχνικά αλλά και οικονομικά αποδοτική, αν συνδυαστεί με την κατάλληλη μελέτη και κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών ωφελειών, κ.λπ.) και τη συνεργασία του χρήστη. Μπορεί

να εξοικονομήσει συμβατική ενέργεια σε νέα ή παλιά κτίρια, στα οποία έχουν ληφθεί όλα τα εφικτά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη μεγιστοποίηση της οικονομικότητας της εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση είναι πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης [22,23].

Οι συμβατικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από μία απορροφητική επιφάνεια με γυάλινο κάλυμμα και υδραυλικό κύκλωμα, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν σε θερμότητα (ζεστό νερό). Αυτός ο τύπος συλλέκτη μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά όλους τους μήνες του χρόνου.



Εικόνα 4.2: Συστοιχία ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού επί επίπεδης οροφής [22]

Το υπό μελέτη ξενοδοχείο διαθέτει περιορισμένο διαθέσιμο ασκίαστο χώρο στην οροφή του. Μόλις διακόσια (200) τετραγωνικά μέτρα προσφέρονται για τη τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών. Πρακτικά για την εγκατάσταση 1 τετραγωνικού μέτρου συλλέκτη απαιτούνται 2 τετραγωνικά μέτρα διαθέσιμου ασκίαστου χώρου. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών συνολικής επιφάνειας εκατό (100) τετραγωνικών μέτρων.

Σε ετήσια βάση, ένα τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη αποδίδει από 500 έως 700kWh. Για τις ανάγκες της παρούσας θεωρούμε ετήσια απόδοση $600\text{kWh} / \text{m}^2$, οπότε το ανωτέρω σύστημα θα αποδίδει ετησίως 60.000kWh σε ζεστό νερό.

Το μέσο κόστος για την προμήθεια και εγκατάσταση ενός ηλιοθερμικού συστήματος συμπεριλαμβανομένων των σωληνώσεων ανέρχεται σε 300 ευρώ / m^2 . Επιλέγεται η χρήση ενός

μικρού συστήματος θερμοδοχείων για τη διαχείριση του ζεστού νερού που παράγεται από το ηλιακό σύστημα και τον παραλληλισμό του με το υφιστάμενο δίκτυο του ζεστού νερού, χωρίς να μελετάται η βελτιστοποίηση του συνολικού συστήματος. Θεωρούμε ότι η τοποθέτηση μίας διάταξης δύο (2) θερμοδοχείων των 500 λίτρων είναι επαρκής για το σκοπό αυτό και το κόστος του ανέρχεται σε 3.000ευρώ. Έτσι, το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση του ηλιοθερμικού συστήματος θα είναι 33.000ευρώ.

Το λειτουργικό κόστος του παραπάνω συστήματος είναι περίπου 500 ευρώ και περιλαμβάνει τον έλεγχο των σωληνώσεων και την πλήρωση του ρευστών μεταφοράς της θερμότητας, καθώς και την κυκλοφορία του ρευστού μέχρι το λεβητοστάσιο.

Όσον αφορά στην παραγόμενη θερμότητα, αυτή θα καλύπτει υφιστάμενες θερμικές καταναλώσεις του κτιρίου. Ανάλογα με τη συνδεσμολογία που θα επιλεγεί, αυτή είτε θα αποδίδεται μόνο στο κύκλωμα του ζεστού νερού χρήσης είτε παράλληλα προς τους δύο λέβητες προς κάλυψη όλων των θερμικών αναγκών. Λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χώρου, η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο του ξενοδοχείου είναι περιορισμένη. Το ηλιοθερμικό σύστημα θα καλύπτει μόλις το $60.000\text{kWh}/4.300\text{MWh} = 1,4\%$ των θερμικών αναγκών που καλύπτονταν από το φυσικό αέριο. Συνεπώς προκύπτει ότι δεν χρίζει μελέτης η εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης μαζί με το σύστημα ηλιοθερμίας για ηλιακό κλιματισμό.

Σε κάθε περίπτωση, εξοικονομείται τέτοια ποσότητα φυσικού αερίου που θα απαιτούνταν για την παραγωγή 60.000kWh θερμότητας. Με το βαθμό απόδοσης του λέβητα στο 90% θα καιγόταν τέτοια ποσότητα φυσικού αερίου με περιεχόμενο 60/0,9 = 66,67MWh. Στην Ενότητα 4.2 θεωρήσαμε για την προσέγγιση μας ότι το φυσικό αέριο περιέχει 11,7KWh/Nm³ και ότι κοστίζει 0,7ευρώ/ Nm³. Έτσι, αποτρέπεται ετησίως η κατανάλωση $66.670 / 11,7 = 5.698,3 \text{ Nm}^3$ φυσικού αερίου και έξοδα ύψους 3.988,8 ευρώ.

Συγκεντρωτικά, τα οικονομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης:

Κόστος επένδυσης (ευρώ)	33.000
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (kWh)	60.000
Ετήσιο οικονομικό όφελος (ευρώ)	3.988,8
Διάρκεια ζωής (έτη)	25
Ετήσια αύξηση τιμών	2%
Ετήσιο κόστος συντήρησης (ευρώ)	500
Επιτόκιο αναγωγής (i)	8%

Πίνακας 4.3: Οικονομικά στοιχεία συστήματος ηλιοθερμίας

Με βάση τα παραπάνω, και θεωρώντας όπως και στις υπόλοιπες επεμβάσεις ότι το κόστος της επένδυσης θα καλυφθεί αποκλειστικά από ίδια κεφάλαια χωρίς δανεισμό, προκύπτει ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης είναι ΚΠΑ = 10.386,3 ευρώ και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης EBA= 11,4%. Η περίοδος αποπληρωμής υπολογίστηκε στα 14,67 έτη. Οι υπολογισμοί των παραπάνω φαίνονται στο Παράρτημα Α.

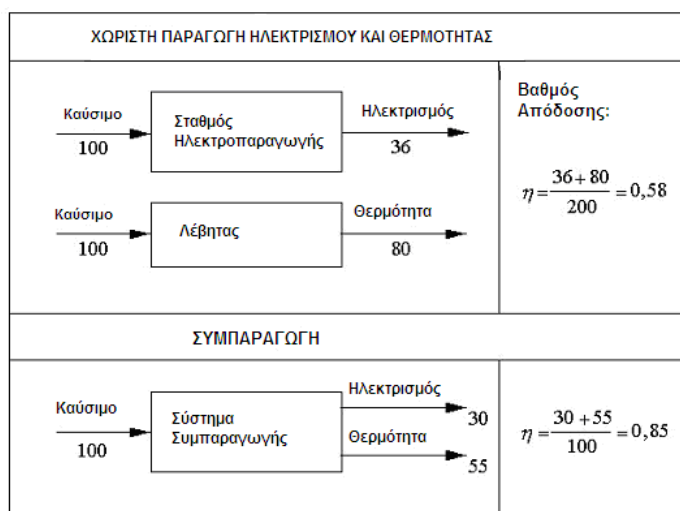
Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας, μειώνεται κατά 1,4% η κατανάλωση του φυσικού αερίου. Για τον ηλεκτρισμό, η αύξηση λόγω των αντλιών, είναι αμελητέα. Η νέα καταναλισκόμενη πρωτογενής ενέργεια είναι: $4.306,5 \times 1,05/26 + 5.875 \times 2,9/26 = 829,2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{year}$.

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η εγκατάσταση ηλιοθερμικού συστήματος είναι μία οικονομικά συμφέρουσα επένδυση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή η διαθέσιμη επιφάνεια είναι πολύ περιορισμένη, η ισχύς του συστήματος θα είναι πολύ μικρή και συνεπώς η συμβολή της στους ενεργειακούς δείκτες της μονάδας πολύ μικρή. Σε κτίρια με μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια είναι μία βιώσιμη επιλογή, που χρίζει περαιτέρω αξιολόγησης.

4.5 Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού – Θερμότητας

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η τεχνολογία της συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας από κατάλληλη διάταξη και μελετάται σε προκαταρκτικό επίπεδο η σκοπιμότητα εγκατάστασης μιας μονάδας συμπαράγωγής ΣΗΘ μικρής κλίμακας στο ξενοδοχείο. Μάλιστα, συγκρίνονται τέσσερα ακραία πιθανά συστήματα εγκαταστάσεων με βάση τη συμπαράγωγή [1,15,24,25].

Συμπαράγωγή ονομάζουμε την συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής θεωρητικά) και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η απόδοση των συστημάτων συμπαράγωγής φτάνει το 80-85%, εξοικονομώντας ενέργεια κατά 15%-40%, σε σχέση με συμβατικές τεχνολογίες χωριστής ηλεκτροπαραγωγής και παραγωγής θερμότητας. Η εξοικονόμηση αυτή προκύπτει από την ανάκτηση και αξιοποίηση θερμότητας, που διαφορετικά θα αποβαλλόταν στο περιβάλλον κατά την λειτουργία των συμβατικών μηχανών.



Διάγραμμα 4.2: Ενεργειακά οφέλη συμπαράγωγής

Επιπροσθέτως, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια μονάδα συμπαράγωγής συνήθως καλύπτει τοπικές ανάγκες για ηλεκτρισμό, με συνέπεια οι απώλειες μεταφοράς και διανομής να είναι αμελητέες. Η θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για κλιματισμό. Η ψύξη επιτυγχάνεται με μηχανές απορρόφησης, που λειτουργούν με ατμό ή θερμό νερό (τριπαραγωγή).

Επειδή η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ευκολότερη και φτηνότερη από την μεταφορά θερμικής, οι εγκαταστάσεις συμπαραγωγής βρίσκονται συνήθως όσο πιο κοντά γίνεται στο χώρο όπου θα καταναλωθεί η θερμική ενέργεια και διαστασιολογούνται έτσι ώστε να καλύπτουν το θερμικό φορτίο. Όταν παράγεται λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από αυτή που απαιτείται, είναι απαραίτητο να αγοραστεί επιπρόσθετη από το δίκτυο. Αν παράγεται πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια, αυτή μπορεί να πουληθεί στο δίκτυο, αν έχει ακολουθηθεί η απαιτούμενη αδειοδοτική διαδικασία που προβλέπεται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) και το Διαχειριστή του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ).

Τα κτίρια που μπορούν να ωφεληθούν περισσότερο από ένα τέτοιο σύστημα είναι αυτά που έχουν συνεχή, σταθερή και παράλληλη ζήτηση ηλεκτρισμού και θερμότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή η θερμότητα που παράγεται κατά τη διάρκεια λειτουργίας μια μονάδας ΣΗΘ δεν μπορεί να αποθηκευτεί και πρέπει να καταναλωθεί άμεσα, διαφορετικά εξάγεται στο περιβάλλον. Αντίθετα, η πλεονάζουσα παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο και να πουληθεί.

Η συμπαραγωγή δεν αποτελεί μία συγκεκριμένη τεχνολογία, αλλά εφαρμογή τεχνολογιών σε συνδυασμό, που καλύπτουν ταυτόχρονα ηλεκτρικές και θερμικές ανάγκες, με σκοπό την βελτίωση του βαθμού απόδοσης. Οι ανάγκες αυτές διαφοροποιούνται από εγκατάσταση σε εγκατάσταση, συνεπώς ο τύπος και ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος θα πρέπει να επιλεγθούν προσεκτικά. Ένα σύστημα συμπαραγωγής αποτελείται κυρίως από τέσσερα στοιχεία: τον κινητήρα, την ηλεκτρογεννήτρια που συνδέεται στον ίδιο άξονα με τον κινητήρα, το σύστημα ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια και τις επιφάνειες του κινητήρα και το σύστημα ελέγχου.

Απαραίτητα είναι τα μέτρα μείωσης θορύβου και κραδασμών στα επιτρεπτά επίπεδα. Όταν το σύστημα συμπαραγωγής τοποθετηθεί στο υπόγειο ενός κτιρίου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα αντίστοιχα υλικά που μειώνουν τον θόρυβο στο ίδιο το δωμάτιο, να ενισχυθεί η κατασκευή των τοίχων, ταβανιών και πατωμάτων για να προφυλαχτούν από τον θόρυβο τα γειτονικά δωμάτια και να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εξοπλισμός στην έξοδο καυσαερίων, μειώνοντας τον θόρυβο προς τα έξω. Παράλληλα, εάν το σύστημα συμπαραγωγής τοποθετηθεί εντός ή στη ταράτσα ενός κτιρίου, επιπλέον εξοπλισμός για την μείωση των κραδασμών είναι απαραίτητος. Τέλος, πρέπει να ρυθμιστεί η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων ώστε να αποφεύγεται η υγραποίηση τους εντός του αγωγού εξαγωγής.

Η μελέτη σκοπιμότητας και ο τελικός σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να βασίζονται στην καμπύλη φορτίου του συγκεκριμένου κτιρίου. Οι μέγιστες τιμές ή ένας μέσος όρος των τιμών που αφορούν στο φορτίο δεν επαρκούν καθώς ενδέχεται να οδηγήσουν σε λανθασμένα αποτελέσματα και επιλογές. Ο ετεροχρονισμός μεταξύ ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου, καθώς και η μεταβολή της ζήτησης του ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια του 24-ώρου, καθιστούν απαραίτητη την ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης θερμότητας (θερμοδοχείο) με δευτερεύουσα πηγή θερμότητας, προκειμένου να επιτευχθεί οικονομικότερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του συστήματος συμπαραγωγής.

Μελέτες σκοπιμότητας σε ελληνικά κτίρια τριτογενή τομέα, κυρίως νοσοκομεία, δείχνουν ότι η εγκατάσταση μονάδων συμπαραγωγής είναι συμφέρουσα όταν η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται τόσο τον χειμώνα (για θέρμανση) όσο και το καλοκαίρι (για δροσισμό). Τα κτίρια στα οποία συνήθως συμφέρει περισσότερο η εγκατάσταση ενός συστήματος ΣΗΘ είναι τα νοσοκομεία, τα μεγάλα κτίρια γραφείων και τα μεγάλα ξενοδοχεία που λειτουργούν όλο το χρόνο, όπως τα LEDRA MARRIOTT.

Μεγάλη ώθηση στη διάδοση της συμπαραγωγής έχει δώσει η μαζική παραγωγή τυποποιημένων μονάδων με ηλεκτρική ισχύ 10-1000kW, που έχουν χαμηλό κόστος, μικρό όγκο, εύκολη εγκατάσταση (το μόνο που απαιτείται είναι η σύνδεσή τους με τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα) και αυτοματοποιημένη λειτουργία χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό.



Εικόνα 4.3: Τυποποιημένη μονάδα συμπαραγωγής

Ο βαθμός απόδοσης ενός συστήματος συμπαραγωγής με εμβολοφόρο κινητήρα εσωτερικής καύσης βρίσκεται στην περιοχή του 80%. Η διάρκεια ζωής είναι 20-25 έτη και εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας, την ποιότητα του καυσίμου και την ποιότητα της συντήρησης. Το φυσικό αέριο είναι ιδιαίτερα κατάλληλο καύσιμο για τις μονάδες αυτές χάρη στην καθαρότητα, την έλλειψη ανάγκης αποθήκευσης και τη χαμηλή του τιμή.

Στην παρούσα προσέγγιση, οι παραγόμενες από το ΣΗΘ θερμότητα και ηλεκτρισμός θα ιδιοκαταναλώνονται από το ξενοδοχείο. Η θερμότητα θα αξιοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων μέσω των fan coils, ενώ το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα τροφοδοτεί τις ηλεκτρικές καταναλώσεις παράλληλα με το δίκτυο. Στην περίπτωση που επιλεγεί η πώληση του ηλεκτρισμού στο δίκτυο, θα πρέπει να ακολουθηθεί η αντίστοιχη αδειοδοτική διαδικασία, ενώ τα οικονομικά μεγέθη της επένδυσης θα βελτιωθούν λόγω της υψηλότερης τιμής που προβλέπεται από τη σχετική νομοθεσία.

Στα πλαίσια της παρούσας εξετάζονται τέσσερα σενάρια συστημάτων:

1^ο σενάριο: Σύστημα συμπαραγωγής με θερμική ισχύ ίση με την ελάχιστη απαιτούμενη σε όλη τη διάρκεια του έτους, δηλαδή στα 535kW.thermal. Στο σενάριο αυτό γίνεται εκμετάλλευση της μηχανής συμπαραγωγής κατά τη διάρκεια όλου του έτους σε πλήρη ισχύ. Οι επιπλέον απαιτήσεις για θερμότητα καλύπτονται από το υφιστάμενο σύστημα λεβήτων φυσικού αερίου που εδώ λειτουργεί ως δευτερεύουσα πηγή. Δεν περισσεύει θερμότητα για εκμετάλλευση της προς ψύξη μέσω ψύκτη απορρόφησης και η ηλεκτρική ενέργεια ιδιοκαταναλώνεται στο κτίριο.

2^ο σενάριο: Σύστημα συμπαραγωγής με θερμική ισχύ ίση με τη μέγιστη ζήτηση, δηλαδή τα 1000kW.thermal. Στη διάρκεια του καλοκαιριού το σύστημα λειτουργεί αρκετά χαμηλότερα από το 100% της δυναμικότητας του. Το σύστημα λεβήτων του φυσικού αερίου λειτουργεί μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις και τα διαστήματα συντήρησης. Δεν υπάρχει περίσσεια θερμότητας και η ηλεκτρική ενέργεια ιδιοκαταναλώνεται.

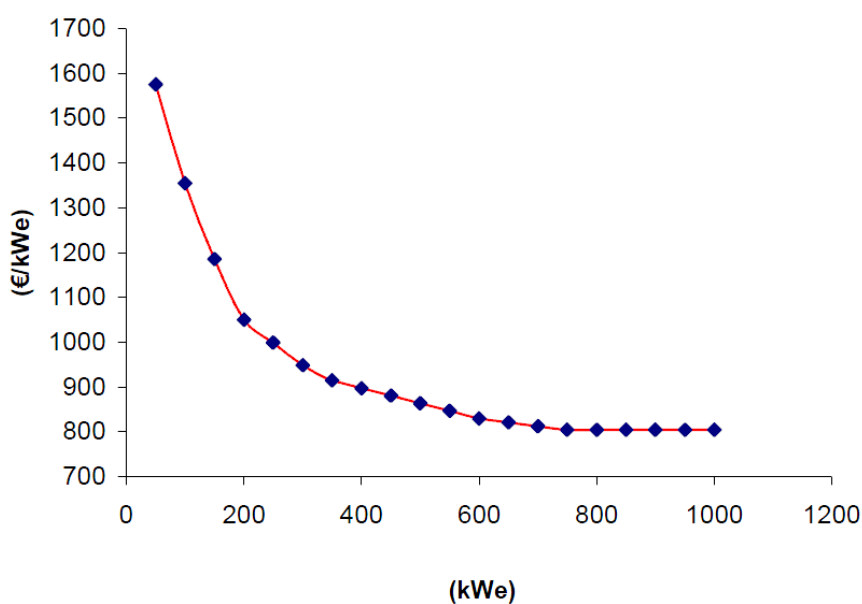
3^ο σενάριο: Σύστημα συμπαραγωγής με θερμική ισχύ στα 1000kW.thermal, το οποίο θα συνοδεύεται από ψύκτη απορρόφησης 1000kW.cooling με στόχο την κάλυψη και των ψυκτικών φορτίων του καλοκαιριού (τριπαραγωγή). Οι λέβητες του φυσικού αερίου λειτουργούν μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις και κατά τα διαστήματα συντήρησης και μόνο για την κάλυψη θερμικών αναγκών. Δεν υπάρχει περίσσεια θερμότητας και η ηλεκτρική ενέργεια

ιδιοκαταναλώνεται. Πλέον, η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μειωμένη λόγω της ελαχιστοποίησης της κατανάλωσης της για τον κλιματισμό των χώρων.

4^ο σενάριο: Σύστημα συμπαραγωγής 1000kW.thermal, χωρίς ψύκτη απορρόφησης ρυθμισμένο να ακολουθεί την κατανάλωση ηλεκτρισμού. Αν η ζήτηση ηλεκτρισμού ξεπεράσει την παραγωγή από τη μονάδα ΣΗΘ, τότε η διαφορά καλύπτεται από το δίκτυο. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η χρήση συστήματος ΣΗΘ είναι πιο συμφέρουσα όταν η παραγόμενη θερμική ενέργεια καταναλώνεται άμεσα καλύπτοντας μέρος ή το σύνολο από τις θερμικές ανάγκες του ξενοδοχείου. Όμως, το σενάριο αυτό εξετάζεται εξαιτίας της σημαντικά ακριβότερης τιμής του ηλεκτρισμού σε σύγκριση με το φυσικό αέριο. Δεν διαστασιολογείται το απαιτούμενο θερμοδοχείο λόγω της έλλειψης δεδομένων για τη χρονική κατανομή των φορτίων

Για όλα τα πιθανά συστήματα υπάρχει αρκετός χώρος πλησίον του υφιστάμενου μηχανοστασίου του ξενοδοχείου. Ο χώρος εγκατάστασης θα μονωθεί ηχητικά και το σύστημα θα τοποθετηθεί επί βάσης με ανάρτηση για την ελαχιστοποίηση των κραδασμών και του θορύβου.

Το κόστος ενός τυποποιημένου συστήματος συμπαραγωγής με αεριομηχανή φυσικού αερίου δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα ανάλογα με την ηλεκτρική του ισχύ. Όσο αυξάνεται η ισχύς επιτυγχάνονται καλύτερα ανά μονάδα οικονομικά αποτελέσματα στον συνοδευτικό εξοπλισμό.



Διάγραμμα 4.3: Κόστος επένδυσης τυποποιημένων πακέτων συμπαραγωγής με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης συναρτήσεως της ηλεκτρικής ισχύος.

Προσεγγιστικά, στα συστήματα ΣΗΘ με αεριομηχανή φυσικού αερίου, ανά μονάδα καυσίμου παράγεται περισσότερη θερμότητα από ηλεκτρισμό και μάλιστα το 45% περίπου του ενεργειακού του περιεχομένου μετατρέπεται σε θερμότητα και το 35% σε ηλεκτρισμό. Η αναλογία των μεγεθών λειτουργίας είναι εμπειρικά η εξής:

	Λειτουργία σε πλήρες φορτίο (100%)	Λειτουργία σε μερικό φορτίο (75%)
Ηλεκτρική ισχύς	76	57
Θερμική ισχύς	100	80
Συνολική ισχύς	176	137
Ηλεκτρική απόδοση	35%	33%
Θερμική απόδοση	45%	47%
Συνολική απόδοση	80%	80%
Κατανάλωση ισχύος	220	171,25

Πίνακας 4.4: Αντιστοιχία ενεργειακών μεγεθών μονάδας ΣΗΘ με αεριομηχανή

Το συνολικό κόστος κάθε εγκατάστασης θεωρούμε ότι θα ισούται με το 110% του κόστους του βασικού εξοπλισμού, δηλαδή της μονάδας ΣΗΘ και του ψύκτη απορρόφησης, ώστε να περιλαμβάνει τα έξοδα αδειοδότησης, μεταφοράς, εγκατάστασης και παραμετροποίησης του συστήματος.

Έτσι για κάθε ένα από τα παραπάνω σενάρια προκύπτει το κόστος εγκατάστασης που δίνεται προσεγγιστικά, ανάλογα και με τα εμπορικά διαθέσιμα μοντέλα, στον παρακάτω πίνακα:

	Σενάριο 1 ^ο	Σενάριο 2 ^ο	Σενάριο 3 ^ο	Σενάριο 4 ^ο
Θερμική ισχύς ΣΗΘ (kW.thermal)	535	1000	1000	1000
Πιθανό εμπορικό μοντέλο (kW.electric)	420	800	800	800
Κόστος ΣΗΘ (€)	378.000	640.000	640.000	640.000
Ισχύς Ψ.Α. (kW.cooling)	-	-	1000	-
Κόστος Ψ.Α.(€)			1.250.000	
Λοιπά έξοδα	10%	10%	10%	10%
Συνολικό κόστος Επένδυσης (€)	415.800	704.000	2.079.000	704.000

Πίνακας 4.5: Στοιχεία συστημάτων ΣΗΘ

Το ετήσιο κόστος συντήρησης εκτιμάται στο 2% του κόστους της αρχικής επένδυσης.

Κατά το 1^ο Σενάριο, εγκαθίσταται στο ξενοδοχείο σύστημα ΣΗΘ με ονομαστική ηλεκτρική ισχύ 420kWe και ονομαστική θερμική 535kW.thermal. Επειδή η απαιτούμενη θερμική ισχύς κάθε μέρα στο ξενοδοχείο είναι μεγαλύτερη ή ίση αυτής, η μονάδα θα λειτουργεί σχεδόν αδιάλειπτα. Η διαθεσιμότητα της θεωρείται ίση με τη μονάδα, για διευκόλυνση των υπολογισμών. Πρακτικά η διαθεσιμότητα των συστημάτων ΣΗΘ ανέρχεται στο 97% σε ετήσια βάση.

Ανά ημέρα (24 ώρες) μπορεί να παράγει μέγιστο, σε αδιάλειπτη λειτουργία, $535\text{MW} \times 24 = 13,26\text{MWh.thermal}$ και $420 \times 24 = 10,08\text{MWh.electric}$. Για να είναι η ενέργεια αυτή πλήρως αξιοποιήσιμη, θα πρέπει η εγκατάσταση να περιλαμβάνει διατάξεις θερμοδοχείων πολύ μεγάλης χωρητικότητας, ώστε να καλύψουν τις αιχμές του φορτίου με παραγωγή από διαστήματα χαμηλής ή μηδενικής ζήτησης, «μετασχηματίζοντας» τον χρονοπρογραμματισμό του φορτίου. Για το λόγο αυτό διατηρείται η παραδοχή της ισοδύναμης λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης για 15 ώρες ημερησίως σε όλη τη διάρκεια του έτους με ζητούμενη θερμική ισχύ αυτή του πίνακα της Ενότητας 4.2.

Αν η ζήτηση θερμικής ενέργειας είναι μικρότερη τότε η μονάδα θα λειτουργήσει λιγότερες ώρες, ενώ αν είναι μεγαλύτερη, θα καλυφθεί από το υφιστάμενο σύστημα του λέβητα φυσικού αερίου. Στην περίπτωση μας, επειδή λάβαμε την ελάχιστη ζήτηση που εμφανίστηκε σε ένα έτος της τριετίας και όχι στις μέσες τιμές, η μονάδα θα λειτουργεί συνεχώς, δηλαδή ημερησίως τις 15 ισοδύναμες ώρες στην ονομαστική ισχύ. Αν η ηλεκτρική ζήτηση είναι μικρότερη, τότε η

περίσσεια ηλεκτρισμού διαχέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο χωρίς πληρωμή, ενώ αν είναι μεγαλύτερη καλύπτεται από το δίκτυο με την υφιστάμενη τιμή πώλησης. Σε επίπεδο μήνα, διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας.

Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh)	Θερμικές ανάγκες (MWh.thermal)	Κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Ημέρες μήνα	Δυνατότητα θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη από λέβητα Φ.Α.(MWh)	Ποσοστό κάλυψης θερμικών από ΣΗΘ	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (MWh)	Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	Περίσσεια ηλεκτρισμού (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. από ΣΗΘ (MWh) (x2,2)	Κατανάλωση Φ.Α. από λέβητα (MWh)	Συνολική κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Κατανάλωση ηλεκτρισμού από το δίκτυο (MWh)
Ιανουάριος	417,7	377,4	419,3	31	248,8	248,8	128,6	65,9%	195,3	195,3	0	547,3	142,9	690,2	222,4
Φεβρουάριος	381,3	360,7	400,7	28	224,7	224,7	136,0	62,3%	176,4	176,4	0	494,3	151,1	645,4	204,9
Μάρτιος	413,0	351,7	390,8	31	248,8	248,8	102,9	70,7%	195,3	195,3	0	547,3	114,4	661,7	217,7
Απρίλιος	418,7	307,1	341,3	30	240,8	240,8	66,4	78,4%	189,0	189,0	0	529,7	73,8	603,4	229,7
Μαΐος	516,0	294,9	327,7	31	248,8	248,8	46,1	84,4%	195,3	195,3	0	547,3	51,2	598,6	320,7
Ιούνιος	580,3	338,4	376,0	30	240,8	240,8	97,7	71,1%	189,0	189,0	0	529,7	108,5	638,2	391,3
Ιούλιος	613,3	309,0	343,4	31	248,8	248,8	60,3	80,5%	195,3	195,3	0	547,3	67,0	614,3	418,0
Αύγουστος	573,7	279,7	310,8	31	248,8	248,8	30,9	88,9%	195,3	195,3	0	547,3	34,4	581,7	378,4
Σεπτέμβριος	564,7	308,6	342,9	30	240,8	240,8	67,8	78,0%	189,0	189,0	0	529,7	75,4	605,0	375,7
Οκτώβριος	519,0	345,0	383,3	31	248,8	248,8	96,2	72,1%	195,3	195,3	0	547,3	106,9	654,2	323,7
Νοέμβριος	447,3	329,8	366,5	30	240,8	240,8	89,1	73,0%	189,0	189,0	0	529,7	99,0	628,6	258,3
Δεκέμβριος	430,0	333,5	370,5	31	248,8	248,8	84,7	74,6%	195,3	195,3	0	547,3	94,1	641,4	234,7
ΣΥΝΟΛΟ	5.875,0	3.935,9	4.373,2	365	2.929,1	2.929,1	1.006,8	74,4%	2299,5	2299,5	0	6.444,1	1.118,6	7.562,7	3.575,5
ΚΟΣΤΟΣ	881.250,0		290.716,5											502.743,5	536.325,0

Πίνακας 4.6: Μηνιαία ενεργειακά μεγέθη 1^{ov} Σεναρίου ΣΗΘ

Η συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου αυξάνεται. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού τμήμα της θερμικής ενέργειας που παραγόταν με απόδοση 90% πλέον παράγεται με απόδοση 45%. Όμως, πλέον παράγεται και σημαντικό ποσοστό ηλεκτρισμού προς ιδιοκατανάλωση, η τιμή προμήθειας του οποίου είναι σημαντικά υψηλότερη. Η μονάδα ΣΗΘ καλύπτει το 74,4% των θερμικών αναγκών.

Σε επίπεδο κόστους, η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 1^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	881.250,0	536.325,0
Φυσικό Αέριο	290.716,5	502.743,5
ΣΥΝΟΛΟ	1.171.966,5	1.039.068,5
ΔΙΑΦΟΡΑ		-132.898,0

Πίνακας 4.7: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα οικονομικά μεγέθη (1^ο Σενάριο)

Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό κτιρίου, όπως υπολογίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ., η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 1^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα και είναι σημαντική.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	226,0	137,5
Φυσικό Αέριο	168,2	290,9
Αναγωγή ηλεκτρισμού σε πρωτογενή ενέργεια	655,3	398,8
Αναγωγή Φ.Α. σε πρωτογενή ενέργεια	176,6	305,4
ΣΥΝΟΛΟ	831,9	704,2
ΔΙΑΦΟΡΑ		-127,7

Πίνακας 4.8: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα ενεργειακά μεγέθη (1^ο Σενάριο)

Κατά το 2^ο Σενάριο, εγκαθίσταται στο ξενοδοχείο σύστημα ΣΗΘ με ονομαστική ηλεκτρική ισχύ 800kWe και ονομαστική θερμική 1000kW.thermal. Επειδή η απαιτούμενη θερμική ισχύς κάθε μέρα στο ξενοδοχείο είναι μικρότερη αυτής, η μονάδα θα λειτουργεί όσο ζητείται, καλύπτοντας πλήρως τις θερμικές ανάγκες. Η διαθεσιμότητα της θεωρείται ίση με τη μονάδα.

Το υφιστάμενο σύστημα λεβήτων φυσικού αερίου θα λειτουργεί μόνο ως εφεδρεία ή σε πιθανές μεγάλες αιχμές του φορτίου. Αν η ηλεκτρική ζήτηση είναι μικρότερη της παραγόμενης από το ΣΗΘ, τότε η περίσσεια ηλεκτρισμού διαχέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο χωρίς αντάλλαγμα, ενώ αν είναι μεγαλύτερη καλύπτεται από το δίκτυο με την υφιστάμενη τιμή πώλησης. Σε επίπεδο μήνα, διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας.

Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh)	Θερμικές ανάγκες (MWh.thermal)	Κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Ημέρες μήνα	Δυνατότητα θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Ποσοστό κάλυψης θερμικών από ΣΗΘ	Ισοδύναμες ώρες	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (MWh)	Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	Περίσσεια ηλεκτρισμού (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. από ΣΗΘ (MWh) (x2,2)	Κατανάλωση Φ.Α. από λέβητα (MWh)	Συνολική κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Κατανάλωση ηλεκτρισμού από το δίκτυο (MWh)
Ιανουάριος	417,7	377,4	419,3	31	465,0	377,4	100,0%	12,2	301,9	301,9	0	830,2	0,0	830,2	115,8
Φεβρουάριος	381,3	360,7	400,7	28	420,0	360,7	100,0%	12,9	288,5	288,5	0	793,5	0,0	793,5	92,8
Μάρτιος	413,0	351,7	390,8	31	465,0	351,7	100,0%	11,3	281,4	281,4	0	773,8	0,0	773,8	131,6
Απρίλιος	418,7	307,1	341,3	30	450,0	307,1	100,0%	10,2	245,7	245,7	0	675,7	0,0	675,7	172,9
Μαΐος	516,0	294,9	327,7	31	465,0	294,9	100,0%	9,5	235,9	235,9	0	648,8	0,0	648,8	280,1
Ιούνιος	580,3	338,4	376,0	30	450,0	338,4	100,0%	11,3	270,8	270,8	0	744,6	0,0	744,6	309,6
Ιούλιος	613,3	309,0	343,4	31	465,0	309,0	100,0%	10,0	247,2	247,2	0	679,9	0,0	679,9	366,1
Αύγουστος	573,7	279,7	310,8	31	465,0	279,7	100,0%	9,0	223,8	223,8	0	615,4	0,0	615,4	349,9
Σεπτέμβριος	564,7	308,6	342,9	30	450,0	308,6	100,0%	10,3	246,9	246,9	0	678,9	0,0	678,9	317,8
Οκτώβριος	519,0	345,0	383,3	31	465,0	345,0	100,0%	11,1	276,0	276,0	0	758,9	0,0	758,9	243,0
Νοέμβριος	447,3	329,8	366,5	30	450,0	329,8	100,0%	11,0	263,9	263,9	0	725,6	0,0	725,6	183,5
Δεκέμβριος	430,0	333,5	370,5	31	465,0	333,5	100,0%	10,8	266,8	266,8	0	733,7	0,0	733,7	163,2
ΣΥΝΟΛΟ	5.875,0	3.935,9	4.373,2	365	5.475,0	3.935,9	100,0%	10,8	3.148,7	3.148,7	0	8.658,9	0,0	8.658,9	2.726,3
ΚΟΣΤΟΣ	881.250,0		290.716,5											575.618,6	408.943,7

Πίνακας 4.9: Μηνιαία ενεργειακά μεγέθη 2^ο Σεναρίου ΣΗΘ

Η συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου αυξάνεται. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού όλη η θερμική ενέργεια που παραγόταν με απόδοση 90% πλέον παράγεται με απόδοση 45%. Όμως, πλέον παράγεται μεγάλη ποσότητα ηλεκτρισμού προς ιδιοκατανάλωση, η τιμή προμήθειας του οποίου είναι σημαντικά υψηλότερη.

Σε επίπεδο κόστους, η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 2^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	881.250,0	408.943,7
Φυσικό Αέριο	290.716,5	575.618,6
ΣΥΝΟΛΟ	1.171.966,5	984.562,3
ΔΙΑΦΟΡΑ		-187.404,2

Πίνακας 4.10: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα οικονομικά μεγέθη (2^ο Σενάριο)

Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό κτιρίου, όπως υπολογίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ., η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 2^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα και είναι σημαντική.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	226,0	104,9
Φυσικό Αέριο	168,2	333,0
Αναγωγή ηλεκτρισμού σε πρωτογενή ενέργεια	655,3	304,18
Αναγωγή Φ.Α. σε πρωτογενή ενέργεια	176,6	349,7
ΣΥΝΟΛΟ	831,9	653,8
ΔΙΑΦΟΡΑ		-178,1

Πίνακας 4.11: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα ενεργειακά μεγέθη (2^ο Σενάριο)

Στο 3^ο Σενάριο το σύστημα ΣΗΘ του 2^{ου} Σεναρίου συμπληρώνεται από μονάδα ψύκτη απορρόφησης ισχύος 1000kW.cooling. Ο ψύκτης απορρόφησης θα λειτουργεί μόνο για τους έξι (6) μήνες που έχει εκτιμηθεί ότι υπάρχει ζήτηση για ψύξη χώρων, με μέσο βαθμό απόδοσης (COP) 0,8 και κατά μέγιστο τις ώρες λειτουργίας του ΣΗΘ για θέρμανση. Συνεπώς, οι λέβητες φυσικού αερίου λειτουργούν μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

Γίνεται διαχωρισμός του ψυκτικού φορτίου από τα υπόλοιπα ηλεκτρικά. Αν ο ψύκτης απορρόφησης δεν επαρκεί, τότε τα ψυκτικά θα καλύπτονται από τα ηλεκτρικά, όπως μέχρι σήμερα με συστήματα με COP ίσο με 2. Η θερμότητα που αξιοποιεί ο ψύκτης θερμότητας προκύπτει αποκλειστικά από τη μονάδα ΣΗΘ και αθροίζεται με τα θερμικά φορτία που αυτή καλύπτει. Μέσω αυτοματισμού όταν ο ψύκτης δεν επαρκεί, τα ψυκτικά καλύπτονται από το υπάρχον σύστημα κλιματισμού με ηλεκτρισμό. Τεχνικά αυτό δεν είναι πλήρως εφικτό και απαιτεί την ομαδοποίηση τους. Σε επίπεδο μήνα, διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας.

Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh)	Θερμικές ανάγκες (MWh.thermal)	Ψυκτικές ανάγκες (MWh.cool) (COP=2)	Λοιπές ηλεκτρικές ανάγκες (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Ημέρες μήνα	Δυνατότητα θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη από λέβητα Φ.Α.(MWh)	Ποσοστό κάλυψης θερμικών από ΣΗΘ	Δυνατή περίσσεια θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Δυνατότητα ψύξης ψύκτη (MWh.in) (COP=0.8)
Ιανουάριος	417,7	377,4	0,0	417,7	419,3	31	465,0	377,4	0,0	100,0%	87,6	0,0
Φεβρουάριος	381,3	360,7	0,0	381,3	400,7	28	420,0	360,7	0,0	100,0%	59,3	0,0
Μάρτιος	413,0	351,7	0,0	413,0	390,8	31	465,0	351,7	0,0	100,0%	113,3	0,0
Απρίλιος	418,7	307,1	0,0	418,7	341,3	30	450,0	307,1	0,0	100,0%	142,9	0,0
Μαΐος	516,0	294,9	269,3	381,3	327,7	31	465,0	294,9	0,0	100,0%	170,1	136,1
Ιούνιος	580,3	338,4	398,0	381,3	376,0	30	450,0	338,4	0,0	100,0%	111,6	89,2
Ιούλιος	613,3	309,0	464,0	381,3	343,4	31	465,0	309,0	0,0	100,0%	156,0	124,8
Αύγουστος	573,7	279,7	384,7	381,3	310,8	31	465,0	279,7	0,0	100,0%	185,3	148,2
Σεπτέμβριος	564,7	308,6	366,7	381,3	342,9	30	450,0	308,6	0,0	100,0%	141,4	113,1
Οκτώβριος	519,0	345,0	275,3	381,3	383,3	31	465,0	345,0	0,0	100,0%	120,0	96,0
Νοέμβριος	447,3	329,8	0,0	447,3	366,5	30	450,0	329,8	0,0	100,0%	120,2	0,0
Δεκέμβριος	430,0	333,5	0,0	430,0	370,5	31	465,0	333,5	0,0	100,0%	131,5	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	5.875,0	3.935,9	2.158,0	4.796,0	4.373,2	365	5.475,0	3.935,9	0,0	100,0%	1.539,1	707,5
ΚΟΣΤΟΣ	881.250,0				290.716,5							

Δυνατότητα ψύξης ψύκτη (MWh.in) (COP=0.8)	Κάλυψη ψυκτικών από Ψ.Α. (MWh)	Θερμικά προς ψύξη (MWh)	Υπολοιπόμενα ψυκτικά	Ηλεκτρισμός για ψύξη (MWh) COP=2	Θερμικά από ΣΗΘ (MWh)	Ισοδύνα μες ώρες / ημέρα	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (MWh)	Ιδιοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	Περίσσεια ηλεκτρισμού (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. από ΣΗΘ (MWh) (x2,2)	Κατανάλωση Φ.Α. από λέβητα (MWh)	Συνολική κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Κατανάλωση ηλεκτρισμού από το δίκτυο (MWh)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	377,4	12,2	301,9	301,9	0,0	830,2	0,0	830,2	115,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	360,7	12,9	288,5	288,5	0,0	793,5	0,0	793,5	92,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	351,7	11,3	281,4	281,4	0,0	773,8	0,0	773,8	131,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	307,1	10,2	245,7	245,7	0,0	675,7	0,0	675,7	172,9
136,1	136,1	170,1	133,3	66,6	465,0	15,0	372,0	372,0	0,0	1.023,0	0,0	1.023,0	76,0
89,2	89,2	111,6	308,8	154,4	450,0	15,0	360,0	360,0	0,0	990,0	0,0	990,0	175,7
124,8	124,8	156,0	339,2	169,6	465,0	15,0	372,0	372,0	0,0	1.023,0	0,0	1.023,0	179,0
148,2	148,2	185,3	236,4	118,2	465,0	15,0	372,0	372,0	0,0	1.023,0	0,0	1.023,0	127,6
113,1	113,1	141,4	253,5	126,8	450,0	15,0	360,0	360,0	0,0	990,0	0,0	990,0	148,1
96,0	96,0	120,0	179,3	89,7	465,0	15,0	372,0	372,0	0,0	1.023,0	0,0	1.023,0	99,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	329,8	11,0	263,9	263,9	0,0	725,6	0,0	725,6	183,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	333,5	10,8	266,8	266,8	0,0	733,7	0,0	733,7	163,2
707,5	707,5	884,3	1.450,5	725,3	4.820,2		3.856,2	3.856,2	0,0	10.604,5	0,0	10.604,5	1.665,1
												704.952,9	249.761,8

Πίνακας 4.12: Μηνιαία ενεργειακά μεγέθη 3^{ου} Σεναρίου ΣΗΘ

Η συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου αυξάνεται, ενώ μειώνεται η ζήτηση ηλεκτρισμού από το δίκτυο. Δεν υπάρχει περίσσεια θερμικής ενέργειας. Σε επίπεδο κόστους, η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 3^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	881.250,0	249.761,8
Φυσικό Αέριο	290.716,5	704.952,9
ΣΥΝΟΛΟ	1.171.966,5	954.714,7
ΔΙΑΦΟΡΑ		-217.251,8

Πίνακας 4.13: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα οικονομικά μεγέθη (3^ο Σενάριο)

Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό κτιρίου, όπως υπολογίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ., η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 3^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα και είναι σημαντική.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	226,0	64,0
Φυσικό Αέριο	168,2	407,9
Αναγωγή ηλεκτρισμού σε πρωτογενή ενέργεια	655,3	185,7
Αναγωγή Φ.Α. σε πρωτογενή ενέργεια	176,6	428,3
ΣΥΝΟΛΟ	831,9	614,0
ΔΙΑΦΟΡΑ		-217,1

Πίνακας 4.14: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα ενεργειακά μεγέθη (3^ο Σενάριο)

Κατά το 4^ο Σενάριο εξετάζεται η εγκατάσταση του ίδιου συστήματος ΣΗΘ με αυτό του 2^{ου} Σεναρίου με διαφορά στο τρόπο λειτουργία τους. Στο παρόν σενάριο, το σύστημα ΣΗΘ θα ακολουθεί τη ζήτηση ηλεκτρισμού καλύπτοντας την στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Η παραγόμενη θερμική ενέργεια θα αξιοποιείται στις καταναλώσεις του ξενοδοχείου. Αν δεν επαρκεί, η διαφορά θα καλύπτεται από τους λέβητες φυσικού αερίου. Αν είναι υψηλότερη, θα απορρίπτεται για λόγους ασφαλείας στην πισίνα προς θέρμανση της σε λίγο υψηλότερη θερμοκρασία και σε άλλα λανθάνοντα βοηθητικά φορτία. Αν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί, τότε η διαφορά θα καλύπτεται από το δίκτυο.

Η διαθεσιμότητα του συστήματος λαμβάνεται ίση με τη μονάδα. Ανά μήνα, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με εκτίμηση για μέγιστο τις 20 ώρες ημερησίως για ισοδύναμη λειτουργία στην ονομαστική ισχύ.

Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh)	Θερμικές ανάγκες (MWh.thermal)	Κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Ημέρες μήνα	Ισοδύναμες ώρες λειτουργίας ΣΗΘ	Κάλυψη ηλεκτρικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη ηλεκτρικών από δίκτυο (MWh)	Παραγόμενη θερμική από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από ΣΗΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από Φ.Α. (MWh)	Περίσσεια θερμότητας (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. από ΣΗΘ (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. από λέβητα (MWh)	Συνολική κατανάλωση Φ.Α. (MWh)
Ιανουάριος	417,7	377,4	419,3	31	16,8	417,7	0,0	522,1	377,4	0	144,7	1.211,2	0,0	1.211,2
Φεβρουάριος	381,3	360,7	400,7	28	17,0	381,3	0,0	476,7	360,7	0	116,0	1.105,9	0,0	1.105,9
Μάρτιος	413,0	351,7	390,8	31	16,7	413,0	0,0	516,3	351,7	0	164,5	1.197,7	0,0	1.197,7
Απρίλιος	418,7	307,1	341,3	30	17,4	418,7	0,0	523,3	307,1	0	216,2	1.214,1	0,0	1.214,1
Μαΐος	516,0	294,9	327,7	31	20,0	496,0	20,0	620,0	294,9	0	325,1	1.438,4	0,0	1.438,4
Ιούνιος	580,3	338,4	376,0	30	20,0	480,0	100,3	600,0	338,4	0	261,6	1.392,0	0,0	1.392,0
Ιούλιος	613,3	309,0	343,4	31	20,0	496,0	117,3	620,0	309,0	0	311,0	1.438,4	0,0	1.438,4
Αύγουστος	573,7	279,7	310,8	31	20,0	496,0	77,7	620,0	279,7	0	340,3	1.438,4	0,0	1.438,4
Σεπτέμβριος	564,7	308,6	342,9	30	20,0	480,0	84,7	600,0	308,6	0	291,4	1.392,0	0,0	1.392,0
Οκτώβριος	519,0	345,0	383,3	31	20,0	496,0	23,0	620,0	345,0	0	275,0	1.438,4	0,0	1.438,4
Νοέμβριος	447,3	329,8	366,5	30	18,6	447,3	0,0	559,2	329,8	0	229,3	1.297,3	0,0	1.297,3
Δεκέμβριος	430,0	333,5	370,5	31	17,3	430,0	0,0	537,5	333,5	0	204,0	1.247,0	0,0	1.247,0
ΣΥΝΟΛΟ	5.875,0	3.935,9	4.373,2	365		5.452,0	423,0	6.815,0	3.935,9	0,0	2.879,1	15.810,8	0,0	15.810,8
ΚΟΣΤΟΣ	881.250,0		290.716,5				63.450,0							1.051.050,3

Πίνακας 4.15: Μηνιαία ενεργειακά μεγέθη 4^{ου} Σεναρίου ΣΗΘ

Η συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου αυξάνεται περαιτέρω, ενώ σχεδόν εκμηδενίζεται η ζήτηση ηλεκτρισμού από το δίκτυο. Όμως υπάρχει πολύ μεγάλη περίσσεια θερμικής ενέργειας (2.879MWh), η οποία απορρίπτεται πρώτα στη θέρμανση της πισίνας και δευτερευόντως με άλλους τρόπους. Στην πράξη, η ύπαρξη μεγάλης περισσειας θερμότητας επενεργεί σε αυτοματισμούς για τον περιορισμό της λειτουργίας της μονάδας ΣΗΘ για λόγους ασφαλείας.

Σε επίπεδο κόστους, η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 4^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	881.250,0	63.450,0
Φυσικό Αέριο	290.716,5	1.051.050,3
ΣΥΝΟΛΟ	1.171.966,5	1.114.500,3
ΔΙΑΦΟΡΑ		-57.466,2

Πίνακας 4.16: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα οικονομικά μεγέθη (4^ο Σενάριο)

Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό κτιρίου, όπως υπολογίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ., η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης του 4^{ου} Σεναρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα και είναι σημαντική.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	226,0	16,3
Φυσικό Αέριο	168,2	608,1
Αναγωγή ηλεκτρισμού σε πρωτογενή ενέργεια	655,3	47,2
Αναγωγή Φ.Α. σε πρωτογενή ενέργεια	176,6	638,5
ΣΥΝΟΛΟ	831,9	685,7
ΔΙΑΦΟΡΑ		-146,2

Πίνακας 4.17: Συμβολή συστήματος ΣΗΘ στα ενεργειακά μεγέθη (4^ο Σενάριο)

Συγκεντρωτικά, τα οικονομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης για την οικονομική αξιολόγηση των τεσσάρων παραπάνω σεναρίων, καθώς και τα αποτελέσματα της αξιολόγησης όπως περιγράφηκε στις Ενότητες 2.5 και 4.2, δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Οι υπολογισμοί παρατίθενται στο Παράρτημα.

Σενάριο	1	2	3	4
Κόστος επένδυσης (ευρώ)	415.800,0	704.000,0	2.079.000	704.000,0
Ετήσιο οικονομικό όφελος (ευρώ)	132.898,0	187.404,2	217.251,8	57.466,2
Ετήσιο κόστος συντήρησης (ευρώ)	8.316,0	14.080,0	41.580,0	14.080,0
Ετήσια αύξηση τιμών (%)	2	2	2	2
Διάρκεια ζωής (έτη)	25	25	25	25
Επιτόκιο αναγωγής (i)	8	8	8	8
Κ.Π.Α. (ευρώ)	1.076.997,0	1.382.145,5	136.546,9	-142.705,3
E.B.A. (%)	<u>31,9%</u>	26,5%	8,7%	5,5%
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	<u>3,91</u>	4,89	20,70	>25
Όφελος σε πρωτογενή ενέργεια (kWh/m ²)	127,7	178,1	217,1	146,2

Πίνακας 4.18: Αποτελέσματα οικονομοτεχνικής αξιολόγησης για τα 4 σενάρια ΣΗΘ

Όλες οι επιλογές είναι έντασης κεφαλαίου. Τα συστήματα που περιγράφονται στα τρία πρώτα σενάρια είναι οικονομικά βιώσιμα και προσφέρουν σημαντικά στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Η πλέον συμφέρουσα επιλογή είναι το σύστημα ΣΗΘ που λειτουργεί ως βάση στη μικρότερη θερμική ισχύ και η επιπλέον ζήτηση καλύπτεται από δευτερεύοντες πηγές. Η εγκατάσταση συστήματος με ισχύ περίπου στη μέγιστη ζήτηση θερμότητας κρίνεται ελαφρώς λιγότερο συμφέρουσα, αν και βελτιώνει σημαντικά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Η εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης, αν και οδηγεί σε επιπλέον βελτίωση της κατανάλωσης, είναι σημαντικά λιγότερο συμφέρουσα επειδή α) αυξάνεται σημαντικά το κόστος της επένδυσης, β) δεν αξιοποιείται κατά τη διάρκεια όλου του έτους και γ) η χρησιμοποιούμενη θερμότητα δεν έχει πολύ χαμηλό κόστος, καθώς παράγεται ακριβώς για την τροφοδοσία του ψύκτη. Το σύστημα αυτό είναι σχεδόν οριακά βιώσιμο. Πιθανώς, η χρήση μικρότερου ψύκτη απορρόφησης να είχε καλύτερο αποτέλεσμα.

Τέλος, η χρήση του συστήματος με ηλεκτρική ισχύ στα 800kW και θερμική στα 1000kW, το οποίο θα είναι προσαρμοσμένο στη ζήτηση ηλεκτρισμού δεν είναι οικονομικά βιώσιμη. Υπάρχει σημαντική παραγωγή θερμότητας, η οποία δεν αξιοποιείται. Συνεπώς δεν επιτυγχάνεται βέλτιστη αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου του καυσίμου και απαιτείται μεγαλύτερο κόστος.

Τα συστήματα των σεναρίων 2 και 4 είναι ίδια. Η μόνη διαφοροποίηση είναι ο προγραμματισμός της λειτουργίας. Στο Σενάριο 2 ακολουθεί τη ζήτηση θερμότητας, ενώ στο Σενάριο 4 ακολουθεί τη ζήτηση ηλεκτρισμού. Από αυτό προκύπτει ο σημαντικός ρόλος της γνώσης των τιμών και του χρονισμού των ενεργειακών καταναλώσεων, ώστε να διαστασιολογείται και επιλέγεται το σωστό σύστημα.

4.6 Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν τα βασικά στοιχεία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και θα εξετασθεί η συμβολή που θα έχει στα ενεργειακά μεγέθη του ξενοδοχείου η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος στην επίπεδη οροφή (δώμα) του κτιρίου. Θεωρείται ότι η παραγόμενη ενέργεια θα απορροφάται από τις ηλεκτρικές καταναλώσεις του ξενοδοχείου. Βάσει του τρέχοντος νομικού καθεστώτος αυτό κατατάσσει το συγκεκριμένο σύστημα κατατάσσεται στην κατηγορία των «αυτοπαραγωγών» που έχει πρόσφατα νομοθετηθεί και αναμένεται σύντομα να τεθεί σε εφαρμογή [1,15,26].

Ως «φωτοβολταϊκό φαινόμενο» ορίζεται η απευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κατάλληλο ημιαγωγικό υλικό ένα ποσοστό της ανακλάται, ένα ποσοστό της απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό απορροφάται, διεγείρει τα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού και φορτίζει ηλεκτρικά (= δημιουργεί διαφορά δυναμικού) το υλικό. Αν κλείσει το κύκλωμα, το υλικό διαρρέεται από ρεύμα και έτσι ένα ποσοστό της ενέργειας που φέρει η ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Διέγερση των ηλεκτρονίων σημαίνει να δεχθούν τα ηλεκτρόνια του υλικού τέτοια ποσότητα ενέργειας, ώστε να αποσπαστούν από το μόριο στο οποίο ανήκουν και να μπορέσουν, αν υπάρχει ροή ρεύματος, να μεταπηδήσουν σε γειτονικά μόρια. Τα ημιαγωγικά υλικά εμφανίζουν την ιδιότητα τα ηλεκτρόνια τους να μπορούν να αποσπαστούν από το μόριο στο οποίο ανήκουν αν δεχθούν χαμηλά ποσά ενέργειας.

Το προς μελέτη σύστημα θα είναι διασυνδεδεμένο στο δίκτυο ηλεκτρισμού, δηλαδή θα αλληλεπιδρά με το δίκτυο προσφέροντας σε αυτό το πλεόνασμα ενέργειας, όταν υπάρχει, και θα απορροφά από αυτό ενέργεια όταν αυτή που παράγει το Φ/Β δεν επαρκεί για την κάλυψη των καταναλώσεων. Δεν αποθηκεύεται ενέργεια, οπότε το σύστημα δεν περιλαμβάνει μπαταρίες. Ο Διαχειριστής του Δικτύου θέτει συγκεκριμένες προδιαγραφές για τη λειτουργία του. Αυτές αφορούν στη τάση εξόδου του αντιστροφέα, την επιτήρηση του δικτύου και τη διακοπή της λειτουργίας του, αν υπάρξει βλάβη στο δίκτυο (προστασία από νησιδοποίηση – anti-islanding).

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκμεταλλεύονται μία ανανεώσιμη πηγή, έχουν μεγάλη ευελιξία κατά την εγκατάσταση και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλο εύρος εφαρμογών. Έχουν μηδενικό λειτουργικό κόστος και ελάχιστες απαιτήσεις για συντήρηση. Η μέγιστη παραγωγή σημειώνεται στην καλοκαιρινή αιχμή του φορτίου, δηλαδή στο μέγιστο της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη έχουν μικρή πυκνότητα ισχύος και υψηλό αρχικό κόστος.

Τα βασικά στοιχεία κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels) και ο αντιστροφέας (inverter):

- Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV panel) είναι η μονάδα που είναι εμπορικά διαθέσιμη για να χρησιμοποιηθεί στην υλοποίηση των φωτοβολταϊκών έργων. Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται ως βάση για την κατασκευή των Φ/Β, αυτά διακρίνονται σε μονοκρυσταλλικά (mono-Si), πολυκρυσταλλικά (poly-Si) και λεπτού υμενιδίου (thin film). Η μέθοδος κατασκευής των δύο πρώτων τύπων είναι κοινή και βασίζεται στην κατασκευή μεμονωμένων κελιών από πυρίτιο ενιαίας ή μη κρυσταλλικής δομής. Στη συνέχεια αυτά συνδέονται αγωγίμα μεταξύ τους και κατασκευάζεται το Φ/Β πλαίσιο. Τα Φ/Β στοιχεία τύπου thin film κατασκευάζονται με την επίστρωση των κατάλληλων υλικών. Διακρίνονται σε άκαμπτα, τα οποία έχουν μορφή παρόμοια με αυτή των κρυσταλλικών πλαισίων, και σε εύκαμπτα, τα οποία έχουν μορφή μεμβράνης. Ανεξαρτήτως τεχνολογίας, τα panels παράγουν στους ακροδέκτες τους συνεχή (DC) τάση. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε κλίση 30 μοιρών και με νότιο προσανατολισμό, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση τους, η οποία ανέρχεται στο 15% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.
- Ο αντιστροφέας (inverter) είναι η συσκευή που μετατρέπει τη συνεχή DC τάση που παράγουν οι Φ/Β συστοιχίες σε εναλλασσόμενη AC, ώστε το σύστημα να συνδεθεί με το κεντρικό δίκτυο (διασυνδεδεμένο σύστημα) ή να τροφοδοτήσει ηλεκτρικές συσκευές (αυτόνομο σύστημα), οι οποίες λειτουργούν με AC τάση.



Διάγραμμα 4.4: Διάταξη φωτοβολταϊκού συστήματος σε καθεστώς αυτοπαραγωγού (net-metering)[Σ.Ε.Φ.]

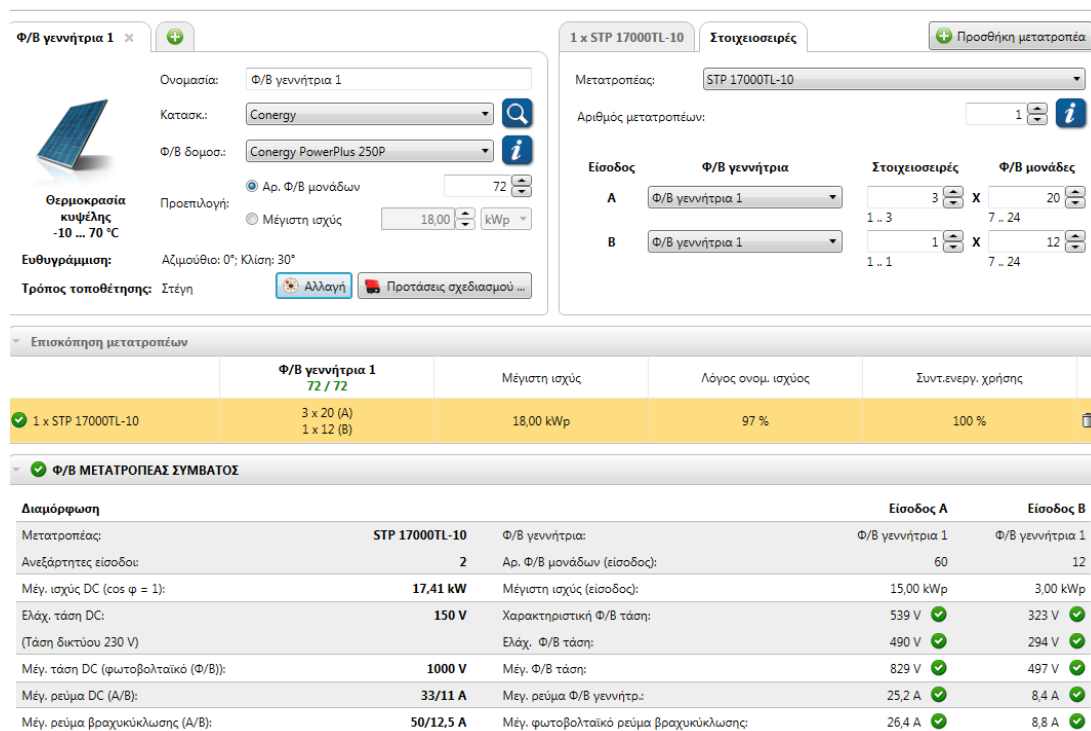
Η Ελλάδα εμφανίζει στο σύνολο της επικράτειας της πολύ καλό ηλιακό δυναμικό. Για την Αττική, για ασκίαστη επιφάνεια και για βέλτιστη τοποθέτηση η ετήσια ενεργειακή απόδοση είναι 1500kWh ανά εγκατεστημένο kW. Καθώς τα πλαίσια κατά τη τοποθέτησή τους δεν πρέπει να δημιουργούν προβλήματα αυτοσκίασης, δηλαδή τα «μπροστά» πλαίσια να σκιάζουν τα «πίσω» τους, η συνήθης αναλογίας είναι η εγκατάσταση 1kW φωτοβολταϊκών πλαισίων να απαιτεί 11-12 ασκίαστα τετραγωνικά μέτρα επίπεδης στέγης.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα (Ενότητα 4.3), η διαθέσιμη ασκίαστη επιφάνεια στο δώμα του ξενοδοχείου είναι περίπου διακόσια (200) τετραγωνικά μέτρα. Συνεπώς, θα αξιολογηθεί η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος περίπου 18kW, το οποίο αναμένεται να αποδίδει ετησίως $18 \times 1500 = 27.000\text{kWh}$. Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί σε λιγότερο από το 0,5% της ετήσιας ζήτησης σε ηλεκτρισμό. Εκ των προτέρων, προκύπτει ότι πρόκειται για μία επέμβαση, η οποία θα επηρεάσει ελάχιστα το ενεργειακό ισοζύγιο στο κτίριο.

Καθώς το σύστημα έχει ισχύ μεγαλύτερη από 5kW, θα συνδεθεί σε τριφασική παροχή βάσει κανονισμού του διαχειριστή του δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ - ΔΕΗ). Πιθανός εξοπλισμός για το σύστημα αυτό είναι:

- 72 φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου ονομαστικής ισχύος 250Wp έκαστο (π.χ. Conergy PowerPlus 250P)
- 1 τριφασικός αντιστροφέας ονομαστικής ισχύος 17kVA (π.χ. SMA Sunny Tripower STP 17000-10TL)
- Συνοδευτικό ηλεκτρολογικό υλικό (π.χ. πίνακας, καλώδιο, γείωση)

Παρακάτω, δίνεται ο έλεγχος της συμβατότητας του παραπάνω εξοπλισμού και ο τρόπος σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Θα δημιουργηθούν τρεις σειρές των είκοσι (20) πλαισίων που θα παραλληλίζονται στην πρώτη είσοδο (Α) του αντιστροφέα και τα υπόλοιπα δώδεκα (12) θα συνδέονται σε μία σειρά στη δεύτερη είσοδο (Β).



Εικόνα 4.2 : Διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκού συστήματος με το λογισμικό Sunny Design της εταιρείας αντιστροφών SMA

Το μέσο κόστος για την προμήθεια του εξοπλισμού και την πλήρη εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ανέρχεται σε περίπου 1,7 ευρώ ανά Watt. Άρα το εν λόγω σύστημα θα κοστίσει 30.600 ευρώ. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, θα εξοικονομεί 27.000kWh σε ετήσια βάση, τις οποίες το ξενοδοχείο χρεώνεται από το δίκτυο στη τιμή των 0,15 ευρώ / kWh. Άρα σε επίπεδο επένδυσης, εξοικονομούνται 4.050 ευρώ ετησίως. Τα έξοδα συντήρησης είναι ελάχιστα και η διάρκεια της επένδυσης ίση με 25 έτη.

Συγκεντρωτικά, τα οικονομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης:

Κόστος επένδυσης (ευρώ)	30.600
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (kWh)	27.000
Ετήσιο οικονομικό όφελος (ευρώ)	4.050
Διάρκεια ζωής (έτη)	25
Ετήσια αύξηση τιμών	2%
Ετήσιο κόστος συντήρησης (ευρώ)	50
Επιτόκιο αναγωγής (i)	8%

Πίνακας 4.19: Οικονομικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος

Με βάση τα παραπάνω, και θεωρώντας όπως και στις υπόλοιπες επεμβάσεις ότι το κόστος της επένδυσης θα καλυφθεί αποκλειστικά από ίδια κεφάλαια χωρίς δανεισμό, προκύπτει ότι η Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης είναι ΚΠΑ = 18.607,5 ευρώ και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης EBA= 14,3%. Η περίοδος αποπληρωμής υπολογίστηκε στα 10,75 έτη. Οι υπολογισμοί των παραπάνω φαίνονται στο Παράρτημα Α.

Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας, μειώνεται κατά 0.46% η κατανάλωση ηλεκτρισμού. Η νέα καταναλισκόμενη πρωτογενής ενέργεια είναι: $4.373,2 \times 1,05/26 + 5.848 \times 2,9/26 = 828,9$ kWh/m².year.

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος για την κάλυψη ιδίων ηλεκτρικών καταναλώσεων είναι μία οικονομικά συμφέρουσα επένδυση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή η διαθέσιμη επιφάνεια είναι πολύ περιορισμένη, η ισχύς του συστήματος θα είναι πολύ μικρή και συνεπώς η συμβολή της στους ενεργειακούς δείκτες της μονάδας πολύ μικρή, μικρότερη και από 1%. Σε κτίρια με μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια είναι μία βιώσιμη επιλογή, που χρίζει περαιτέρω αξιολόγησης. Λόγω της παραγωγής αποκλειστικά ηλεκτρικής ενέργειας, η αναμενόμενη αύξηση στις τιμές του ηλεκτρισμού θα την κάνει πιο δελεαστική.

Συγκρινόμενη άμεσα με την εγκατάσταση του ηλιοθερμικού συστήματος, καθώς τα συστήματα θα εγκατασταθούν στον ίδιο χώρο, το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ελαφρώς πιο συμφέρουσα επιλογή από το ηλιοθερμικό.

4.7 Αντλία Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα τα οποία «αντλούν» θερμότητα (με τη μορφή ψύξης ή θέρμανσης) από μια δεξαμενή θερμότητας (αέρας περιβάλλοντος, δεξαμενή νερού, υπόγεια νερά, λίμνη κλπ) προς ένα χώρο, μέσω ενός κύκλου εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός εργαζόμενου μέσου, με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεταφορά ενέργειας γίνεται με τη χρήση κατάλληλου ψυκτικού μέσου σε διπλό κύκλωμα. Έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ως ψύκτες, ως θερμαντήρες ή ταυτοχρόνως ως ψύκτες και θερμαντήρες [1,23,27].

Επειδή, οι μηχανές αυτές μεταφέρουν ενέργεια από το περιβάλλον προς ένα μέσο ή χώρο και δεν μετατρέπουν μία μορφή ενέργειας σε άλλη εμφανίζουν πολύ υψηλές αποδόσεις μεγαλύτερες της μονάδας. Η καταναλισκόμενη ενέργεια, συνήθως ηλεκτρική, είναι απαραίτητη για τη μεταφορά (έργο) της ενέργειας. Έτσι, σχηματικά, καταναλώνοντας μία μονάδα ενέργειας μεταφέρονται τρεις επιπλέον μονάδες ενέργειας, αποδίδοντας συνολικά τέσσερις μονάδες και επιτυγχάνοντας απόδοση 400%.



Διάγραμμα 4.5: Ενεργειακό όφελος από τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας [23]

Τα βασικά μέρη μίας αντλίας θερμότητας είναι:

Συμπιεστής: Πρόκειται για τη διάταξη που συμπιέζει το εργαζόμενο ρευστό μετατρέποντας το από την ατμώδη φάση στη φάση του συμπιεσμένου υπέρθερμου ατμού.

Συμπυκνωτής: Πρόκειται για το εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος αφαιρεί θερμότητα από το εργαζόμενο ρευστό, συμπυκνώνοντας το.

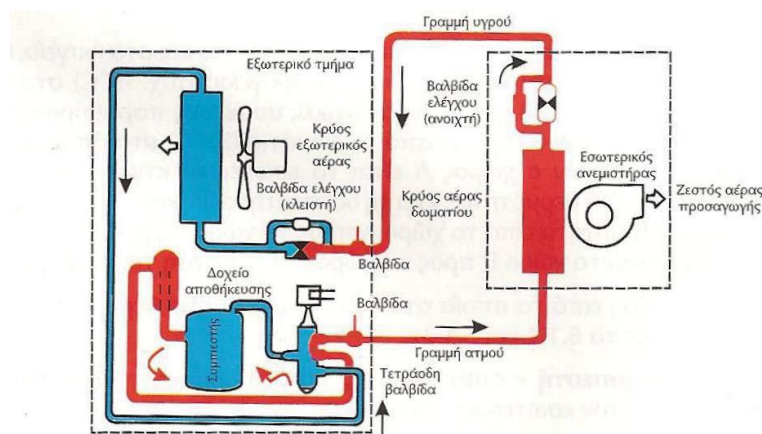
Στραγγαλιστική διάταξη (expansion valve): Η βαλβίδα όπου μειώνεται η πίεση του εργαζόμενου μέσου.

Εξατμιστής: Ο εναλλάκτης θερμότητας για την πρόσληψη θερμότητας από το εργαζόμενο μέσο για την ατμοποίηση του

Βαλβίδα αντιστροφής (reversing valve): Μεταβάλλει τη λειτουργία ανάμεσα σε θέρμανση και ψύξη. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τον τρόπο αντιστροφής: είτε το κύκλωμα του ψυκτικού μέσου παραμένει σταθερό και μεταβάλλονται τα μέσα προσαγωγής και απαγωγής θερμότητας, είτε μέσω τετράοδης βαλβίδας αντιστρέφεται η ροή του ψυκτικού μέσου. Στις εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης χώρων, επιλέγεται αποκλειστικά ο δεύτερος τρόπος.

Περιγραφή λειτουργίας θέρμανσης

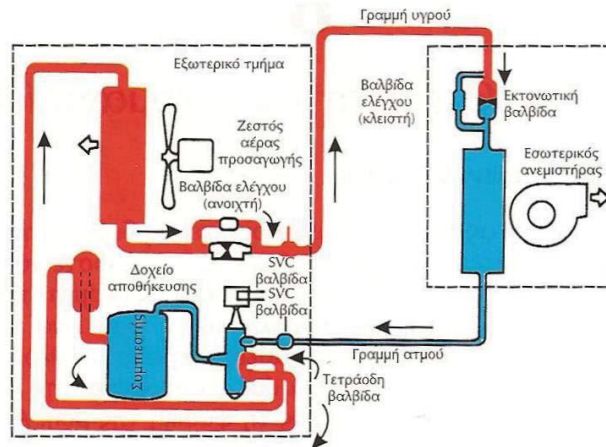
Το εργαζόμενο μέσο εισέρχεται σε κατάσταση κορεσμένου ή υπέρθερμου ατμού στο συμπιεστή, ο οποίος το μετατρέπει σε υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσης. Στη συνέχεια οδηγείται στον εναλλάκτη αποθέρμανσης (desuperheater) για θέρμανση νερού. Μέσω της τετράοδης βαλβίδας οδηγείται στο συμπυκνωτή (condenser) (ή εσωτερικό εναλλάκτη θερμότητας ρευστού - αέρα). Η θερμότητα που αποβάλλεται αξιοποιείται για τη θέρμανση του χώρου είτε άμεσα είτε μέσω δεύτερου κυκλώματος. Στη συνέχεια το μέσο στραγγαλίζεται στη βαλβίδα εκτόνωσης (expansion valve) για να εισαχθεί ξανά στον ατμοποιητή (evaporator) ή τον εναλλάκτη προσαγωγής θερμότητας (περίπτωση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας), πριν οδηγηθεί στο συμπιεστή.



Διάγραμμα 4.6: Αντλία θερμότητας σε λειτουργία θέρμανσης [1]

Περιγραφή λειτουργίας ψύξης

Το εργαζόμενο μέσο εισέρχεται σε κατάσταση κορεσμένου ή υπέρθερμου ατμού στο συμπιεστή, ο οποίος το μετατρέπει σε υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσης. Στη συνέχεια οδηγείται στον εναλλάκτη αποθέρμανσης (desuperheater) για θέρμανση νερού. Στη συνέχεια του κυκλώματος η ροή του εργαζόμενου μέσου είναι αντεστραμμένη μέσω της τετράοδης βαλβίδας. Ο ατμοποιητής του κυκλώματος θέρμανσης λειτουργεί εδώ ως συμπυκνωτής (condenser) για την αποβολή θερμότητας από το μέσο. Στη συνέχεια διαπερνά τη βαλβίδα εκτόνωσης, ώστε να πέσει η θερμοκρασία και η πίεση του. Περνώντας από τον εναλλάκτη προσλαμβάνει θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο, ψύχοντας τον, και το ίδιο ατμοποιείται από την πρόσληψη θερμότητας. Δηλαδή, στο κύκλωμα ψύξης ο συμπυκνωτής του κυκλώματος θέρμανσης λειτουργεί ως ατμοποιητής. Στη συνέχεια το μέσο οδηγείται στο συμπιεστή.



Διάγραμμα 4.7: Αντλία θερμότητας σε λειτουργία ψύξης [1]

Η απόδοση μίας αντλίας θερμότητας χαρακτηρίζεται από το συντελεστή συμπεριφοράς COP (Coefficient of Performance), δηλαδή αποδιδόμενη ενέργεια προς καταναλισκόμενη ενέργεια. Αυτός είναι διαφορετικός για το κύκλο ψύξης και για το κύκλο θέρμανσης ακόμα και για την ίδια συσκευή. Η απόδοση θέρμανσης είναι υψηλότερη της ψύξεως. Ισούται με:

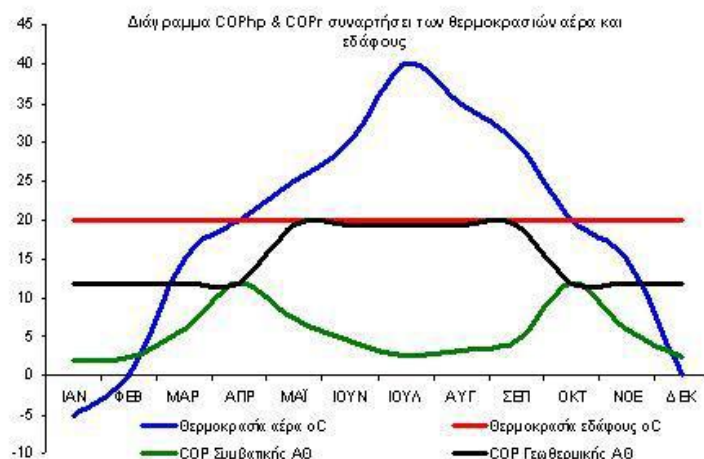
$$\text{Λειτουργία θέρμανσης: } COP_{\text{θέρμανσης}} = \frac{T_{\text{high}}}{T_{\text{high}} - T_{\text{low}}} = \frac{T_{\text{θερμού χώρου}}}{T_{\text{θερμού χώρου}} - T_{\text{ψυχρού χώρου}}}$$

$$\text{Λειτουργία ψύξης: } COP_{\text{ψύξης}} = \frac{T_{\text{low}}}{T_{\text{high}} - T_{\text{low}}} = \frac{T_{\text{ψυχρού χώρου}}}{T_{\text{θερμού χώρου}} - T_{\text{ψυχρού χώρου}}}$$

Η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, διότι η ενθαλία του αέρα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του, επομένως στις χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα θα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας από την μία, και από την άλλη προβλήματα σωστής λειτουργίας του συστήματος λόγω έντονου παγετού.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των απλών συμβατικών αντλιών θερμότητας (αέρος – αέρος και νερού) και των γεωθερμικών αντλιών είναι ότι στην περίπτωση της γεωθερμίας η πηγή ενέργειας (εξωτερικό θερμοδοχείο) είναι το έδαφος ή τα υπόγεια ύδατα. Αυτά εμφανίζουν το πλεονέκτημα να διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία τους καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, βελτιώνοντας την απόδοση του συστήματος και διευκολύνοντας τη σχεδίαση του.

Το βασικό μειονέκτημα των συστημάτων γεωθερμικών αντλιών είναι το υψηλό αρχικό κόστος τους. Είναι 30 με 50% πιο ακριβά από αυτά με τις συμβατικές αντλίες αέρα, ανεξαρτήτως ψυκτικού μέσου. Το επιπλέον αυτό κόστος προκύπτει από τα χωματουργικά για την εγκατάσταση των εναλλακτών θερμότητας στο έδαφος, ιδιαίτερα σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις και σε εγκαταστάσεις εντός αστικού χώρου, όπου η τοποθέτηση είναι σχεδόν αποκλειστικά κατακόρυφη.



Διάγραμμα 4.8: Σύγκριση απόδοσης συμβατικής και γεωθερμικής αντλίας θερμότητας [27]

Ενδεικτικές τιμές COP για αντλίες θερμότητας:

	Ψύξη	Θέρμανση
A/Θ αέρος-αέρος υψηλών θερμοκρασιών (80°C)	--	3,8
A/Θ αέρος-αέρος χαμηλών θερμοκρασιών (60°C)	3,7	4,2
Γεωθερμική αντλία	4,5	5,1

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αντλίας θερμότητας είναι:

- δεν ρυπαίνει την τοπική ατμόσφαιρα με καυσαέρια
- έχει υψηλή πυκνότητα ισχύος και εξοικονομεί χώρο (λεβητοστασίου και δεξαμενής καυσίμου)
- χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο στην Ελλάδα παράγεται σε μεγαλύτερο ποσοστό από εγχώρια καύσιμα (λιγνίτη και υδροηλεκτρικά), ενώ το πετρέλαιο εισάγεται
- με την ίδια εγκατάσταση μπορεί να επιτευχθεί ψύξη το καλοκαίρι
- ο βαθμός απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτό ενός λέβητα (συνήθως ~ 85 έως 90%)

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υποκατάστασης του διδύμου λέβητα-ψύκτη με αντλία θερμότητας είναι:

- υψηλό κόστος εγκατάστασης
- υψηλότερη στάθμη θορύβου κατά τη λειτουργία του

Η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας είναι οικονομικά ανταγωνιστική όταν υπάρχουν:

- υψηλό κόστος καυσίμου για λέβητες-καυστήρες
- υψηλός ετήσιος αριθμός ωρών λειτουργίας
- ευνοϊκά τιμολόγια ρεύματος
- ανάγκη θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η βέλτιστη τεχνοοικονομική απόδοση για τις αντλίες θερμότητας προκύπτει όταν διαστασιολογούνται στο 75% της ονομαστικής ζήτησης, και στις περιπτώσεις που δεν επαρκεί, οι ανάγκες για θέρμανση ή ψύξη να καλύπτονται από δεύτερες πηγές, π.χ. λέβητες πετρελαίου ή ηλεκτρισμός. Στα πλαίσια της παρούσας μελετάται η εγκατάσταση ενός συστήματος αντλίας θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών καθώς η θέρμανση των χώρων γίνεται με σώματα τύπου fan coils. Επιλέγεται η ισχύς του να είναι 800kW σε ψύξη και θέρμανση με

απόδοση 4,2 στη λειτουργία θέρμανσης και 3,7 στη λειτουργία ψύξης. Έχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης παραγωγής και ψύξης με συνολική ονομαστική ισχύ τα 800kW.

Σε αυτή την ισχύ υπάρχουν λίγες εμπορικά διαθέσιμες μονάδες (π.χ. CLIMAVENETA). Υπάρχει όμως η δυνατότητα παραλληλισμού 2 ή περισσότερων μονάδων. Το κόστος προμήθειας του εξοπλισμού είναι περίπου 500.000 ευρώ και τα έξοδα εγκατάστασης 50.000 ευρώ. Το ετήσιο κόστος συντήρησης θα ανέρχεται στο 2% της αξία κτίσης στα 10.000 ευρώ.

Λόγω του υψηλού κόστους του ηλεκτρισμού έναντι του φυσικού αερίου, η μονάδα θα δίνει προτεραιότητα στην κάλυψη των αναγκών σε ψύξη και στη συνέχεια θα καλύπτει θερμικά φορτία. Αν η παραγόμενη θερμότητα ή ψύξη δεν επαρκούν για την κάλυψη των φορτίων, τότε αυτά θα καλύπτονται από τα υφιστάμενα συστήματα με τις υφιστάμενες αποδόσεις.

Η διαθεσιμότητα του συστήματος της αντλίας θερμότητας θεωρείται ίσο με τη μονάδα. Για 15 ώρες ισοδύναμης ονομαστικής λειτουργίας, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας για τις ενεργειακές καταναλώσεις.

Χρονική Περίοδος	Ηλεκτρισμός (MWh)	Θερμικές ανάγκες (MWh.thermal)	Ψυκτικές ανάγκες (MWh.cool) (COP=2)	Λοιπές ηλεκτρικές ανάγκες (MWh)	Κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Ημέρες μήνα	Δυνατότητα ψυκτικών από ΑΘ (MWh)	Κάλυψη ψυκτικών από ΑΘ (MWh)
Ιανουάριος	417,7	377,4	0,0	417,7	419,3	31	372,0	0,0
Φεβρουάριος	381,3	360,7	0,0	381,3	400,7	28	336,0	0,0
Μάρτιος	413,0	351,7	0,0	413,0	390,8	31	372,0	0,0
Απρίλιος	418,7	307,1	0,0	418,7	341,3	30	360,0	0,0
Μαΐος	516,0	294,9	269,3	381,3	327,7	31	372,0	269,3
Ιούνιος	580,3	338,4	398,0	381,3	376,0	30	360,0	360,0
Ιούλιος	613,3	309,0	464,0	381,3	343,4	31	372,0	372,0
Αύγουστος	573,7	279,7	384,7	381,3	310,8	31	372,0	372,0
Σεπτέμβριος	564,7	308,6	366,7	381,3	342,9	30	360,0	360,0
Οκτώβριος	519,0	345,0	275,3	381,3	383,3	31	372,0	275,3
Νοέμβριος	447,3	329,8	0,0	447,3	366,5	30	360,0	0,0
Δεκέμβριος	430,0	333,5	0,0	430,0	370,5	31	372,0	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	5.875,0	3.935,9	2.158,0	4.796,0	4.373,2	365	4.380,0	2.008,7
ΚΟΣΤΟΣ	881.250,0				290.716,5			

Κάλυψη ψυκτικών από ΑΘ (MWh)	Κάλυψη ψυκτικών από υφιστάμενο (MWh)	Ηλεκτρισμός για ψυκτικά (MWh)	Δυνατότητα θερμικών από ΑΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από ΑΘ (MWh)	Κάλυψη θερμικών από ΦΑ (MWh)	Ηλεκτρισμός για θερμικά (MWh) COP=4,2	ΦΑ για θερμικά (MWh)	Συνολική κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	Κατανάλωση ηλεκτρισμού από το δίκτυο (MWh)
0,0	0,0	0,0	372,0	372,0	5,4	88,6	6,0	6,0	506,2
0,0	0,0	0,0	336,0	336,0	24,7	80,0	27,4	27,4	461,3
0,0	0,0	0,0	372,0	351,7	0,0	83,7	0,0	0,0	496,7
0,0	0,0	0,0	360,0	307,1	0,0	73,1	0,0	0,0	491,8
269,3	0,0	72,8	102,7	102,7	192,2	24,4	213,6	213,6	478,6
360,0	38,0	116,3	0,0	0,0	338,4	0,0	376,0	376,0	497,6
372,0	92,0	146,5	0,0	0,0	309,0	0,0	343,4	343,4	527,9
372,0	12,7	106,9	0,0	0,0	279,7	0,0	310,8	310,8	488,2
360,0	6,7	100,6	0,0	0,0	308,6	0,0	342,9	342,9	482,0
275,3	0,0	74,4	96,7	96,7	248,3	23,0	275,9	275,9	478,8
0,0	0,0	0,0	360,0	329,8	0,0	78,5	0,0	0,0	525,9
0,0	0,0	0,0	372,0	333,5	0,0	79,4	0,0	0,0	509,4
2.008,7	149,3	617,5	2.371,3	2.229,5	1.706,4	530,8	1.896,0	1.896,0	5.944,4
								126.038,0	891.657,9

Πίνακας 4.21: Μηνιαία ενεργειακά μεγέθη για το σύστημα της αντλίας θερμότητας

Η κατανάλωση φυσικού αερίου μειώνεται σημαντικά. Όμως εδώ αυξάνεται ελαφρώς η κατανάλωση ηλεκτρισμού και δεν υπάρχει καθόλου αυτοπαραγωγή.

Σε επίπεδο κόστους, η διαφοροποίηση μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και αυτής μετά την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	881.250,0	891.657,9
Φυσικό Αέριο	290.716,5	126.038,0
ΣΥΝΟΛΟ	1.171.966,5	1.017.695,8
ΔΙΑΦΟΡΑ		-154.270,7

Πίνακας 4.22: Συμβολή συστήματος αντλίας θερμότητας στα οικονομικά μεγέθη

Σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό κτιρίου, όπως υπολογίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ., η διαφοροποίηση των δύο καταστάσεων δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΤΑ
Ηλεκτρισμός	226,0	228,6
Φυσικό Αέριο	168,2	72,9
Αναγωγή ηλεκτρισμού σε πρωτογενή ενέργεια	655,3	663,0
Αναγωγή Φ.Α. σε πρωτογενή ενέργεια	176,6	76,6
ΣΥΝΟΛΟ	831,9	739,6
ΔΙΑΦΟΡΑ		-92,3

Πίνακας 4.23: Συμβολή συστήματος αντλίας θερμότητας στα ενεργειακά μεγέθη

Συγκεντρωτικά, τα οικονομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης:

Κόστος επένδυσης (ευρώ)	550.000
Ετήσιο οικονομικό όφελος (ευρώ)	154.270,7
Ετήσιο κόστος συντήρησης (ευρώ)	10.000
Διάρκεια ζωής (έτη)	25
Ετήσια αύξηση τιμών	2
Επιτόκιο αναγωγής (i)	8

Με βάση τα παραπάνω, και θεωρώντας όπως και στις υπόλοιπες επεμβάσεις ότι το κόστος της επένδυσης θα καλυφθεί αποκλειστικά από ίδια κεφάλαια χωρίς δανεισμό, προκύπτει ότι η τ Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης είναι $KPA = 1.183.788,9$ ευρώ και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης $EBA = 28,1\%$. Η περίοδος αποπληρωμής υπολογίστηκε στα 4,52 έτη. Οι υπολογισμοί των παραπάνω φαίνονται στο Παράρτημα Α.

Πρόκειται για μία πολύ συμφέρουσα επιλογή, η οποία θα συμβάλλει σημαντικά και στη μείωση του ενεργειακού κόστους και στη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος. Θα μειώσει στο μισό την κατανάλωση του φυσικού αερίου χωρίς σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού. Έτσι, θα περιοριστεί και η τοπική ρύπανση της ατμόσφαιρας λόγω της καύσης του φυσικού αερίου.

4.8 Σύγκριση εξεταζόμενων παρεμβάσεων

Για τη σύγκριση των προτεινόμενων συστημάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας στο ξενοδοχείο χρησιμοποιήθηκε η ίδια μεθοδολογία και ελήφθησαν οι ίδιες παραδοχές. Επειδή το αρχικό κόστος των επενδύσεων διαφοροποιούνταν σημαντικά, το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση τους. Δείχνει μόνο αν είναι οικονομικά βιώσιμη. Αντίθετα, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης κάθε παρέμβασης μπορεί να αξιοποιηθεί και για τη συγκριτική τους αξιολόγηση.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα βασικά οικονομικά στοιχεία για κάθε σύστημα, η συμβολή του στις ενεργειακές καταναλώσεις και την ενεργειακή ταξινόμηση του κτιρίου, και τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης.

Σενάριο	Υφιστάμενη κατάσταση	Ηλιοθερμικό 100 m ²	ΣΗΘ 420kWe/ 535kWh	ΣΗΘ 800kWe/ 1000kWh	ΣΗΘ 800kWe/ 1000kWh με Ψ.Α. 1000kW	ΣΗΘ 800kWe/ 1000kWh για ηλεκτρισμό	Φ/Β 18kW	ΑΘ 800kW
Κόστος επένδυσης (ευρώ)		33.000,0	415.800,0	704.000,0	2.079.000,0	704.000,0	30.600,0	550.000,0
Ετήσιο κόστος συντήρησης (ευρώ)		500,0	8.316,0	14.080,0	4.158,0	14.080,0	50,0	10.000,0
Ετήσιο οικονομικό όφελος από κατανάλωση ενέργειας (ευρώ)		3.988,8	132.898,0	187.404,2	217.251,8	57.466,2	4.050,0	154.270,7
Ετήσια κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	4.373,2	4.306,5	7.562,7	8.658,9	10.604,5	15.810,8	4.373,2	1.896,0
Ποσοστιαία μεταβολή (%)		-1,52%	72,93%	98,00%	142,49%	261,54%	0,00%	-56,65%
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού (MWh)	5.875,0	5.875,0	3.575,5	2.726,3	1.665,1	423,0	5.848,0	5.944,4
Ποσοστιαία μεταβολή (%)		0,00%	-39,14%	-53,59%	-71,66%	-92,80%	-0,46%	1,18%
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ² .year)	831,9	829,2	704,2	653,8	614,0	685,7	828,9	739,6
Μεταβολή (kWh/m ² .year)		-2,7	-127,7	-178,1	-217,9	-146,2	-3,0	-92,3
Κ.Π.Α. (ευρώ)		10.386,3	1.076.997,0	1.382.145,5	136.546,9	-142.705,3	18.607,5	1.183.788,9
E.B.A. (%)		11,4%	31,9%	26,5%	8,7%	5,5%	14,3%	28,1%
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)		14,67	3,91	4,89	20,70	>25	10,75	4,52

Πίνακας 4.25: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αξιολόγησης για τις εξεταζόμενες παρεμβάσεις

Το κύριο συμπέρασμα είναι ότι για το συγκεκριμένο κτίριο και τις καταναλώσεις που εκτιμήθηκαν από την ανάλυση που έχει γίνει στην Ενότητα 3.3., η οικονομοτεχνικά βέλτιστη επιλογή είναι η εγκατάσταση μονάδας ΣΗΘ με θερμική ισχύ 535kW και ηλεκτρική 420kWe σε λειτουργία κάλυψης των θερμικών φορτίων. Ο EBA είναι 31,9% και η περίοδος αποπληρωμής είναι μικρότερη από τέσσερα έτη. Δηλαδή, ενώ πρόκειται για παρέμβαση υψηλού κόστους, ο

χρόνος αποπληρωμής είναι πολύ σύντομος. Ακολουθούν η εγκατάσταση Αντλίας Θερμότητας 800kW με EBA στο 28,1% και η μονάδα ΣΗΘ θερμικής ισχύος 1000kW με ηλεκτρική 800kW που έχει EBA 26,5%.

Η εγκατάσταση του μικρού ηλιοθερμικού συστήματος και του μικρού φωτοβολταϊκού εμφανίζουν αντιστοιχία στα οικονομικά και περιβαλλοντικά μεγέθη, με το φωτοβολταϊκό να υπερτερεί ελαφρώς. Έχουν EBA μεγαλύτερο από 10% και περίοδο αποπληρωμής μεγαλύτερη από 10 έτη. Κρίνονται αποδεκτές ως μεμονωμένες επενδύσεις, αλλά το μικρό τους μέγεθος λόγω της έλλειψης ασκίαστου χώρου τις καθιστά αδιάφορες για την ενεργειακή αναβάθμιση του LEDRA MARRIOTT. Έχοντας λάβει ως επιτόκιο αναγωγής για τον υπολογισμό της ΚΠΑ το 8%, η εγκατάσταση του Ψύκτη Απορρόφησης ισχύος 1000kW παράλληλα με ΣΗΘ με 1000kW θερμική ισχύ κρίνεται οριακή, αφού εμφανίζει EBA 8,7%. Τέλος, η λειτουργία της μονάδας ΣΗΘ με προτεραιότητα στην κάλυψη της ηλεκτρικής κατανάλωσης κρίνεται μη συμφέρουσα.

Όσον αφορά στην κατανάλωση καυσίμου, οι μονάδες ΣΗΘ αυξάνουν την κατανάλωση φυσικού αερίου με ταυτόχρονη εκπομπή ρύπων και μειώνουν τη ζήτηση ηλεκτρισμού από το δίκτυο. Η λειτουργία της μονάδας ΣΗΘ για παρακολούθηση του ηλεκτρικού φορτίου αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση φυσικού αερίου, χωρίς τελικά να αξιοποιείται η παραγόμενη θερμότητα. Η επιλογή αυτή θα έδινε διαφορετικά αποτελέσματα, αν η αναλογία στις καταναλώσεις ήταν διαφορετική. Η εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης θα έχει θετικό αντίκτυπο στην επιλογή αυτή, καθώς υπάρχει μεγάλη περίσσεια θερμότητας που απορρίπτεται.

Αντίθετα, η αντλία θερμότητας μειώνει την κατανάλωση φυσικού αερίου, αυξάνοντας την κατανάλωση ηλεκτρισμού. Στην περίπτωση του ξενοδοχείου, η αύξηση αυτή είναι πολύ μικρή, αλλά γενικότερα εξαρτάται από την κατανομή των φορτίων. Το φωτοβολταϊκό σύστημα μειώνει της ηλεκτρικές καταναλώσεις, ενώ το ηλιοθερμικό μειώνει τη ζήτηση θερμικών φορτίων και μειώνει την κατανάλωση του καυσίμου.

Όλες οι επεμβάσεις είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν την επένδυση ενός σημαντικού ποσού αρχικά και η αποπληρωμή του γίνεται σταδιακά μέσα από τη μείωση των ενεργειακών λογαριασμών. Γενικότερα, μεγαλύτερη επένδυση επιφέρει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, όχι όμως αναλογικά. Έτσι, δεν είναι βέβαιη η βιωσιμότητα της, ιδιαίτερα σε μεγάλα συστήματα και σε συστήματα που έχουν σχεδιαστεί λανθασμένα χωρίς να «ταιριάζουν» στις ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για σωστό σχεδιασμό πριν την

υλοποίηση οποιασδήποτε παρέμβασης αυτού του είδους και αυτού του οικονομικού μεγέθους. Κάθε εφαρμογή έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά, ποιοτικά και ποσοτικά, και πρέπει να αντιμετωπίζεται εξατομικευμένα.

Επίσης, σημαντικοί παράγοντες είναι η χρονική κατανομή των φορτίων στη διάρκεια της ημέρας και του έτους και ο βαθμός ταυτοχρονισμού τους. Οι κατανομές αυτές καθορίζουν την απαιτούμενη ισχύ του εξοπλισμού, αλλά και τη χωρητικότητα των συστημάτων αποθήκευσης που είναι πιθανό να επιλεγούν για τη βελτίωση της αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας. Τα κυριότερα συστήματα αποθήκευσης είναι τα θερμοδοχεία για την αποθήκευση ζεστού νερού και οι συσσωρευτές για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος των συσσωρευτών είναι σήμερα απαγορευτικό για την υιοθέτηση τους σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Αν μειωθεί το κόστος τους, θα περιοριστεί και η κρισιμότητα του χρονισμού για την οικονομική αντιμετώπιση των εφαρμογών αποθήκευσης.

Σε όλες τις πιθανές παρεμβάσεις, η βιωσιμότητα τους δεν κρίνεται μόνο από το ύψος της αρχικής επένδυσης. Αυτό είναι κρίσιμο για το αν ο επενδυτής έχει τη δυνατότητα να την υλοποιήσει. Η βιωσιμότητα κρίνεται και από τα έξοδα λειτουργίας και από τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν. Μάλιστα τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται σημαντικά ακόμα και για διαφορετικά συστήματα ίδιας τεχνολογίας, όπως με τις μονάδες ΣΗΘ και τον τρόπο λειτουργίας τους.

Τέλος, λόγω της μεγάλης πυκνότητας ισχύος που έχουν, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι μονάδες ΣΗΘ και οι αντλίες θερμότητας προσφέρουν σημαντικά σε πληθώρα εφαρμογών εξοικονόμησης ενέργειας και αναβάθμισης κτιρίων. Η ΣΗΘ απαιτεί μικρό χώρο κοντά στο λεβητοστάσιο, ενώ το συγκρότημα της αντλίας θερμότητας μπορεί να τοποθετηθεί είτε στην οροφή είτε σε ανοικτό εξωτερικό χώρο. Αντίθετα, τα φωτοβολταϊκά και τα ηλιοθερμικά απαιτούν μεγάλη ακάλυπτη και ασκίαστη επιφάνεια, που είναι δύσκολο να βρεθεί σε κτίρια μη βιομηχανικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο τουρισμός είναι ένας από τους σημαντικότερους πυλώνες ανάπτυξης και ταυτόχρονα ο δυναμικότερα αναπτυσσόμενος τομέας της ελληνικής οικονομίας. Η ανάπτυξη του κλάδου συνδέεται άμεσα με την αναβάθμιση των τουριστικών υποδομών στις οποίες εντάσσεται και ο κλάδος των ξενοδοχείων. Ταυτόχρονα, τα κόστη επιβάλλεται να διατηρηθούν σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα, ώστε να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα του ελληνικού τουρισμού. Οι επενδύσεις στα ενεργειακά συστήματα πρέπει να στοχεύουν στη δημιουργία ενός αειφόρου ενεργειακού συστήματος, το οποίο βασίζεται στην εξοικονόμηση ενέργειας και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να μειωθεί η ζήτηση σε πρωτογενείς πηγές, καθώς και να μειωθούν οι λειτουργικές δαπάνες χωρίς εκπτώσεις στις προσφερόμενες υπηρεσίες. Αν και η κατανάλωση ενέργειας στο λειτουργικό κόστος ενός ξενοδοχείου είναι μικρή και περιορισμένη σε ποσοστό μικρότερο του 10%, είναι εφικτό να περιοριστεί χωρίς να μεταβληθεί ποιοτικώς το αποτέλεσμα. Επιπλέον, λόγω της αυξημένης ευαισθητοποίησης σε περιβαλλοντικά ζητήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, έρευνες έχουν δείξει ότι η υιοθέτηση περιβαλλοντικών μέτρων μπορεί να διευρύνει την πελατειακή βάση κάθε καταλύματος έως 15%.

Τα ξενοδοχεία παρουσιάζουν έναν από τους μεγαλύτερους δείκτες ενεργειακής κατανάλωσης, λόγω των χαρακτηριστικών λειτουργίας και χρήσης τους. Συγκεντρωτικά, έρευνες έχουν δείξει για τον ξενοδοχειακό κλάδο στην Ελλάδα ότι:

- τα περισσότερα ξενοδοχεία είναι κατασκευασμένα πριν το 1980
- δεν διαθέτουν καθόλου ή μόνο πλημμελή θερμομόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία. Εκτός από τα ξενοδοχεία 5 αστέρων τα υπόλοιπα σπάνια διαθέτουν θερμομόνωση στην οροφή
- με ελάχιστες εξαιρέσεις μόνο τα ξενοδοχεία 5 αστέρων διαθέτουν κεντρικό σύστημα κλιματισμού
- μόνο το 12% των ξενοδοχείων διαθέτουν συστήματα διαχείρισης που να μπορούν να αξιοποιηθούν και για τη διαχείριση ενέργειας (BEMS)
- μόνο το 10% χρησιμοποιούν εναλλακτικές μορφές ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- χρησιμοποιούνται όλες οι μορφές λαμπτήρων για φωτισμό και όχι μόνο λαμπτήρες ενεργειακής απόδοσης, αν και οι τελευταίοι κερδίζουν συνεχώς έδαφος
- διαθέτουν χώρους πολλαπλών και διαφορετικών χρήσεων με διαφορετικό ενεργειακό προφίλ

- η πληρότητα εμφανίζει μεγάλη διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους, γι' αυτό πολλές μονάδες λειτουργούν εποχιακά
- η συμπεριφορά των χρηστών ποικίλει.

Για τον εντοπισμό των πιο κατάλληλων μέτρων που πρέπει να ληφθούν και για την αξιολόγηση τους είναι απαραίτητο να υπάρχουν συγκεκριμένες πληροφορίες για τα ενεργειακά χαρακτηριστικά, τις συνθήκες άνεσης και τα τυχόν άλλα λειτουργικά προβλήματα, καθώς και για τα στοιχεία αρχικού και λειτουργικού κόστους που τα συνοδεύουν. Σε κάθε περίπτωση, οι προτεινόμενες λύσεις δεν μπορεί παρά να αποτελούν μέρος μίας συνολικής λύσης ενός πολυσύνθετου προβλήματος. Τα παραπάνω διαφοροποιούνται μεταξύ των κτιρίων και συνεπώς κάθε περίπτωση απαιτεί εξατομικευμένη αντιμετώπιση.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αποτελεί το βασικό νομικό κείμενο στην Ελλάδα για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και τη βελτίωση της. Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να αποδώσει οικονομικά, λειτουργικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Σε μία ενεργειακή επιθεώρηση κύριος στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ το σημείο ενδιαφέροντος είναι η κατανάλωση της ενέργειας και οι αντίστοιχες δυνατότητες εξοικονόμησης.

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό τη διερεύνηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης στο ξενοδοχείο LEDRA MARRIOTT, που βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε συνοπτική ενεργειακή μελέτη του κτιρίου. Τα δεδομένα ελήφθησαν από τους ενεργειακούς λογαριασμούς – τιμολόγια, μία σύντομη αυτοψία του χώρου και από συζήτηση με τον υπεύθυνο μηχανικό του κτιρίου.

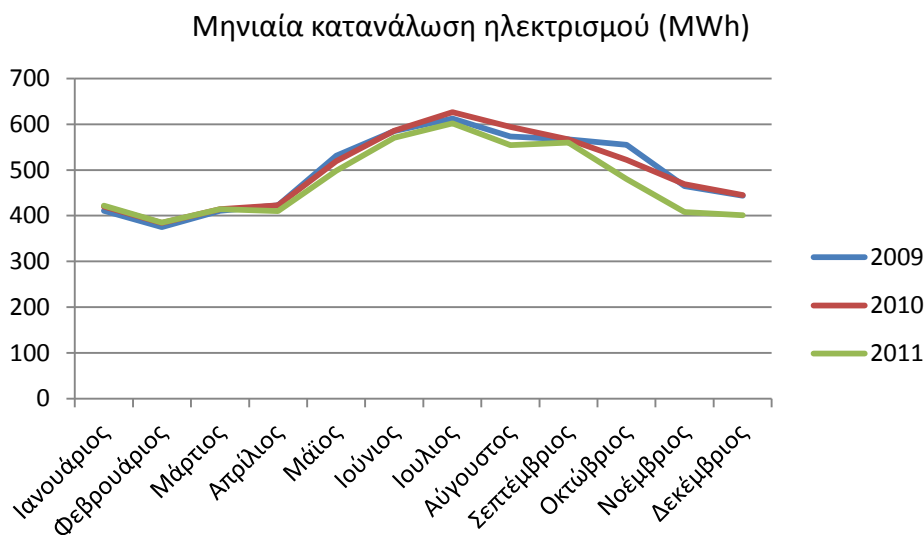
Από τη μελέτη προέκυψε ότι το γενικό επίπεδο των επεμβάσεων για την ενεργειακή αποδοτικότητα των υφιστάμενων υποδομών είναι ικανοποιητικό. Έχουν ληφθεί τα εξής μέτρα μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας:

- θερμομόνωση του κελύφους
- τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων
- το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι φυσικό αέριο και όχι πετρέλαιο
- θερμομόνωση των δικτύων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, αν και δεν είναι σε ικανοποιητική κατάσταση

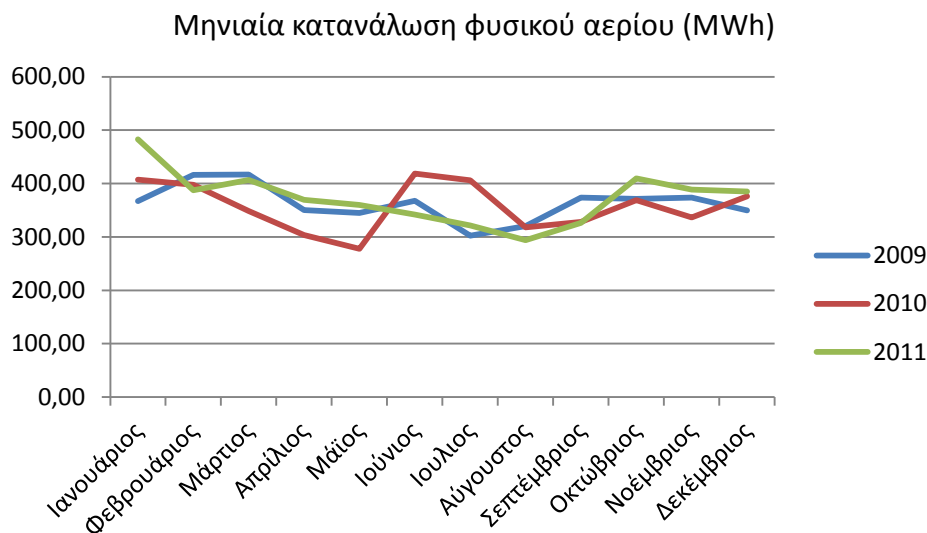
- αντικαθίστανται σταδιακά οι λαμπτήρες
- τα βασικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα ελέγχονται κεντρικά
- έχουν πραγματοποιηθεί ενέργειες για την ευαισθητοποίηση του προσωπικού στα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Οι παραπάνω ενέργειες είναι προς τη σωστή κατεύθυνση, και απαιτείται η συνεχής συντήρηση και επιδιόρθωση τυχόν προβλημάτων, ώστε να διατηρούν την αποδοτικότητα τους. Αντίθετα, δεν έχουν γίνει επεμβάσεις για τη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, που θα μπορούσαν να περιορίσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πρώτιστα, και για ηλεκτρισμό και ψύξη δευτερευόντως. Επιπρόσθετα, δεν γίνεται καμία αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας.

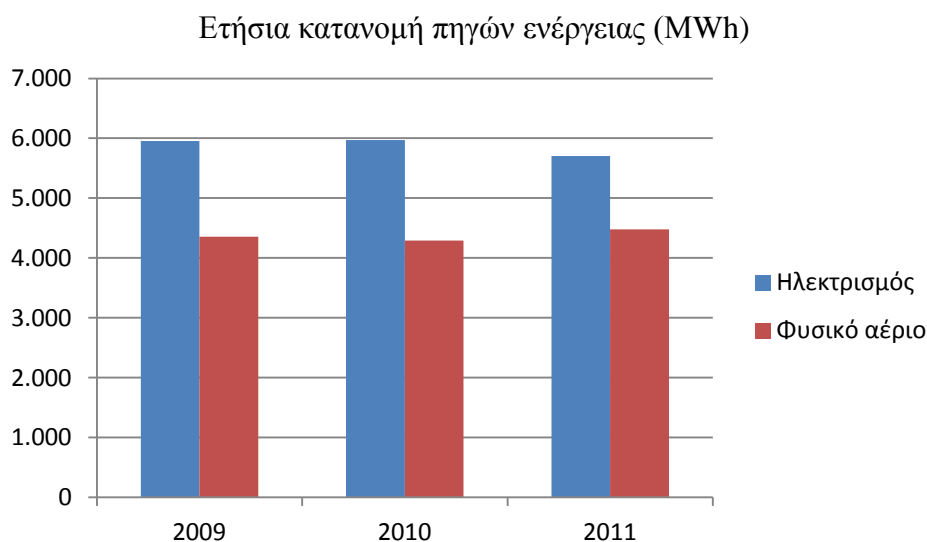
Το ξενοδοχείο χρησιμοποιεί δύο πρωταρχικές πηγές ενέργειας, τον ηλεκτρισμό από το δίκτυο Μέσης Τάσης, και το φυσικό αέριο από το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου. Οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας σε MWh για το διάστημα 2009 – 2011 αποτυπώνονται στα παρακάτω γραφήματα.



Διάγραμμα 5.1: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρισμού σε MWh



Διάγραμμα 5.2: Μηνιαία κατανάλωση φυσικού αερίου σε MWh



Διάγραμμα 5.3: Σύγκριση καταναλώσεων σε MWh για τα έτη 2009 - 2011

Σε ετήσια βάση, η κατανάλωση φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού θεωρείται σταθερή. Κατά μέσο όρο, για την τριετία 2009-2011 είναι 5.875MWh ηλεκτρισμού και 4.373,2MWh φυσικού αερίου. Ανά τετραγωνικό μέτρο στεγασμένης επιφάνειας, η κατανάλωση ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου είναι $5.875 \text{ MWh} / 26.000 \text{ τ.μ.} = 226 \text{ kWh/τ.μ. έτος}$ και $4.373,2 / 26.000 = 168,2 \text{ kWh/τ.μ. έτος}$ αντίστοιχα.

Τους χειμερινούς μήνες μόλις το 25% των φορτίων είναι η θέρμανση χώρων, ενώ το 25% τα ζεστά νερά χρήσης. Αυτό τεκμηριώνει την καλή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Από την

άλλη, η ποσοστιαία αναλογία δείχνει σημαντική συμμετοχή του ηλεκτρισμού στις καταναλώσεις. Αυτό μπορεί να αποδοθεί είτε σε λανθασμένη διαχείριση των ηλεκτρικών φορτίων είτε στο γεγονός ότι αρκετές θερμικές καταναλώσεις δεν καλύπτονται από το σύστημα φυσικού αερίου αλλά με ηλεκτρισμό.

Για τη σύγκριση των προτεινόμενων συστημάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας στο ξενοδοχείο χρησιμοποιήθηκε η ίδια μεθοδολογία και ελήφθησαν οι ίδιες παραδοχές σε κάθε περίπτωση. Επειδή το αρχικό κόστος των επενδύσεων διαφοροποιούνταν σημαντικά, το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση τους. Δείχνει μόνο αν είναι οικονομικά βιώσιμες. Αντίθετα, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης κάθε παρέμβασης μπορεί να αξιοποιηθεί και για τη συγκριτική τους αξιολόγηση. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα βασικά οικονομικά στοιχεία για κάθε σύστημα, η συμβολή του στις ενεργειακές καταναλώσεις και την ενεργειακή ταξινόμηση του κτιρίου, και τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης.

Σενάριο	Υφιστάμενη κατάσταση	Ηλιοθερμικό 100 m2	ΣΗΘ 420kWe/ 535kWh	ΣΗΘ 800kWe/ 1000kWh	ΣΗΘ 800kWe/ 1000kWh με Ψ.Α. 1000kW	ΣΗΘ 800kWe/ 1000kWh για ηλεκτρισμό	Φ/Β 18kW	ΑΘ 800kW
Κόστος επένδυσης (ευρώ)		33.000,0	415.800,0	704.000,0	2.079.000,0	704.000,0	30.600,0	550.000,0
Ετήσιο κόστος συντήρησης (ευρώ)		500,0	8.316,0	14.080,0	4.158,0	14.080,0	50,0	10.000,0
Ετήσιο οικονομικό όφελος από κατανάλωση ενέργειας (ευρώ)		3.988,8	132.898,0	187.404,2	217.251,8	57.466,2	4.050,0	154.270,7
Ετήσια κατανάλωση Φ.Α. (MWh)	4.373,2	4.306,5	7.562,7	8.658,9	10.604,5	15.810,8	4.373,2	1.896,0
Ποσοστιαία μεταβολή (%)		-1,52%	72,93%	98,00%	142,49%	261,54%	0,00%	-56,65%
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού (MWh)	5.875,0	5.875,0	3.575,5	2.726,3	1.665,1	423,0	5.848,0	5.944,4
Ποσοστιαία μεταβολή (%)		0,00%	-39,14%	-53,59%	-71,66%	-92,80%	-0,46%	1,18%
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m2.year)	831,9	829,2	704,2	653,8	614,0	685,7	828,9	739,6
Μεταβολή (kWh/m2.year)		-2,7	-127,7	-178,1	-217,9	-146,2	-3,0	-92,3
Κ.Π.Α. (ευρώ)		10.386,3	1.076.997,0	1.382.145,5	136.546,9	-142.705,3	18.607,5	1.183.788,9
Ε.Β.Α. (%)		11,4%	31,9%	26,5%	8,7%	5,5%	14,3%	28,1%
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)		14,67	3,91	4,89	20,70	>25	10,75	4,52

Πίνακας 5.4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αξιολόγησης για τις εξεταζόμενες παρεμβάσεις

Όλες οι επεμβάσεις είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν την επένδυση ενός σημαντικού ποσού αρχικά και η αποπληρωμή του γίνεται σταδιακά μέσα από τη μείωση των ενεργειακών

λογαριασμών. Γενικότερα, μεγαλύτερη επένδυση επιφέρει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, όχι όμως αναλογικά. Έτσι, δεν είναι βέβαιη η βιωσιμότητα της, ιδιαίτερα σε μεγάλα συστήματα και σε συστήματα που έχουν σχεδιαστεί λανθασμένα χωρίς να «ταιριάζουν» στις ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για σωστό σχεδιασμό πριν την υλοποίηση οποιασδήποτε παρέμβασης αυτού του είδους και αυτού του οικονομικού μεγέθους.

Επίσης, σημαντικοί παράγοντες είναι η χρονική κατανομή των φορτίων στη διάρκεια της ημέρας και του έτους και ο βαθμός ταυτοχρονισμού τους. Οι κατανομές αυτές καθορίζουν την απαιτούμενη ισχύ του εξοπλισμού, αλλά και τη χωρητικότητα των συστημάτων αποθήκευσης που είναι πιθανό να επιλεγούν για τη βελτίωση της αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας. Τα κυριότερα συστήματα αποθήκευσης είναι τα θερμοδοχεία για την αποθήκευση ζεστού νερού και οι συσσωρευτές για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος των συσσωρευτών είναι σήμερα απαγορευτικό για την υιοθέτησή τους σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Αν μειωθεί το κόστος τους, θα περιοριστεί και η κρισιμότητα του χρονισμού για την οικονομική αντιμετώπιση των εφαρμογών αποθήκευσης.

Σε όλες τις πιθανές παρεμβάσεις, η βιωσιμότητα τους δεν κρίνεται μόνο από το ύψος της αρχικής επένδυσης. Αυτό είναι κρίσιμο για το αν ο επενδυτής έχει τη δυνατότητα να την υλοποιήσει. Η βιωσιμότητα κρίνεται και από τα έξοδα λειτουργίας και από τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν. Μάλιστα τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται σημαντικά ακόμα και για συστήματα ίδιας τεχνολογίας, όπως με τις μονάδες ΣΗΘ, αλλά με διαφορετικό τρόπο λειτουργίας.

Για τις προτεινόμενες στην παρούσα εργασία επεμβάσεις, για το συγκεκριμένο κτίριο και τις καταναλώσεις που εκτιμήθηκαν, ως οικονομοτεχνικά βέλτιστη επιλογή κρίθηκε η εγκατάσταση μονάδας ΣΗΘ που λειτουργεί όλο το έτος ως βάση για τα θερμικά φορτία. Ο ΕΒΑ είναι 31,9% και η περίοδος αποπληρωμής είναι μικρότερη από τέσσερα έτη. Δηλαδή, ενώ πρόκειται για παρέμβαση υψηλού κόστους, ο χρόνος αποπληρωμής είναι πολύ σύντομος. Ακολουθεί η εγκατάσταση Αντλίας Θερμότητας 800kW με ΕΒΑ στο 28,1%.

Η εγκατάσταση του μικρού ηλιοθερμικού συστήματος και του μικρού φωτοβολταϊκού εμφανίζουν αντιστοιχία στα οικονομικά και περιβαλλοντικά μεγέθη, με το φωτοβολταϊκό να υπερτερεί ελαφρώς. Κρίνονται αποδεκτές ως μεμονωμένες επενδύσεις, αλλά το μικρό τους μέγεθος λόγω της έλλειψης ασκίαστου χώρου τις καθιστά αδιάφορες για την ενεργειακή

αναβάθμιση του LEDRA MARRIOTT. Η επιλογή εγκατάστασης ψύκτη απορρόφησης δεν κρίνεται οικονομικά σκόπιμη, καθώς η θερμότητα που αξιοποιείται δεν είναι περίσσεια κάποιας άλλης διεργασίας, αλλά παράγεται με καύση φυσικού αερίου στη ΣΗΘ για το σκοπό αυτό.

Όσον αφορά στην κατανάλωση καυσίμου, οι μονάδες ΣΗΘ αυξάνουν την κατανάλωση φυσικού αερίου με ταυτόχρονη εκπομπή ρύπων και μειώνουν τη ζήτηση ηλεκτρισμού από το δίκτυο. Η λειτουργία της μονάδας ΣΗΘ για παρακολούθηση του ηλεκτρικού φορτίου αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση φυσικού αερίου, χωρίς τελικά να αξιοποιείται η παραγόμενη θερμότητα. Η επιλογή αυτή θα έδινε διαφορετικά αποτελέσματα, αν η αναλογία στις καταναλώσεις ήταν διαφορετική. Η εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης θα έχει θετικό αντίκτυπο στην επιλογή αυτή, καθώς υπάρχει μεγάλη περίσσεια θερμότητας που απορρίπτεται. Αντίθετα, η αντλία θερμότητας μειώνει την κατανάλωση φυσικού αερίου, αυξάνοντας την κατανάλωση ηλεκτρισμού. Στην περίπτωση του ξενοδοχείου, η αύξηση αυτή είναι πολύ μικρή, αλλά γενικότερα εξαρτάται από την κατανομή των φορτίων. Το φωτοβολταϊκό σύστημα μειώνει της ηλεκτρικές καταναλώσεις, ενώ το ηλιοθερμικό μειώνει τη ζήτηση θερμικών φορτίων και μειώνει την κατανάλωση του καυσίμου.

Λόγω της μεγάλης πυκνότητας ισχύος που έχουν, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι μονάδες ΣΗΘ και οι αντλίες θερμότητας προσφέρουν σημαντικά σε πληθώρα εφαρμογών εξοικονόμησης ενέργειας και αναβάθμισης κτιρίων. Η ΣΗΘ απαιτεί μικρό χώρο κοντά στο λεβητοστάσιο, ενώ το συγκρότημα της αντλίας θερμότητας μπορεί να τοποθετηθεί είτε στην οροφή είτε σε ανοικτό εξωτερικό χώρο. Αντίθετα, τα φωτοβολταϊκά και τα ηλιοθερμικά απαιτούν μεγάλη ακάλυπτη και ασκίαστη επιφάνεια, που είναι δύσκολο να βρεθεί σε κτίρια μη βιομηχανικά.

Τα αποτελέσματα της οικονομοτεχνικής αξιολόγησης διαφοροποιούνται και με τη μεταβολή των οικονομικών μεγεθών. Αν ο επενδυτής λάβει επιδότηση ή δανειοδοτηθεί για κάποια επένδυση, θα διαφοροποιηθούν οι οικονομικοί δείκτες, όμως δε θα μεταβληθεί η σειρά κατάταξης. Επίσης, οι τιμές των ενεργειακών προϊόντων αυξομειώνονται συνεχώς λόγω της επάρκειας τους, της ζήτησης που παρουσιάζει η αγορά και πολιτικών αποφάσεων. Είναι βέβαιο ότι οι τιμές των ενεργειακών προϊόντων θα αυξηθούν τα επόμενα χρόνια λόγω της ενσωμάτωσης σε αυτά τελών περιβαλλοντικού χαρακτήρα. Τότε, τα οικονομικά οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι πολύ μεγαλύτερα.

Η επάρκεια και η ποιότητα των ενεργειακών δεδομένων είναι πολύ σημαντική κατά τη σχεδίαση συστημάτων εξοικονόμησης. Πριν την οριστικοποίηση της προτεινόμενης λύσης, αλλά μετά τα διοικητική απόφαση για λήψη μέτρων εξοικονόμησης έντασης κεφαλαίου, κρίνεται φρόνιμο να εγκατασταθούν μετρητικά όργανα στην παροχή ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, στις αναχωρήσεις ζεστών νερών κάθε θερμοκρασιακού επιπέδου, στις μεγάλες μονάδες κλιματισμού και σε άλλα κρίσιμα ενεργειακά φορτία, όπως η κουζίνα, τα πλυντήρια και η πισίνα, ώστε να καταγραφεί η χρονική κατανομή τους και να βελτιστοποιηθεί η σχεδίαση. Στην παρούσα εξετάστηκαν συστήματα με ακραίες ονομαστικές τιμές, είτε στο ελάχιστο είτε στο μέγιστο της ζήτησης. Είναι πιθανό ενδιάμεσες λύσεις να επιφέρουν πιο ενδιαφέρουσες επιδόσεις.

Τέλος, αξίζει να εξετασθεί η συνδυαστική εφαρμογή τέτοιων συστημάτων, όπως η τροφοδότηση της αντλίας θερμότητας από φωτοβολταϊκό σύστημα ή η προθέρμανση του νερού προσαγωγής στο ΣΗΘ από ηλιοθερμικό σύστημα. Στο LEDRA MARRIOTT τα αποτελέσματα αυτών των συνδυασμών δεν αναμένεται να διαφοροποιούνται ιδιαίτερος λόγω του μικρού μεγέθους του δεύτερου συστήματος. Όμως σε άλλα κτίρια, με περισσότερη ασκίαστη επιφάνεια, είναι πιθανό να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διπλωματική Εργασία «Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Ξενοδοχειακή Μονάδα», Κομπελίτου Μαρία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2009
2. Διπλωματική Εργασία «Αξιολόγηση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς Πανεπιστημιακών Κτιρίων – Το κτίριο της Υδραυλικής του Α.Π.Θ.», Τοπρίσκα Ευαγγελία – Βασιλική και Τσίβου Μαρία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2010
3. Ελληνική Δημοκρατία, ΥΠΙΑΝ, «1η Έκθεση για το Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020»
4. Διπλωματική Εργασία «Αξιολόγηση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Ξενοδοχείων στη Β΄Κλιματική Ζώνη», Κοκκίνης Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2010
5. Ελληνική Δημοκρατία, ΥΠΙΑΝ, «Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης στα πλαίσια της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ», Αθήνα, Ιούνιος 2008
6. Xydis G., Koroneos C., Polyzakis A., 2009. Energy and exergy analysis of the Greek hotel sector: An application, *Energy and Buildings*, Volume 41, Issue 4, Pages 402-406.
7. Bohdanowicz P., Churie-Kallhauge A., Martican I. Energy-Efficiency and Conservation in Hotels – Towards Sustainable Tourism”, *ASHRAE, 4th International Symposium on Asia Pacific Architecture*, Hawaii, April 2001
8. Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Σοφία Ναταλία Μποέμη, «Ελληνικό ξενοδοχειακό δυναμικό – Τεχνικές προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα ξενοδοχεία», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής
9. A. Moιά-Pol, Michalis Karagiorgas, D. Coll-Mayor, V. Martínez-Moll, Carles Riba-Romeva - “Evaluation of the Energy Consumption in Mediterranean islands Hotels - Case study: the Balearic Islands Hotels”
10. Πράσινη Βίβλος της Επιτροπής, της 22ας Ιουνίου 2005, με τίτλο «Η ενεργειακή απόδοση ή περισσότερα αποτελέσματα με λιγότερα μέσα»
11. Papakostas K., Bentoulis A., Bakas V., Kyriakis N., 2007, Estimation of ambient temperature bin data from monthly average temperatures and solar clearness index. Validation of the methodology in two Greek cities. *Renewable Energy*, Volume 32, Issue 6, Pages 991-1005.
12. ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Πρακτικά ημερίδας με θέμα: “ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ” , 3 Νοεμβρίου 2006, σελ 133 - 257
13. «Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης, Μέρος 1ο: Μεθοδολογία και Τεχνικές», Κέντρο

- Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2000
14. ΥΠΕΚΑ, «Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων», Ιανουάριος 2011
 15. Διπλωματική Εργασία «Ενεργειακή Επιθεώρηση Ξενοδοχειακής Μονάδας», Κωνσταντόπουλος Νικόλαος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, 2011
 16. «Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης, Μέρος 2ο: Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2000
 17. Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εργαστήριο Φωτοτεχνίας
 18. Μ. Καράγιωργας, Α. Μπότζιος-Βαλασκάκης, Α. Παλαμάρα, Θ. Τσούτσος, Ι. Μαυρογιάννης, Ε.Λάζαρη, Α. Ζαχαρίου, Κ. Καρύτσας, Δ. Μενδρινός, Λ. Γαβριήλ, , πρόγραμμα HOTEST, τόμος Β', ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ, Τεχνική υποστήριξη στην τουριστική βιομηχανία, με τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – ΚΑΠΕ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια και τις μεταφορές, Σεπτέμβριος 2004
 19. Δ. Καράγιωργας και Συνεργάτες, BONAIR, «Τεχνολογίες Παραγωγής Ψύξης και Κλιματισμού με τη χρήση ηλιακής ενέργειας και παραδείγματα εφαρμογών», Σεμινάριο ΕΒΗΕ, Νοέμβριος 2008
 20. «Σημειώσεις στο μάθημα Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων, Χρηματοοικονομική και Κοινωνικο-οικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων», Δ. Καλιαμπάκος, Δ. Δαμίγος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων», 2008
 21. Θεοχάρης Τσούτσος, Μιχάλης Καράγιωργας, «Η Ανάπτυξη του Ηλιακού Κλιματισμού στην Ελλάδα»
 22. Μ. Καράγιωργας, Β. Δρόσου, Α. Αηδόνης, «Ενεργειακός σχεδιασμός ξενοδοχειακών μονάδων με έμφαση στα θερμικά ηλιακά συστήματα», Τμήμα Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων, ΚΑΠΕ
 23. Διπλωματική Εργασία «Προσομοίωση Ηλιακά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας», Χρηματοπούλου Μαρία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, 2009
 24. Dr. Karagiorgas, Executive Design Sheet of a Gas Cogeneration HVAC in A Hotel, 3/2005
 25. Διπλωματική Εργασία «Εφαρμογή της Συμπααραγωγής στο Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών «ΣΙΣΜΑΝΟΓΛΕΙΟ»», Μπαλάνου Ευαγγελία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ιούλιος 2007
 26. «Προτάσεις για τη βέλτιστη εφαρμογή του net-metering», Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, Νοέμβριος 2013
 27. Μεταπτυχιακή Διατριβή «Χρήση Αντλίας Θερμότητας για Κλιματισμό Χοιροστασίου

αξιοποιώντας τη Γεωθερμία», Ιωάννης Φ. Παπαγεωργίου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, 2010

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**Υπολογισμοί Κ.Π.Α. και Ε.Β.Α.**

Είδος Επένδυσης:	Ηλιοθερμικό 100m ²
Ύψος επένδυσης:	33.000 euro
Συντήρηση	500 euro
Όφελος	3.989 euro
Αύξηση τιμών	2% ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25 έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματοροπή (€)	Ανηγμένη Χρηματοροπή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματοροπή σε παρούσα αξία
0		33.000	-33000,0	-33000,0	-33.000,0
1	3.988,8	500	3488,8	3230,4	-29.769,6
2	4.068,6	510,0	3558,6	3050,9	-26.718,7
3	4.149,9	520,2	3629,7	2881,4	-23.837,3
4	4.232,9	530,6	3702,3	2721,3	-21.116,0
5	4.317,6	541,2	3776,4	2570,1	-18.545,8
6	4.404,0	552,0	3851,9	2427,4	-16.118,5
7	4.492,0	563,1	3929,0	2292,5	-13.826,0
8	4.581,9	574,3	4007,5	2165,1	-11.660,8
9	4.673,5	585,8	4087,7	2044,9	-9.616,0
10	4.767,0	597,5	4169,4	1931,3	-7.684,7
11	4.862,3	609,5	4252,8	1824,0	-5.860,7
12	4.959,6	621,7	4337,9	1722,6	-4.138,1
13	5.058,8	634,1	4424,6	1626,9	-2.511,2
14	5.159,9	646,8	4513,1	1536,5	-974,6
15	5.263,1	659,7	4603,4	1451,2	476,6
16	5.368,4	672,9	4695,5	1370,6	1.847,1
17	5.475,8	686,4	4789,4	1294,4	3.141,5
18	5.585,3	700,1	4885,2	1222,5	4.364,0
19	5.697,0	714,1	4982,9	1154,6	5.518,6
20	5.810,9	728,4	5082,5	1090,4	6.609,1
21	5.927,1	743,0	5184,2	1029,9	7.638,9
22	6.045,7	757,8	5287,9	972,7	8.611,6
23	6.166,6	773,0	5393,6	918,6	9.530,2
24	6.289,9	788,4	5501,5	867,6	10.397,8
25	6.415,7	804,2	5611,5	819,4	11.217,2
		ΚΠΑ =	10.386,3	euro	
		EBA =	11,4%		
		PayBack =	14,67		έτη

Είδος Επένδυσης:	ΣΗΘ 420kWe - 535kWh
Υψος επένδυσης:	415.800 euro
Συντήρηση	8.316 euro
Όφελος	132.898 euro
Αύξηση τιμών	2% ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25 έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματοροπή (€)	Ανηγμένη Χρηματοροπή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματοροπή σε παρούσα αξία
0		415.800	-415800,0	-415800,0	-415.800,0
1	132.898,0	8.316	124582,0	115353,7	-300.446,3
2	135.556,0	8.482,3	127073,6	108945,2	-191.501,1
3	138.267,1	8.652,0	129615,1	102892,7	-88.608,5
4	141.032,4	8.825,0	132207,4	97176,4	8.567,9
5	143.853,1	9.001,5	134851,6	91777,7	100.345,6
6	146.730,1	9.181,5	137548,6	86678,9	187.024,6
7	149.664,7	9.365,2	140299,6	81863,4	268.888,0
8	152.658,0	9.552,5	143105,6	77315,5	346.203,5
9	155.711,2	9.743,5	145967,7	73020,2	419.223,7
10	158.825,4	9.938,4	148887,0	68963,5	488.187,2
11	162.001,9	10.137,2	151864,8	65132,2	553.319,4
12	165.242,0	10.339,9	154902,1	61513,7	614.833,1
13	168.546,8	10.546,7	158000,1	58096,3	672.929,4
14	171.917,7	10.757,6	161160,1	54868,7	727.798,2
15	175.356,1	10.972,8	164383,3	51820,5	779.618,6
16	178.863,2	11.192,2	167671,0	48941,6	828.560,2
17	182.440,5	11.416,1	171024,4	46222,6	874.782,8
18	186.089,3	11.644,4	174444,9	43654,7	918.437,4
19	189.811,1	11.877,3	177933,8	41229,4	959.666,8
20	193.607,3	12.114,8	181492,4	38938,9	998.605,7
21	197.479,4	12.357,1	185122,3	36775,6	1.035.381,3
22	201.429,0	12.604,3	188824,7	34732,5	1.070.113,8
23	205.457,6	12.856,4	192601,2	32802,9	1.102.916,8
24	209.566,8	13.113,5	196453,3	30980,5	1.133.897,3
25	213.758,1	13.375,8	200382,3	29259,4	1.163.156,7
		ΚΠΑ =	1.076.997,0	euro	
		EBA =	31,9%		
		PayBack =	3,91	έτη	

Είδος Επένδυσης:	ΣΗΘ 800kWe - 1000kWh	
Υψος επένδυσης:	704.000	euro
Συντήρηση	14.080	euro
Όφελος	187.404,2	euro
Αύξηση τιμών	2%	ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25	έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%	

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματοροπή (€)	Ανηγμένη Χρηματοροπή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματοροπή σε παρούσα αξία
0		704.000	-704000,0	-704000,0	-704.000,0
1	187.404,2	14.080	173324,2	160485,4	-543.514,6
2	191.152,3	14.361,6	176790,7	151569,5	-391.945,1
3	194.975,3	14.648,8	180326,5	143149,0	-248.796,1
4	198.874,8	14.941,8	183933,0	135196,3	-113.599,9
5	202.852,3	15.240,6	187611,7	127685,4	14.085,5
6	206.909,4	15.545,5	191363,9	120591,7	134.677,2
7	211.047,6	15.856,4	195191,2	113892,2	248.569,4
8	215.268,5	16.173,5	199095,0	107564,8	356.134,3
9	219.573,9	16.497,0	203076,9	101589,0	457.723,3
10	223.965,4	16.826,9	207138,5	95945,2	553.668,5
11	228.444,7	17.163,4	211281,2	90614,9	644.283,4
12	233.013,6	17.506,7	215506,9	85580,7	729.864,1
13	237.673,8	17.856,8	219817,0	80826,3	810.690,4
14	242.427,3	18.214,0	224213,3	76335,9	887.026,3
15	247.275,9	18.578,3	228697,6	72095,0	959.121,3
16	252.221,4	18.949,8	233271,6	68089,7	1.027.211,0
17	257.265,8	19.328,8	237937,0	64307,0	1.091.518,0
18	262.411,1	19.715,4	242695,7	60734,4	1.152.252,4
19	267.659,3	20.109,7	247549,6	57360,2	1.209.612,6
20	273.012,5	20.511,9	252500,6	54173,6	1.263.786,2
21	278.472,8	20.922,1	257550,6	51163,9	1.314.950,1
22	284.042,2	21.340,6	262701,7	48321,5	1.363.271,6
23	289.723,1	21.767,4	267955,7	45636,9	1.408.908,5
24	295.517,5	22.202,7	273314,8	43101,6	1.452.010,1
25	301.427,9	22.646,8	278781,1	40707,0	1.492.717,1
		KΠΑ =	1.382.145,5	euro	
		EBA =	26,5%		
		PayBack =	4,89		έτη

Είδος Επένδυσης:	ΣΗΘ 800kWe -1000kWh με ΨΑ 1000kW	
Ύψος επένδυσης:	2.079.000	euro
Συντήρηση	41.580	euro
Όφελος	217.251,8	euro
Αύξηση τιμών	2%	ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25	έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%	

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματορροή (€)	Ανηγμένη Χρηματορροή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματορροή σε παρούσα αξία
0		2.079.000	-2.079.000,0	-2.079.000,0	-2.079.000,0
1	217.251,8	41.580	175.671,8	162.659,1	-1.916.340,9
2	221.596,8	42.411,6	179.185,2	153.622,5	-1.762.718,5
3	226.028,8	43.259,8	182.768,9	145.087,9	-1.617.630,6
4	230.549,3	44.125,0	186.424,3	137.027,4	-1.480.603,1
5	235.160,3	45.007,5	190.152,8	129.414,8	-1.351.188,3
6	239.863,5	45.907,7	193.955,9	122.225,1	-1.228.963,3
7	244.660,8	46.825,8	197.835,0	115.434,8	-1.113.528,4
8	249.554,0	47.762,4	201.791,7	109.021,8	-1.004.506,7
9	254.545,1	48.717,6	205.827,5	102.965,0	-901.541,7
10	259.636,0	49.691,9	209.944,1	97.244,7	-804.297,0
11	264.828,7	50.685,8	214.142,9	91.842,2	-712.454,7
12	270.125,3	51.699,5	218.425,8	86.739,9	-625.714,8
13	275.527,8	52.733,5	222.794,3	81.921,0	-543.793,8
14	281.038,4	53.788,2	227.250,2	77.369,8	-466.424,0
15	286.659,1	54.863,9	231.795,2	73.071,5	-393.352,5
16	292.392,3	55.961,2	236.431,1	69.012,0	-324.340,5
17	298.240,2	57.080,4	241.159,7	65.178,0	-259.162,5
18	304.205,0	58.222,0	245.982,9	61.557,0	-197.605,5
19	310.289,1	59.386,5	250.902,6	58.137,2	-139.468,3
20	316.494,8	60.574,2	255.920,6	54.907,3	-84.561,0
21	322.824,7	61.785,7	261.039,1	51.856,9	-32.704,1
22	329.281,2	63.021,4	266.259,8	48.976,0	16.271,9
23	335.866,9	64.281,8	271.585,0	46.255,1	62.526,9
24	342.584,2	65.567,5	277.016,7	43.685,4	106.212,3
25	349.435,9	66.878,8	282.557,1	41.258,4	147.470,7
		KPIA =	136.546,9	euro	
		EBA =	8,7%		
		PayBack =	20,70		έτη

Είδος Επένδυσης:	ΣΗΘ 800kWe - 1000kWh για ηλεκτρισμό	
Ύψος επένδυσης:	704.000	euro
Συντήρηση	14.080	euro
Όφελος	57.466,2	euro
Αύξηση τιμών	2%	ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25	έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%	

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματοροπή (€)	Ανηγμένη Χρηματοροπή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματοροπή σε παρούσα αξία
0		704000,0	-704000,0	-704000,0	-704000,0
1	57.466,2	14080,0	43386,2	40172,4	-663827,6
2	58.615,5	14361,6	44253,9	37940,6	-625887,0
3	59.787,8	14648,8	45139,0	35832,8	-590054,2
4	60.983,6	14941,8	46041,8	33842,1	-556212,1
5	62.203,3	15240,6	46962,6	31962,0	-524250,1
6	63.447,3	15545,5	47901,9	30186,3	-494063,8
7	64.716,3	15856,4	48859,9	28509,3	-465554,5
8	66.010,6	16173,5	49837,1	26925,4	-438629,1
9	67.330,8	16497,0	50833,8	25429,6	-413199,5
10	68.677,4	16826,9	51850,5	24016,8	-389182,7
11	70.051,0	17163,4	52887,5	22682,6	-366500,1
12	71.452,0	17506,7	53945,3	21422,4	-345077,7
13	72.881,0	17856,8	55024,2	20232,3	-324845,4
14	74.338,7	18214,0	56124,7	19108,3	-305737,2
15	75.825,4	18578,3	57247,2	18046,7	-287690,5
16	77.341,9	18949,8	58392,1	17044,1	-270646,4
17	78.888,8	19328,8	59560,0	16097,2	-254549,2
18	80.466,6	19715,4	60751,2	15202,9	-239346,3
19	82.075,9	20109,7	61966,2	14358,3	-224988,0
20	83.717,4	20511,9	63205,5	13560,6	-211427,3
21	85.391,8	20922,1	64469,6	12807,3	-198620,1
22	87.099,6	21340,6	65759,0	12095,7	-186524,3
23	88.841,6	21767,4	67074,2	11423,8	-175100,6
24	90.618,4	22202,7	68415,7	10789,1	-164311,5
25	92.430,8	22646,8	69784,0	10189,7	-154121,7
		KPIA =	-142.705,3	euro	
		EBA =	5,5%		
		PayBack =	>25	έτη	

Είδος Επένδυσης:	ΦΒ 18kW
Υψος επένδυσης:	30.600 euro
Συντήρηση	50 euro
Όφελος	4.050 euro
Αύξηση τιμών	2% ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25 έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματοροπή (€)	Ανηγμένη Χρηματοροπή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματοροπή σε παρούσα αξία
0		30.600	-30600,0	-30600,0	-30.600,0
1	4.050,0	50	4000,0	3703,7	-26.896,3
2	4.131,0	51,0	4080,0	3497,9	-23.398,4
3	4.213,6	52,0	4161,6	3303,6	-20.094,7
4	4.297,9	53,1	4244,8	3120,1	-16.974,7
5	4.383,9	54,1	4329,7	2946,7	-14.027,9
6	4.471,5	55,2	4416,3	2783,0	-11.244,9
7	4.561,0	56,3	4504,6	2628,4	-8.616,5
8	4.652,2	57,4	4594,7	2482,4	-6.134,1
9	4.745,2	58,6	4686,6	2344,5	-3.789,6
10	4.840,1	59,8	4780,4	2214,2	-1.575,4
11	4.936,9	60,9	4876,0	2091,2	515,9
12	5.035,7	62,2	4973,5	1975,0	2.490,9
13	5.136,4	63,4	5073,0	1865,3	4.356,2
14	5.239,1	64,7	5174,4	1761,7	6.117,9
15	5.343,9	66,0	5277,9	1663,8	7.781,7
16	5.450,8	67,3	5383,5	1571,4	9.353,1
17	5.559,8	68,6	5491,1	1484,1	10.837,2
18	5.671,0	70,0	5601,0	1401,6	12.238,9
19	5.784,4	71,4	5713,0	1323,8	13.562,6
20	5.900,1	72,8	5827,2	1250,2	14.812,8
21	6.018,1	74,3	5943,8	1180,8	15.993,6
22	6.138,4	75,8	6062,7	1115,2	17.108,8
23	6.261,2	77,3	6183,9	1053,2	18.162,0
24	6.386,4	78,8	6307,6	994,7	19.156,7
25	6.514,2	80,4	6433,7	939,4	20.096,1
		KΠΑ =	18.607,5	euro	
		EBA =	14,3%		
		PayBack =	10,75	έτη	

Είδος Επένδυσης:	AΘ 800kW
Υψος επένδυσης:	550.000 euro
Συντήρηση	10.000 euro
Όφελος	154.270,7 euro
Αύξηση τιμών	2% ετησίως
Διάρκεια ζωής:	25 έτη
Επιτόκιο αναγωγής:	8%

Έτος	Εισροή (€)	Εκροή (€)	Χρηματοροπή (€)	Ανηγμένη Χρηματοροπή σε παρούσα αξία	Αθροιστική Χρηματοροπή σε παρούσα αξία
0		550.000	-550000,0	-550000,0	-550.000,0
1	154.270,7	10.000,0	144.270,7	133.584,0	-416.416,0
2	157.356,1	10.200,0	147.156,1	126.162,6	-290.253,4
3	160.503,2	10.404,0	150.099,2	119.153,6	-171.099,8
4	163.713,3	10.612,1	153.101,2	112.534,0	-58.565,8
5	166.987,6	10.824,3	156.163,2	106.282,1	47.716,3
6	170.327,3	11.040,8	159.286,5	100.377,5	148.093,8
7	173.733,9	11.261,6	162.472,2	94.801,0	242.894,8
8	177.208,5	11.486,9	165.721,7	89.534,3	332.429,1
9	180.752,7	11.716,6	169.036,1	84.560,1	416.989,2
10	184.367,8	11.950,9	172.416,8	79.862,4	496.851,6
11	188.055,1	12.189,9	175.865,2	75.425,6	572.277,1
12	191.816,2	12.433,7	179.382,5	71.235,3	643.512,4
13	195.652,5	12.682,4	182.970,1	67.277,7	710.790,1
14	199.565,6	12.936,1	186.629,5	63.540,1	774.330,2
15	203.556,9	13.194,8	190.362,1	60.010,1	834.340,3
16	207.628,1	13.458,7	194.169,4	56.676,2	891.016,5
17	211.780,6	13.727,9	198.052,8	53.527,5	944.544,0
18	216.016,2	14.002,4	202.013,8	50.553,8	995.097,8
19	220.336,5	14.282,5	206.054,1	47.745,2	1.042.843,0
20	224.743,3	14.568,1	210.175,2	45.092,7	1.087.935,7
21	229.238,1	14.859,5	214.378,7	42.587,6	1.130.523,2
22	233.822,9	15.156,7	218.666,2	40.221,6	1.170.744,8
23	238.499,4	15.459,8	223.039,6	37.987,0	1.208.731,9
24	243.269,4	15.769,0	227.500,4	35.876,7	1.244.608,5
25	248.134,7	16.084,4	232.050,4	33.883,5	1.278.492,0
		KΠΑ =	1.183.788,9	euro	
		EBA =	28,1%		
		PayBack =	4,52	έτη	