



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αλικάκος Πέτρος

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2016



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

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αλικάκος Πέτρος

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18^η Μαρτίου 2016.

.....

Ιωάννης Ψαρράς

.....

Δημήτριος Ασκούνης

.....

Χάρης Δούκας

Αθήνα, Μάρτιος 2016

.....

Αλικάκος Πέτρος

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

Copyright © Αλικάκος Πέτρος, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Ιωάννης Ψαρράς, τον οποίο ευχαριστώ για την ανάθεση αυτής και τη δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην επιβλέπουσα της διπλωματικής, διδάκτορα Ε.Μ.Π. Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, για την καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε. Οι υποδείξεις και οι συμβουλές της υπήρξαν απαραίτητες για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να εκφράσω στους υπεύθυνους της Τεχνικής Εταιρείας Π. & Κ. Μαλαβάζος Ε.Ε. για τις πληροφορίες που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής καθώς και για την αμέριστη συμπαράστασή τους.

Αφιερώνω τη διπλωματική μου εργασία στην οικογένειά μου και κυρίως στη σύζυγό μου, αρωγό και εμπυχώτρια σε όλη την ακαδημαϊκή και προσωπική μου πορεία, καθώς και στην κόρη μου, Μαρία, που υπήρξε η έμπνευσή μου.

Στη μνήμη της αγαπημένης Ιωάννας που έφυγε πρόωρα από κοντά μας.

Περίληψη

Ο κτιριακός τομέας εκτιμάται πως είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό αλλά και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο συνεισφέροντας έτσι στην ραγδαία επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με εκπομπές ρύπων. Οι επεμβάσεις στον κτιριακό τομέα με σκοπό την ελάττωση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι ξεκάθαρος στόχος της Ε.Ε. με σκοπό όχι μόνο την μεγάλη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας αλλά και την περαιτέρω άνεση των χρηστών των κτιρίων.

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μια σημαντική δράση με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, που έχει εφαρμογή τόσο στη βιομηχανία όσο και στον κτιριακό τομέα, και αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες. Ως ενεργειακή επιθεώρηση ορίζεται η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων σε κτίρια τριών διαφορετικών χρήσεων του τριτογενούς τομέα (Ξενοδοχεία, Γραφεία και Χώροι Μαζικής Εστίασης). Συλλέχθηκαν όλα τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την εύρεση του ενεργειακού προφίλ του εκάστοτε κτιρίου, πραγματοποιήθηκε ενεργειακή μελέτη αυτών με τη βοήθεια του προγράμματος TEE – KENAK και έγινε ανάλυση ευαισθησίας επιλεγμένων παραμέτρων με σκοπό την ενεργειακή βελτίωση των υπό εξέταση κτιρίων. Τέλος, βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν, εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Λέξεις Κλειδιά:

Ενεργειακή επιθεώρηση, Εξοικονόμηση ενέργειας, Κτίρια Τριτογενούς τομέα, Ανάλυση ευαισθησίας θερμομόνωσης - αντιστάθμισης - σκίασης - ηλιακών συλλεκτών - αυτοματισμών κτιρίων, Παρεμβάσεις Ενεργειακής Βελτίωσης.

Abstract

The building sector is estimated to be responsible for approximately 40% of total energy consumption at national and European level, thus contributing to rapidly charge the atmosphere with emissions.

The interventions in the building sector in order to reduce energy consumption is clear aim of EU with a view not only the large reduction in the energy required and the further comfort of building users.

The energy audit is an important action to save energy, which applies to both industry and the building sector, and concerns all energy technologies. As an energy audit is defined the process of assessing the actual energy consumption in an energy system, the factors affecting them, as well as improved methods for saving energy in the building sector.

This thesis concerns the energy audits of buildings in three different uses of the tertiary sector (Hotels, Offices and Restaurants). After collecting all the necessary data required creating the energy profile of each building, an energy study using the TEE - KENAK program, as well as a sensitivity analysis of selected parameters, aimed at improving the energy profile of each building, were carried out. Finally, based on the conclusions that were drawn, there is a reference of the prospects emerging in this thesis.

Keywords:

Energy audit, Energy saving, U-Value, Buildings of the Tertiary Sector, Sensitivity Analysis of

Insulation - compensation - shading - solar collectors - Building Automation, Energy Operations Improvement.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	15
1.1 Σκοπός – Αντικείμενο	17
1.2 Φάσεις υλοποίησης.....	19
1.3 Οργάνωση τόμου	20
Κεφάλαιο 2: Παράμετροι για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων τριτογενούς τομέα	21
2.1 Θερμομόνωση	23
2.1.1 Λειτουργία θερμομόνωσης – Θερμικές απώλειες.....	24
2.1.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων	25
2.1.3 Στοιχεία κτιριακού κελύφους ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή	26
2.1.4 Τρόποι θερμομόνωσης.....	27
2.1.5 Θερμογέφυρες	29
2.1.6 Κατανομή Ελλάδας σε κλιματικές ζώνες.....	32
2.1.7 Θερμομονωτικά υλικά.....	34
2.1.7.1 Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών.....	35
2.1.7.2 Φυσικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών	35
2.1.7.3 Περιβαλλοντικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών	37
2.1.7.4 Βασικές ιδιότητες κυριότερων θερμομονωτικών υλικών.....	38
2.2 Σκίαση.....	39
2.2.1 Διατάξεις σκιασμού.....	39
2.2.2 Τύποι σκιάστρων	40
2.2.3 Στήριξη.....	43
2.2.4 Φυτεμένες στέγες.....	44
2.2.5 Φυσική σκίαση	44
2.3 Αντιστάθμιση.....	45
2.3.1 Αντιστάθμιση ηλεκτρικής εγκατάστασης.....	45
2.3.1.1 Διόρθωση συνημιτόνου	46
2.3.2 Αντιστάθμιση συστήματος θέρμανσης.....	49
2.3.2.1 Αυτόματος έλεγχος και ρύθμιση θερμοκρασίας σε εγκαταστάσεις θέρμανσης	49
2.3.2.2 Τρόπος λειτουργίας αντιστάθμισης.....	51
2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	51

2.4.1	Είδη ηλιακών συλλεκτών	52
2.4.1.1	Ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα	53
2.4.1.2	Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες.....	53
2.4.1.3	Ηλιακοί συλλέκτες κενού	55
2.4.1.4	Σύγκριση τεχνολογιών ηλιακών συλλεκτών.....	55
2.4.2	Χρήση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης.....	56
2.5	Αυτοματισμοί κτιρίων	58
2.5.1	Κατηγορίες αυτοματισμών κτιρίων	58
2.5.2	Σύστημα BEMS	59
2.5.3	Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	61
2.5.3.1	Κατανομή του φυσικού φωτισμού	61
2.5.3.2	Ζώνες ελέγχου φωτισμού	62
2.5.3.3	Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού.....	62
2.5.3.4	Εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού σε υφιστάμενα κτίρια.....	63
2.5.3.5	αισθητήρες παρουσίας/κίνησης φωτισμού.....	63
2.6	Κριτήρια επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.....	65
2.6.1	Ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια.....	65
2.6.2	Τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια	65
2.6.3	Οικονομικά και χρηματοδοτικά κριτήρια	65
2.6.4	Περίοδος Αποπληρωμής	66
2.6.5	Ανάλυση ευαισθησίας.....	66
Κεφάλαιο 3: Μελέτη παραμέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς σε		
	ξενοδοχειακές μονάδες	69
3.1	Εισαγωγή κεφαλαίου	71
3.2	Μελέτη Ξενοδοχείου στην Καλλιθέα	72
3.2.1	Περιγραφή κτιρίου	72
3.2.1.1	Προφίλ κτιρίου	74
3.2.1.2	Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου.....	74
3.2.1.3	Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	75
3.2.1.4	Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	76
3.2.2	Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	77
3.2.2.1	Θερμομόνωση	77
3.2.2.2	Σκίαση.....	80
3.2.2.3	Αντιστάθμιση.....	81

3.2.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	82
3.2.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	84
3.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	85
3.3 Μελέτη Ξενοδοχείου στη Ρόδο	86
3.3.1 Περιγραφή κτιρίου	86
3.3.1.1 Προφίλ κτιρίου	88
3.3.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	88
3.3.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	89
3.3.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	90
3.3.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	90
3.3.2.1 Θερμομόνωση	91
3.3.2.2 Σκίαση.....	93
3.3.2.3 Αντιστάθμιση.....	94
3.3.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	96
3.3.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	97
3.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	98
3.4 Συνολική σύγκριση Ξενοδοχείων	99
Κεφάλαιο 4: Μελέτη παραμέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς σε κτίρια γραφείων.....	101
4.1 Εισαγωγή κεφαλαίου	103
4.2 Μελέτη Γραφείου στο Μαρούσι.....	104
4.2.1 Περιγραφή κτιρίου	104
4.2.1.1 Προφίλ κτιρίου	106
4.2.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	106
4.2.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	108
4.2.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	109
4.2.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	110
4.2.2.1 Θερμομόνωση	110
4.2.2.2 Σκίαση.....	113
4.2.2.3 Αντιστάθμιση.....	114
4.2.2.4 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	115
4.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	117
4.3 Μελέτη Γραφείου στην Αθήνα.....	118
4.3.1 Περιγραφή κτιρίου	118

4.3.1.1 Προφίλ κτιρίου	119
4.3.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	119
4.3.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	122
4.3.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	122
4.3.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	123
4.3.2.1 Θερμομόνωση	124
4.3.2.2 Σκίαση.....	126
4.3.2.3 Αντιστάθμιση.....	127
4.3.2.4 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	129
4.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	130
4.4 Μελέτη Γραφείου στις Σέρρες	131
4.4.1 Περιγραφή κτιρίου	131
4.4.1.1 Προφίλ κτιρίου	132
4.4.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	132
4.4.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	133
4.4.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	134
4.4.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	135
4.4.2.1 Θερμομόνωση	135
4.4.2.2 Σκίαση.....	138
4.4.2.3 Αντιστάθμιση.....	139
4.4.2.4 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	141
4.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	142
4.5 Συνολική σύγκριση Γραφείων	143
Κεφάλαιο 5: Μελέτη παραμέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς σε κτίρια - χώρους μαζικής εστίασης	145
5.1 Εισαγωγή κεφαλαίου	147
5.2 Μελέτη Εστιατορίου στο Κορωπί.....	147
5.2.1 Περιγραφή κτιρίου	147
5.2.1.1 Προφίλ κτιρίου	149
5.2.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	149
5.2.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	152
5.2.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	152
5.2.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	153
5.2.2.1 Θερμομόνωση	154

5.2.2.2 Σκίαση.....	156
5.2.2.3 Αντιστάθμιση.....	157
5.2.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	159
5.2.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	160
5.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	162
5.3 Μελέτη Εστιατορίου στα Μελίσια	163
5.3.1 Περιγραφή κτιρίου	163
5.3.1.1 Προφίλ κτιρίου	164
5.3.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	164
5.3.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	167
5.3.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	167
5.3.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	168
5.3.2.1 Θερμομόνωση	169
5.3.2.2 Σκίαση.....	171
5.3.2.3 Αντιστάθμιση.....	172
5.3.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	174
5.3.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	175
5.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	176
5.4 Μελέτη Εστιατορίου στο Ναύπλιο.....	177
5.4.1 Περιγραφή κτιρίου	177
5.4.1.1 Προφίλ κτιρίου	178
5.4.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου	178
5.4.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	179
5.4.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK	180
5.4.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	181
5.4.2.1 Θερμομόνωση	181
5.4.2.2 Σκίαση.....	184
5.4.2.3 Αντιστάθμιση.....	185
5.4.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	187
5.4.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού	188
5.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	189
5.5 Μελέτη Εστιατορίου στο Μοναστηράκι	190
5.5.1 Περιγραφή κτιρίου	190
5.5.1.1 Προφίλ κτιρίου	191

5.5.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου.....	191
5.5.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου.....	192
5.5.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ.....	192
5.5.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	193
5.5.2.1 Θερμομόνωση.....	194
5.5.2.2 Σκίαση.....	196
5.5.2.3 Αντιστάθμιση.....	197
5.5.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες.....	198
5.5.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού.....	200
5.5.3 Ανάλυση ευαισθησίας.....	201
5.6 Συνολική σύγκριση Εστιατορίων.....	202
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προοπτικές.....	205
6.1 Συμπεράσματα.....	207
6.2 Προοπτικές.....	208
Βιβλιογραφία.....	211

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός – Αντικείμενο

Από το σύνολο της κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο, οι μεταφορές καταναλώνουν το 32%, η βιομηχανία το 28% και ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για ποσοστό 40% περίπου. Αυτή η κατανάλωση του κτιριακού τομέα διακρίνεται είτε σε μορφή θερμικής ενέργειας (κυρίως πετρέλαιο και φυσικό αέριο), είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας. Ευθύνεται για τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας σε ρύπους κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα. Ταυτόχρονα, εξαιτίας του ολοένα και αυξανόμενου κόστους των συμβατικών καυσίμων, προκαλείται και σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μια σημαντική δράση με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, που έχει εφαρμογή τόσο στη βιομηχανία όσο και στον κτιριακό τομέα, και αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες. Ως ενεργειακή επιθεώρηση ορίζεται η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Οι επεμβάσεις στον κτιριακό τομέα με σκοπό την ελάττωση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι ξεκάθαρος στόχος της ΕΕ, καθώς όχι μόνο μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη μείωση στην απαιτούμενη ενέργεια, αλλά παράλληλα βελτιώνεται και το εσωτερικό κλίμα του κτιρίου που είναι απαραίτητο για την άνεση των χρηστών του.

Ανάλογα με τη χρήση, υπάρχουν δύο βασικές διαφοροποιήσεις στον κτιριακό τομέα:

1. Κτίρια κατοικιών,
2. Κτίρια τριτογενούς τομέα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πρώην Υπουργείου Ανάπτυξης τα κτίρια του οικιακού τομέα στην Ελλάδα αποτελούν το 70% του συνόλου ενώ το υπόλοιπο 30% αποτελείται από κτίρια διαφόρων χρήσεων του τριτογενούς τομέα. Η κατανομή αυτή είναι αντιπροσωπευτική του ελληνικού κτιριακού αποθέματος στο οποίο, σύμφωνα με στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας ο οικιακός τομέας αποτελεί το 77% του συνολικού κτιριακού αποθέματος, ενώ ο τριτογενής το 23%. Σύμφωνα με Εκτεταμένη Περίληψη που δημοσιεύτηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Μελετών Περιβάλλοντος και βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, η κατανομή του τριτογενούς τομέα ανά χρήση κτιρίου είναι: 2.7% γραφεία και εμπορικά, 0.46% σχολεία, 0.82% ξενοδοχεία, 0.06% νοσοκομεία και 19% άλλες χρήσεις (πχ. αεροδρόμια, γυμναστήρια και άλλες χρήσεις).

Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κτιρίων οικιακού τομέα κυμαίνεται από 35 έως 329 kWh/m² συνολικής εσωτερικής επιφάνειας με μέση τιμή 126 kWh/m². Η συνολική κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 41 έως 409 kWh/m² με μέση τιμή 167 kWh/m². Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κτιρίων του τριτογενούς 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%.

Η εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) ορίζει τα παρακάτω:

- Αρχικά καθορίζεται η μεθοδολογία υπολογισμού της απόδοσης των κτιρίων. Στη συνέχεια ορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και την επιλογή κατάλληλων δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους.
- Στη συνέχεια ορίζονται οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων και οι κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων. Έπειτα καθορίζεται το περιεχόμενο της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και του αντίστοιχου Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου που εκδίδεται. Τέλος ορίζεται η διαδικασία Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων, εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Κλιματισμού.

Για την πλήρη εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. εγκρίθηκαν και ορίστηκαν ως υποχρεωτικές οι παρακάτω Τεχνικές Οδηγίες του Τ.Ε.Ε. (ΤΟΤΕΕ). Οι Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) εγκρίθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με την Αριθ. Οικ. 17178/ΦΕΚ Β 1387-2010 απόφαση και τίθενται σε υποχρεωτική εφαρμογή ως εξής:

- ΤΟΤΕΕ 20701 – 1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- ΤΟΤΕΕ 20701 – 2/2010: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
- ΤΟΤΕΕ 20701 – 3/2010: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών».
- ΤΟΤΕΕ 20701 – 4/2010: «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

Η μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, είναι ένα μέτρο ανάδειξης της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, η οποία βασίζεται στα εξής στοιχεία:

- Κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου.
- Τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους.
- Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, χαρακτηριστικά λειτουργίας, χρήση του κτιρίου και αριθμός χρηστών.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά σχετικά με, τα συστήματα θέρμανσης/κλιματισμού, τις εγκαταστάσεις μηχανικού αερισμού καθώς και πληροφορίες σχετικά με το φωτισμό για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα.
- Τα Παθητικά ηλιακά συστήματα.

Στην συνολική μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται θετικά και η χρήση των παρακάτω συστημάτων:

- Συστημάτων Ηλεκτρισμού/Θερμότητας (ΣΗΘ).
- Φυσικός Φωτισμός.

- Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Με τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης σχηματίζεται σαφής εικόνα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο από ενεργειακής άποψης και προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα, από την υλοποίηση των οποίων θα προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και αντίστοιχο οικονομικό όφελος.

1.2 Φάσεις υλοποίησης

Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

Φάση 1: Ανάλυση παραμέτρων μελέτης

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, πραγματοποιείται μέσω βιβλιογραφικής έρευνας παρουσίαση και ανάλυση των παραμέτρων των κτιρίων οι οποίες μελετώνται στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας. Δεδομένων των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των κτιρίων του τριτογενούς τομέα στην Ελλάδα, επιλέγονται να μελετηθούν οι εξής παράμετροι:

- Θερμομόνωση,
- Σκίαση,
- Αντιστάθμιση,
- Ηλιακοί συλλέκτες,
- Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού.

Επιπλέον, παρουσιάζονται τα κριτήρια αξιολόγησης των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η ανάλυση ευαισθησίας.

Φάση 2: Καταγραφή στοιχείων εξεταζόμενων κτιρίων

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, επιλέγονται τα κτίρια του τριτογενούς τομέα τα οποία θα μελετηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Για αυτά τα κτίρια συλλέγονται όλα τα δεδομένα που απαιτούνται για την εύρεση του ενεργειακού τους προφίλ. Πραγματοποιείται λεπτομερής καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και καταγράφονται τα είδη και οι διαστάσεις όλων των στοιχείων του κτιριακού κελύφους.

Φάση 3: Ενεργειακή μελέτη εξεταζόμενων κτιρίων

Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης, πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη των εξεταζόμενων κτιρίων στο πρόγραμμα ΤΕΕ-KENAK. Το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Φάση 4: Ανάλυση ευαισθησίας επιλεγμένων παραμέτρων

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας των παραμέτρων που έχουν επιλεγθεί παραπάνω. Για διαφορετικά σενάρια ενεργειακής βελτίωσης των εξεταζόμενων κτιρίων, εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η Απλή Περίοδο Αποπληρωμής.

Φάση 5: Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της πέμπτης και τελευταίας φάσης, αναλύονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Με βάση αυτά τα συμπεράσματα, εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

1.3 Οργάνωση τόμου

Το κύριο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελείται από έξι κεφάλαια:

- Στο κεφάλαιο 2 γίνεται παρουσίαση και λεπτομερής ανάλυση των επιλεγμένων παραμέτρων: Θερμομόνωση, Σκίαση, Αντιστάθμιση, Ηλιακοί συλλέκτες, Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα κριτήρια αξιολόγησης των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η ανάλυση ευαισθησίας.
- Στο κεφάλαιο 3 μελετώνται δύο κτίρια ξενοδοχείων. Παρουσιάζονται τα δεδομένα τους και πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη με το πρόγραμμα TEE-KENAK. Στη συνέχεια υλοποιείται ανάλυση ευαισθησίας ως προς τις ομάδες παραμέτρων που έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2, και καταγράφονται τα συμπεράσματα από τη σύγκριση των δύο κτιρίων.
- Στο κεφάλαιο 4 μελετώνται τρία κτίρια γραφείων. Παρουσιάζονται τα δεδομένα τους και πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη με το πρόγραμμα TEE-KENAK. Στη συνέχεια υλοποιείται ανάλυση ευαισθησίας ως προς τις ομάδες παραμέτρων που έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2, και καταγράφονται τα συμπεράσματα από τη σύγκριση των τριών κτιρίων.
- Στο κεφάλαιο 5 μελετώνται τέσσερα κτίρια εστιατορίων. Παρουσιάζονται τα δεδομένα τους και πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη με το πρόγραμμα TEE-KENAK. Στη συνέχεια υλοποιείται ανάλυση ευαισθησίας ως προς τις ομάδες παραμέτρων που έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2, και καταγράφονται τα συμπεράσματα από τη σύγκριση των τεσσάρων κτιρίων.
- Στο κεφάλαιο 6, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά τον επίλογο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρατίθενται όλα τα συμπεράσματα που εξήχθησαν και οι προοπτικές που αναπτύσσονται.

Κεφάλαιο 2: Παράμετροι για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων στον τριτογενή τομέα

2.1 Θερμομόνωση

Η θερμότητα αποτελεί μορφή ενέργειας. Σε ένα χώρο δεν διατηρείται εύκολα, καθώς έχει την ιδιότητα να μετακινείται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Αυτή η μετακίνηση έχει ως αποτέλεσμα τις θερμικές απώλειες. Οι θερμικές απώλειες δεν μπορούν να αποφευχθούν εντελώς, αλλά μπορούν να περιοριστούν με δύο τρόπους. Αρχικά, πρέπει να εντοπιστούν οι παράγοντες που τις επηρεάζουν και αφετέρου, να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα υλικά με κατάλληλο τρόπο στο κτιριακό κέλυφος. Τα υλικά αυτά έχουν συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητες και ονομάζονται θερμομονωτικά υλικά.

Σε ένα κτίριο, η θερμομόνωση ουσιαστικά παρέχει ένα προστατευτικό περίβλημα, το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Συγκεκριμένα, κατά τους χειμερινούς μήνες μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο, και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό.

Η μείωση των θερμικών διαφυγών από και προς τους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου συνεπάγεται τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας από τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Η μείωση αυτή είναι σημαντική, όταν η θερμομόνωση έχει σχεδιαστεί και εφαρμοστεί ορθολογικά.

Στην πλειοψηφία των χωρών με ψυχρά κλίματα, ισχύουν εδώ και πολλά χρόνια κανονισμοί και τεχνικές προδιαγραφές. Καθορίζουν τις απαιτήσεις, τις ιδιότητες και τον τρόπο σύνθεσης των υλικών και εξασφαλίζουν μια τεχνοοικονομικά σωστή θερμομόνωση.

Μια καλή θερμομόνωση πρέπει να εξασφαλίζει τα εξής:

- Υγιεινή, άνετη και ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και να προκαλούνται σοβαρές θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σ' αυτό και στο χώρο που το περιβάλλει. Το θερμικό ισοζύγιο είναι αυτό που κυρίως καθορίζει το αίσθημα άνεσης, του ανθρώπινου οργανισμού.
- Οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και τον κλιματισμό των χώρων, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου. Με την καλή θερμική μόνωση μειώνονται τα τρέχοντα έξοδα θέρμανσης των κτιρίων, ενώ ταυτόχρονα προστατεύεται η κατασκευή από καταστροφές που μπορεί να προκληθούν (σπάσιμο σωλήνων από παγετό, αποκόλληση κονιάματος λόγω υδρατμών κτλ.) λόγω απότομων μεταβολών της θερμοκρασίας ή λόγω συγκέντρωσης υδρατμών.
- Περιορισμό του αρχικού κόστους κατασκευής της εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού.
- Ταυτόχρονη προστασία από τους θορύβους, αφού τα περισσότερα από τα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.

- Βελτίωση της προστασίας του περιβάλλοντος γενικότερα ,αφού μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, ελαττώνεται αντίστοιχα και η ποσότητα των εκλυόμενων καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

2.1.1 Λειτουργία θερμομόνωσης – Θερμικές απώλειες

Από την Αρχή Μετάδοσης Θερμότητας, όταν δύο αντικείμενα με διαφορετικές θερμοκρασίες έρθουν σε επαφή, εμφανίζεται ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Αυτή η ροή ονομάζεται θερμοροή και έχει μονάδα μέτρησης Watt (W). Το μέγεθος της θερμοροής ενός επίπεδου τοιχώματος υπολογίζεται από το νόμο Fourier:

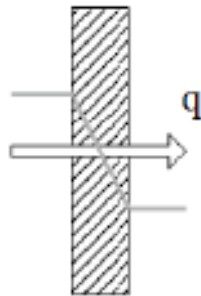
$$q = S \lambda \frac{\Delta\theta}{d}$$

q: θερμοροή

S:εμβαδόν επίπεδου τοιχώματος

λ: συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού

d: πάχος επίπεδου τοιχώματος



Εικόνα 2.1: Σχηματική παράσταση ροής θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου, στις όψεις του οποίου επικρατεί διαφορετική θερμοκρασία

Αυτό το φαινόμενο δημιουργεί προβλήματα απωλειών ενέργειας. Στην περίπτωση των κτιρίων η θερμότητα ρέει με φυσικό τρόπο από ένα θερμό χώρο σε έναν ψυχρότερο. Κατά τη χειμερινή περίοδο (ή περίοδο θέρμανσης) αυτή η ροή θερμότητας κινείται είτε άμεσα από όλους τους θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου προς τους παρακείμενους μη θερμαινόμενους χώρους (σοφίτες, αποθήκες, υπόγεια) και προς το εξωτερικό περιβάλλον, είτε έμμεσα διαμέσου των εσωτερικών οροφών, τοίχων και δαπέδων, οπουδήποτε ή οποτεδήποτε παρουσιάζεται θερμοκρασιακή διαφορά. Αντίθετα, κατά τη θερινή περίοδο (ή περίοδο δροσισμού) η θερμότητα ρέει από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου. Για να διατηρηθούν ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης στο κτίριο και να μειωθεί η ενέργεια που προσδίδεται στο κτίριο από τα μηχανικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού είναι απαραίτητη η χρήση θερμομόνωσης, η οποία έχει ως τελικό σκοπό τη μείωση της θερμοροής παρέχοντας μία αποτελεσματική αντίσταση στη ροή της θερμότητας.

Από το νόμο του Fourier διαπιστώνεται ότι για να μειωθούν οι απώλειες λόγω θερμοροής, επιβάλλεται η χρήση υλικών με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Ακριβώς αυτά τα υλικά, χαρακτηρίζονται ως θερμομονωτικά. Η θερμομόνωση επομένως στα ομοιογενή υλικά, τουλάχιστον, ταξινομείται με όρους όπως το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , του οποίου η φυσική σημασία έγκειται στην αντίσταση στη θερμοροή. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη θερμοροή και επομένως η αποτελεσματικότητα θερμομονωτικού υλικού.

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας εξαρτάται από το θερμομονωτικό υλικό, τη δομή του (πορώδες, πυκνότητα) τη θερμοκρασία, την υγρασία και την πίεση. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας διάφορων ενδεικτικών δομικών στοιχείων σε σύγκριση με ένα θερμομονωτικό υλικό, ώστε να γίνει κατανοητός ο λόγος χρήσης τους.



Εικόνα 2.2: Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας λ διαφόρων δομικών στοιχείων

Πηγή: Τεύχος «Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών», Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ανταγωνιστικότητα (ΕΠΑΝ) του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης

2.1.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

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

$$U = \frac{1}{R_1 + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_3 + R_4} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Όπου:

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

n : πλήθος στρώσεων δομικού στοιχείου

d [m]: πάχος κάθε στρώσης δομικού στοιχείου

λ [W/(mK)]: συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού κάθε στρώσης

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

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

R_a [m²K/W]: αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, ανάλογα με τη θέση του στο κτιριακό κέλυφος, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη του ελλαδικού χώρου.

2.1.3 Στοιχεία κτιριακού κελύφους ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή

Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιρίου πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες καθορίζονται από τη μελέτη θερμομόνωσης, τη θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευθεί, τη θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στην κατασκευή (εσωτερικά ή εξωτερικά). Είναι φανερό ότι δεν μπορούν να αγνοηθούν και οι προϋποθέσεις που επιβάλλουν οι απαιτήσεις προστασίας από την υγρασία. Για το λόγο αυτό, το πρόβλημα της θερμομόνωσης δεν μπορεί να εξετάζεται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με άλλες απαιτήσεις προστασίας.

Συνοπτικά, τα περισσότερο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου, τα οποία έχουν ανάγκη θερμικής προστασίας, είναι τα εξής:

- Η οροφή (επίπεδη ή κεκλιμένη) και η στέγη, που παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες, καθώς είναι τα μέρη εκείνα του κτιρίου που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.
- Τα εξωτερικά τοιχώματα, που υπόκεινται σε μια σειρά επιδράσεων και τα οποία ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες. Η προστασία των εξωτερικών τοιχωμάτων μπορεί να γίνει εσωτερικά ή εξωτερικά, ανάλογα με τη χρήση των χώρων που προστατεύουν και το βασικό μέρος της δομής τους. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις τοιχωμάτων, στις οποίες η θερμική μόνωση τοποθετείται ανάμεσα σε δυο κατακόρυφα στρώματα ομοιογενών ή ανομοιογενών υλικών και είναι σχετικά απλή λύση η οποία όμως, όπως και οι προηγούμενες, έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Πάντως σε όλες τις περιπτώσεις πλευρικών εξωτερικών τοιχωμάτων παίρνονται μέτρα για:
 - Προστασία του θερμομονωτικού υλικού από συμπύκνωση και δρόσο, με φράγμα υδρατμών.
 - Παρεμπόδιση της διείσδυσης νερών βροχής, που θα έχει ως συνέπεια την πρόκληση ανεπανόρθωτης ζημιάς στο θερμομονωτικό υλικό.

- Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών που αυξάνουν τις θερμικές απώλειες και δημιουργούν θερμικές τάσεις στα επιμέρους υλικά που συνθέτουν την κατασκευή.

Επιπλέον πρέπει να αποφεύγεται η διάτρηση των εξωτερικών τοιχωμάτων για να περάσουν σωληνώσεις εγκαταστάσεων ή άλλου είδους κατασκευές. Όπου αυτό είναι απαραίτητο, επιβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των ευάλωτων αυτών στοιχείων, τόσο από τη θερμότητα, όσο και από την υγρασία.

- Τα ανοίγματα, που είναι από τα πιο ευάλωτα στοιχεία ενός κτιρίου. Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών, πρέπει οι αρμοί συναρμογής των πλαισίων να είναι απόλυτα αδιαπέραστοι από τον αέρα. Τα υλικά που συγκροτούν το κούφωμα (ξύλο, αλουμίνιο, πλαστικό) να είναι αρίστης ποιότητας ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις των φύλλων. Για ξύλινα παράθυρα ή πόρτες, αυτό δεν είναι εύκολα κατορθωτό εξαιτίας της φύσης του υλικού. Στην περίπτωση όμως κουφωμάτων αλουμινίου, η πρόβλεψη ειδικών παρεμβυσμάτων στους αρμούς επαφής δίνει συνήθως άριστα αποτελέσματα. Επιπλέον τα υαλοστάσια των ανοιγμάτων θα πρέπει να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.
- Το κατώτερο δάπεδο του κτιρίου το οποίο όμως δεν χρειάζεται πάντα θερμική προστασία, εκτός εάν χρησιμοποιείται ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης (δάπεδο ισογείου σε επαφή με το έδαφος). Οποσδήποτε, όμως, απαιτείται θερμική προστασία στις περιπτώσεις δαπέδου εκτεθειμένου προς το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. κτίριο σε πυλωτή).
- Τα στηθαία των παραθύρων, όπου συνήθως τοποθετούνται τα θερμαντικά σώματα, επειδή λειτουργικοί λόγοι επιβάλλουν συχνά τη μείωση του πάχους του τοιχώματος στις θέσεις αυτές. Επίσης, η έντονη θερμική ακτινοβολία προκαλεί συμπύκνωση στις θέσεις αυτές γρηγορότερα παρά στις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου, με αποτέλεσμα να καταπονούνται περισσότερο τα δομικά στοιχεία που γειτονεύουν με σώματα θέρμανσης.
- Τα μπαλκόνια και οι προεξοχές της πλάκας, όταν δεν προστατεύονται από τη θερμότητα, λειτουργούν σαν θερμογέφυρες, με αποτέλεσμα να μην ελέγχονται απόλυτα οι θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων και να προκαλούνται βλάβες στις κατασκευές, λόγω συμπύκνωσης. Όμως η μόνωσή τους είναι συχνά προβληματική, γιατί ανεβάζει υπέρμετρα το ολικό κόστος για τη θερμομόνωση του κτιρίου.

2.1.4 Τρόποι θερμομόνωσης

Ο τρόπος με τον οποίο πρόκειται να θερμομονωθεί μία κτιριακή κατασκευή εξαρτάται από τα εξής:

- Την αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής (οροφή, τοίχοι, δάπεδο κτλ.)
- Τη διαπερατότητα των στοιχείων κατασκευής από τον αέρα και ιδιαίτερα των εξωτερικών στοιχείων

- Τη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων της κατασκευής
- Τη χρήση των χώρων που θερμομονώνονται

Τα είδη θερμομόνωσης που συναντώνται είναι γενικά τα εξής:

- Εσωτερική θερμομόνωση: γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εσωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων. Χρησιμοποιείται σε χώρους, οι οποίοι δεν έχουν απαίτηση συνεχόμενης θέρμανσης (π.χ. εκκλησίες, αίθουσες διαλέξεων), αλλά δεν προσφέρουν συνέχεια στη μόνωση του κελύφους, έχουν περισσότερες πιθανότητες για την εμφάνιση υδρατμών και δεν εκμεταλλεύονται τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων.
- Εξωτερική θερμομόνωση: γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων. Χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό γιατί εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων, λιγότερες πιθανότητες υγραποίησης υδρατμών, προστασία των δομικών στοιχείων από απότομες μεταβολές θερμοκρασίας και έχει ικανότητα εφαρμογής και σε υφιστάμενα κτίρια. Παράλληλα, όμως, εμφανίζει και αρκετά μειονεκτήματα, όπως αναγκαιότητα προστασίας της μόνωσης από τα στοιχεία της φύσης, προστασία από το φαινόμενο συστολής – διαστολής και υψηλό κόστος κατασκευής.

Τα βασικά φυσικά μεγέθη στις μελέτες θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ): Για μονάδα μέτρησης $W/(mK)$, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ορίζεται ως η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1 m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1 °C.
- Συντελεστής θερμοδιαφυγής (Λ): είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Η μονάδα μέτρησής του είναι: $W/(m^2K)$.
- Συντελεστής θερμικής μετάβασης (a): είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια 1 m² ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου - αέρα διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Η μονάδα μέτρησής του είναι: $W/(m^2K)$.
- Συντελεστής θερμοπερατότητας (K): είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Ορίζει δηλαδή τις θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου. Η μονάδα μέτρησής του είναι: $W/(m^2K)$.

2.1.5 Θερμογέφυρες

Ως θερμικές γέφυρες ή θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται τα επιμέρους τμήματα (ή περιοχές) του εξωτερικού κελύφους ενός κτιρίου, στα οποία η θερμική αντίσταση υπολείπεται σημαντικά αυτής στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του περιβλήματος.

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

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

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

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

- κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής,
- αλλαγή της σύνθεσης των υλικών ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης),
- διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος,
- συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη,

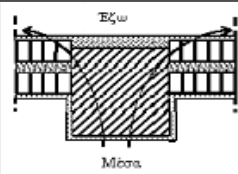
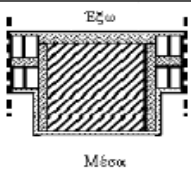
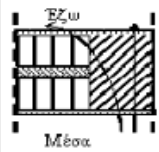
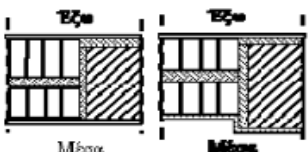
- απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή μείωση του πάχους της,
- δίεδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας.

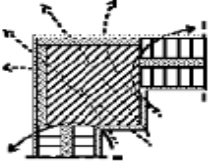
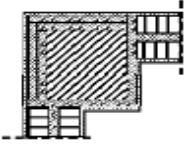
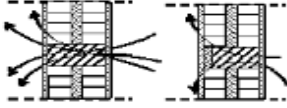
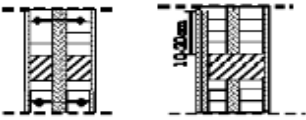
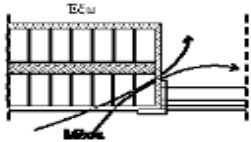
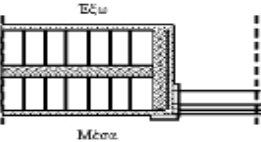
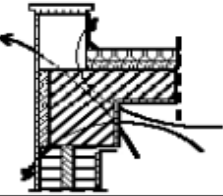
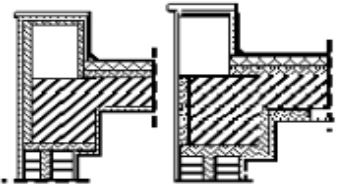
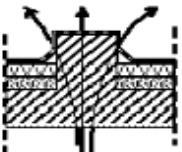
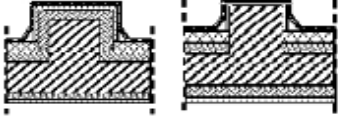
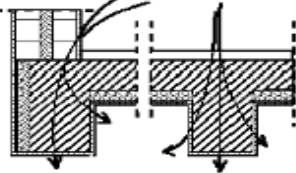
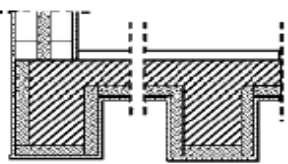
Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών σε μία κατασκευή αποτελεί η πλήρης θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Αυτό ισχύει όχι απαραίτητα επειδή δε θα έχει εκπονηθεί σωστά η προβλεπόμενη από τον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

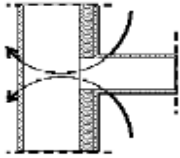
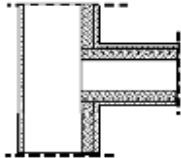
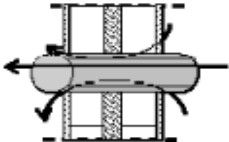
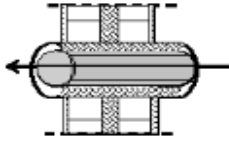
Επισημαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποφυγή των θερμογεφυρών είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς το όφελος από την εξάλειψή τους είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με τη συνθετότητα και το κόστος των λύσεων για την αντιμετώπισή τους. Επομένως, η πρόληψη ή η αντιμετώπιση πρέπει να γίνονται στο βαθμό του δυνατού και όχι καθ' υπερβολή και πρέπει τόσο από κατασκευαστική όσο και από οικονομική άποψη, να κινούνται στο πλαίσιο του εφικτού, με απώτερο σκοπό να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή θερμομονωτική προστασία στο κτίριο και να περιορίζουν στο ελάχιστο τις θερμικές απώλειες από το εξωτερικό του περίβλημα.

Οι διαφορετικές περιπτώσεις θερμογεφυρών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε επιμέρους γενικότερες κατηγορίες με κατ' εξοχήν κριτήριο τις δυνατότητες επέμβασης για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων. Στην πινακοποίηση που ακολουθεί δίνονται επιγραφικά οι βασικότερες κατηγορίες θερμογεφυρών και σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές:

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες θερμογεφυρών

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

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Αυξημένες θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς εμβαδού στις δύο όψεις των γωνιακών δομικών στοιχείων		
Οι περιόδισμοι ενίσχυσης σε δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα		
Διακοπή της θερμομόνωσης στις παραστάδες, στα υπέρθυρα των ανοιγμάτων και στις ποδιές των παραθύρων		
Οι απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων (στηθαία στα δώματα, αντεσταμμένα δοκάρια και διπλά στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής)		
		
Τα ενδιάμεσα και περιμετρικά δοκάρια στις θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής		

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση εγκάρσιας συναρμογής εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο		
Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου		
Η προέκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου (πρόβολοι)		
Τα σημεία διέλευσης σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης, κεντρικής θέρμανσης, αερίου, καμινάδων, αεραγωγών κτλ.		
Τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων		
Σχισμές και κενά στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοχοποιίες		

2.1.6 Κατανομή Ελλάδας σε κλιματικές ζώνες

Τα δεδομένα και οι υπολογισμοί μιας μελέτης θερμομόνωσης διαφέρουν ανάλογα με την κλιματική ζώνη που βρίσκεται το εξεταζόμενο κτίριο. Η ζώνη αυτή προσδιορίζεται από τον σχετικό χάρτη. Η Ελλάδα έχει διαιρεθεί σε τρεις ζώνες διαφορετικών θερμομονωτικών απαιτήσεων με κριτήριο τόσο την ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία, όσο και τη διάρκεια του χειμώνα και την περίοδο θέρμανσης. Η ζώνη Α χαρακτηρίζεται από ήπιο κλίμα και τα κτίρια που βρίσκονται σε αυτήν έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη και λιγότερες σε θέρμανση. Τα κτίρια της ζώνης Β έχουν περίπου τις ίδιες ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση, ενώ τα κτίρια της ζώνης Γ έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε ψύξη και πολύ μεγάλες σε θέρμανση. Δυσμενέστερη από άποψη θερμομονωτικών απαιτήσεων είναι η ζώνη Γ. Στον επόμενο χάρτη φαίνεται η εν λόγω διαίρεση:



Εικόνα 2.3: Χάρτης κατανομής της χώρας σε κλιματικές ζώνες

Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 – 1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.

Σε κάθε από τις παραπάνω κλιματικές ζώνες ορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων, όπως παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 – 2/2010: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

2.1.7 Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους και ο σκοπός τους είναι η μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες κατά τη χειμερινή περίοδο και να μειωθούν οι θερμικές πρόσδοδοι κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Η μετάδοση της θερμότητας μέσα από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία και υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα, η οποία ποσοτικοποιείται, στα ομοιογενή και ισότροπα υλικά με τη βοήθεια του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Στα σύνθετα δομικά στοιχεία η αγωγιμότητα ποσοτικοποιείται με τη βοήθεια του συντελεστή θερμοπερατότητας U .

Γενικά, τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν την ιδιότητα της θερμικής αντίστασης στον αέρα που περιέχεται μέσα τους. Ο αέρας θεωρείται «κακός αγωγός» της θερμότητας, δηλαδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά της θερμότητας με αγωγιμότητα. Στην πράξη, η μικρότερη δυνατή θερμική αγωγιμότητα επιτυγχάνεται όταν υπάρχει ακίνητος, ξηρός αέρας. Τα θερμομονωτικά υλικά επιτυγχάνουν το σκοπό τους, ακριβώς επειδή διαθέτουν, στην «πορώδη» μάζα τους, πολλούς μικρούς θύλακες ακίνητου αέρα, εγκλωβισμένου σε κυψέλες ή μέσα σε ένα πλέγμα ινών. Για το λόγο αυτό τα θερμομονωτικά υλικά έχουν κατά κανόνα και μικρό φαινόμενο βάρος. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ ενός πορώδους υλικού είναι μικρότερος σε σχέση με το λ του ίδιου υλικού εάν αυτό ήταν πιο

συμπαγές. Το φαινόμενο αυτό και η λειτουργία του πορώδους των υλικών οδήγησε στην ανάπτυξη θερμομονωτικών υλικών, κοινό γνώρισμα των οποίων είναι η ύπαρξη σε μεγάλο ποσοστό πόρων που περιέχουν είτε αέρα είτε κάποιο άλλο αέριο που χαρακτηρίζεται ως κακός αγωγός της θερμότητας και άρα έχει μικρό συντελεστή αγωγιμότητας λ . Η πορώδης δομή των βιομηχανικά παραγόμενων μονωτικών υλικών επιτυγχάνεται με τη χρήση λεπτών ακανόνιστων ινών ή με την παραγωγή κυψελίδων από στερεοποιητικά υλικά.

Η θερμική τους αγωγιμότητα καθορίζεται πρωταρχικά από τον αριθμό και το μέγεθος των κυψελών που υπάρχουν στη μάζα του υλικού τους και που περιέχουν τον ακίνητο, με θερμομονωτικές ιδιότητες, αέρα.

Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζεται από τη χημική σύσταση του υλικού, τη θερμοκρασία και την υγρασία στην οποία βρίσκονται. Η αύξηση της υγρασίας σημαίνει και αύξηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ανεπιθύμητη για ένα θερμομονωτικό υλικό, καθώς το εγκλωβισμένο νερό, με το κατά πολύ μεγαλύτερο λ από αυτό του αέρα καταλαμβάνει τη θέση του τελευταίου. Σημειώνεται ότι το νερό και ο πάγος έχουν περίπου 24 και 92 φορές, αντίστοιχα, μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ από τον αέρα. Για το λόγο αυτό η υγρασία θεωρείται και το μεγαλύτερο αίτιο προβλημάτων της θερμομόνωσης σε μια κατασκευή.

2.1.7.1 Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες:

- Φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες.
- Περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού.

2.1.7.2 Φυσικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Οι φυσικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών είναι οι εξής:

- Πυκνότητα: Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής και την απαίτηση της τελικής χρήσης, κάθε υλικό παράγεται για ένα εύρος πυκνοτήτων. Όπως προαναφέρθηκε, η πυκνότητα του υλικού επηρεάζει την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ : Είναι ο συντελεστής που περιγράφει το ποσό της θερμότητας που περνά ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού και για διαφορά θερμοκρασίας μιας μονάδας μεταξύ των δύο όψεών του. Όσο χαμηλότερος ο συντελεστής λ , τόσο μικρότερη η θερμοροή και, επομένως, τόσο καλύτερη η θερμομονωτική του ικανότητα.
- Εύρος χρήσης: Όπως όλα τα υλικά, έτσι και τα θερμομονωτικά έχουν ένα όριο θερμικής αντοχής. Ως εύρος χρήσης ορίζεται το θερμοκρασιακό διάστημα, μέσα στο οποίο η χημική σύσταση, η θερμομονωτική ικανότητα και η μηχανική αντοχή του

- υλικού είναι σε επιθυμητά επίπεδα, τέτοια ώστε να είναι ομαλή η απόδοση του υλικού.
- Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας: Η αντοχή στην επίδραση της υγρασίας εκφράζεται με δύο μεγέθη, τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών και την ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης:
 - Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών: Ο συντελεστής αυτός δηλώνει πόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζει το υλικό από ένα στρώμα αέρα ίδιου πάχους και στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία και την πίεση, είναι ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του.
 - Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης: Τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν νερό σε υγρή κατάσταση ή σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα της απορροφούμενης υγρασίας εξαρτάται από το πορώδες του υλικού, την υδρατμοστεγανότητα και την κατανομή των τριχοειδών αγγείων στη μάζα του και προκαλεί αισθητή αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού και κυρίως του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για την περιγραφή των παραπάνω ορίζεται η τιμή της ποσότητας υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.
 - Αντίσταση στη φωτιά - πυραντοχή: Η συμπεριφορά των υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς, προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής, ανάλογα με το χρονικό διάστημα, μέσα στο οποίο το υλικό διατηρεί τις βασικές του ιδιότητες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς.
 - Αντοχή σε εφελκυσμό και όριο θραύσης: Πρόκειται για τα όρια αντοχής του υλικού σε τάσεις και εκφράζεται με τα μεγέθη αντοχής σε εφελκυσμό, του ορίου θραύσης και της θλιπτικής τάσης σε βράχυνση. Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι η τάση, μετά την οποία το υλικό παραμορφώνεται πλαστικά. Το όριο θραύσης είναι η τιμή της τάσης, μετά την οποία το υλικό χάνει τη συνοχή του, δηλαδή κόβεται. Όπως είναι αναμενόμενο, τα οργανικά αφρώδη υλικά, έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα ανόργανα ινώδη.
 - Βαθμός απορρόφησης ήχου: Οι ηχομονωτικές ιδιότητες, που ενώ αποτελούν διαφορετική παράμετρο της δομικής φυσικής, σε ότι αφορά τα υλικά οφείλουν να συνεξετάζονται με τις θερμομονωτικές ιδιότητες. Με την έννοια ηχομόνωση εννοούμε την προσπάθεια προστασίας των χρηστών ενός χώρου από τους θορύβους, δηλαδή από την επίδραση κάθε ενοχλητικού ή δυσάρεστου ήχου. Οι θόρυβοι μπορεί να προέρχονται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον για παράδειγμα κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανημάτων, είτε από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων. Οι απαιτήσεις για ηχοπροστασία βασίζονται σε προδιαγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων, οι οποίες υπολογίζονται σε μονάδες Decibel. Κάθε μια μονάδα Decibel αντιστοιχεί σε αύξηση της έντασης του θορύβου κατά 26%. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής, τόσο καλύτερη η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

- Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης: Πρόκειται για μία πολύ σημαντική ιδιότητα, αφού αφορά άμεσα στους πραγματικούς χρήστες των υλικών, στους τεχνίτες στο εργοτάξιο. Είναι εύλογο, ότι ένα υλικό που είναι ελαφρύ, μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου. Ένα υλικό που είναι μαλακό και όχι εύθρυπτο κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές διαμορφώσεις ενός ξυλότυπου ή μίας τοιχοποιίας. Ένα υλικό που ψεκάζεται με μορφή αφρού, μπορεί να καλύψει μία γεωμετρικά περίπλοκη επιφάνεια, όπως έναν θόλο, μεταλλικές κατασκευές, κ.ο.κ. Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των υλικών γίνεται ως προς την κατεργασία και τοποθέτηση ποιοτικά, με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, και ανάλογα με τις ικανότητες του συγκεκριμένου εργατικού δυναμικού.
- Η διάρκεια ζωής σε σχέση με τη φθορά στο χρόνο: Η αντοχή στο χρόνο αποτελεί ακόμη μια παράμετρο των θερμομονωτικών υλικών, παράμετρο που εκφράζεται σε έτη διάρκειας ζωής, όπως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

2.1.7.3 Περιβαλλοντικές ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά έχουν σημαντική συνεισφορά τους στην προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μείωσης των απωλειών θερμότητας με συνέπεια τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, η οποία και οδηγεί στην ελάττωση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων. Επιπλέον, τα θερμομονωτικά υλικά δεν παύουν να επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή έως την τελική απόθεσή τους, όπως άλλωστε και κάθε υλικό γενικότερα. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στην ενσωματωμένη ενέργεια στα θερμομονωτικά υλικά που αποτελείται από το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Η ενσωματωμένη ενέργεια των θερμομονωτικών υλικών συνδέεται και εντέλει μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής (διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου αντίστοιχα).

Οι περιβαλλοντικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών είναι οι εξής:

- Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια: Η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας όγκου θερμομονωτικού υλικού, συνήθως σε μονάδες kWh/m³ ή kWh/kg. Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται μία τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, τάση που δεν περιορίζεται ασφαλώς μόνο στα θερμομονωτικά υλικά, αλλά γενικότερα στο σύνολο του πεδίου των κατασκευών. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη ενέργεια.
- Αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα: Τα θερμομονωτικά υλικά κινδυνεύουν από έντομα, σκώρο, τρωκτικά και μύκητες. Για το λόγο αυτό, προστίθενται σ' αυτά διάφορες πρόσθετες χημικές ουσίες, που στόχο έχουν την προστασία των θερμομονωτικών υλικών από βιολογικούς παράγοντες. Επειδή οι ουσίες αυτές επιβαρύνουν το περιβάλλον συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση τους και να αναζητούνται άλλοι τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από

μικροοργανισμούς. Η ανοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα εκφράζεται ποιοτικά, με το αν ένα υλικό είναι ευπρόσβλητο ή όχι, μετά από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

2.1.7.4 Βασικές ιδιότητες κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, εξηλασμένη και διογκωμένη πολυστερίνη, αφρός πολυουρεθάνης).

Πίνακας 2.3: Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες κυριότερων θερμομονωτικών υλικών

ΥΛΙΚΟ		ΥΑΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΑΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	
Φυσικές ιδιότητες	Πυκνότητα [kg/m^3]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,030	0,033	0,025	0,029	0,020
		max	0,045	0,045	0,035	0,041	0,027
	Εύρος χρήσης ($^{\circ}C$)	min	-100	-100	-60	-80	-50
		max	500	750	75	80	120
	Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	min	<1	<1	80	25	50
		max	1	1	200	200	>100
	Ποσότητα υγρασίας εξομείωσης στους 23 $^{\circ}C/50\%RH$	min	<0,1	<0,1	<1*	5*	5*
		max	1	1,5			
	Κατηγορία πυραντοχής		A1 A2 B1	A1 A2 B2	B1 B2	B1 B2	B1 B2
	Ανοχή στον εφελκυσμό [N/mm^2]	min	0,005*		0,30	0,15	
		max			0,35	0,52	
	Όριο θραύσης [N/mm^2]	min	0,00500	0,00012		0,09000	
max		0,01500	0,00750		0,22000		
Βοθμός απορρόφησης στα 125 Hz	min	0,10	0,05				
	max	0,79	0,19				
Βοθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92				
	max	0,97	0,99				
Περιβαλλοντικές	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	
	Παραγόμενη πρωτογενής ενέργεια [kWh/m^3]	min	90	130	85	151	15,8
	max	430	660	114	269	36,1	

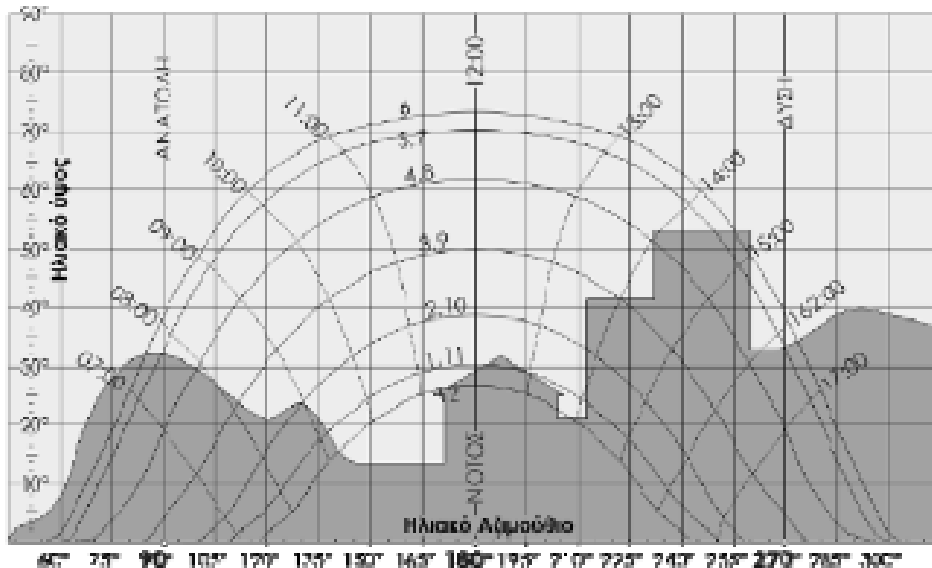
*Μέση τιμή

Πηγή: Τεύχος «Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών», Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ανταγωνιστικότητα (ΕΠΑΝ) του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης

2.2 Σκίαση

Ο ακριβής υπολογισμός της ηλιακής προσόδου είναι αντικείμενο εξαιρετικά σύνθετο, παρά τις μεθοδολογίες που υπάρχουν με βάση τα μέσα μηνιαία ηλιακά φορτία και τους συντελεστές σκιασμού. Στα πλαίσια του ενεργειακού σχεδιασμού (Κ.Ε.Ν.Α.Κ.), ο ωριαίος υπολογισμός βρίσκεται εγγύτερα στην πραγματικότητα αφού επιτρέπει καλύτερη αντιπροσώπευση των περιόδων (κατά τη διάρκεια της ημέρας ή κατά τη διάρκεια του έτους) που η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει το κτίριο.

Δεδομένου ότι τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα δεν έχουν απόλυτα νότιο προσανατολισμό και δεν βρίσκονται σε πεδιάδες δίχως εμπόδια σκιασμού, η μελέτη του ηλιασμού και σκιασμού των ανοιγμάτων είναι βασικό σημείο μιας ενεργειακής μελέτης (Κ.Ε.Ν.Α.Κ.)



Εικόνα 2.4: Σκίαση από περιμετρικά εμπόδια

Η σκίαση είναι έντονα δυναμικό μέγεθος με ισχυρή διακύμανση σε επίπεδο ημέρας και μήνα και για κάθε διαφορετικό άνοιγμα κελύφους.

2.2.1 Διατάξεις σκιασμού

Τα σύγχρονα κτίρια συχνά χρησιμοποιούν διάφανα υλικά δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο γυάλινους όγκους. Ο έλεγχος του φωτός στο εσωτερικό ενός κτιρίου αποτελεί βασική ανάγκη. Σχετίζεται άμεσα με τις επιλογές του αρχιτέκτονα, τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και την προστασία του περιβάλλοντος.

Για την παροχή αποτελεσματικής προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία (αυξημένες απαιτήσεις ηλιοπροστασίας), έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι σκιάστρων. Τα σκιάστρα απαιτούν κατάλληλο προσανατολισμό, διαστασιολόγηση και χωροθέτηση και μπορεί να

παρέχουν προστασία σε όλη την εξωτερική τοιχοποιία όταν συνδυάζονται με τα υποστυλώματα, τους εξώστες και τους προβόλους.

Η απόδοση ενός σκιάστρου εκφράζεται με τον Συντελεστή Σκίασης (S.C.), ο οποίος είναι ο λόγος g του παραθύρου / g του απλού υαλοπίνακα, όπου g είναι ο συντελεστής ηλιακής ενέργειας.

Ο βαθμός σκίασης εξαρτάται τόσο από τη θέση του ήλιου, όσο και από τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία του κτιρίου. Η πορεία που διαγράφει ο ήλιος πάνω από την περιοχή μελέτης κατά τη διάρκεια του χρόνου, συχνά επηρεάζει τις επιλογές του μελετητή. Ο ήλιος κινείται από ανατολή σε δύση, διαγράφοντας καμπύλη με μέγιστο σημείο στο βορρά, για το βόριο ημισφαίριο της γης. Τη χειμερινή περίοδο ο ήλιος κινείται χαμηλά με πορεία μικρότερη της καλοκαιρινής περιόδου, οπότε η ανατολή και η δύση του ηλίου μετατοπίζονται βορειότερα. Η προστασία της νότιας πλευράς είναι ευκολότερη σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, διότι το καλοκαίρι ο ήλιος κινείται ψηλά και το χειμώνα χαμηλά. Η σκίαση της ανατολικής και δυτικής πλευράς κρίνεται δυσκολότερη, διότι έχει έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Τα αντίστροφα ισχύουν για το νότιο ημισφαίριο.

Εκτός από την άμεση ακτινοβολία του ήλιου, σημαντικός παράγοντας είναι και η διάχυτη ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από τις διαδοχικές ανακλάσεις και διαθλάσεις στην ατμόσφαιρα και το περιβάλλον. Η άμεση ακτινοβολία προσδιορίζεται και ελέγχεται σχετικά εύκολα. Η διάχυτη ακτινοβολία δεν έχει ούτε συγκεκριμένη διεύθυνση ούτε σταθερή ένταση. Επηρεάζεται από το υψόμετρο του ήλιου, το έδαφος και τις καιρικές συνθήκες.

2.2.2 Τύποι σκιάστρων

Ιδανική προστασία από τον ήλιο προσφέρει η ύπαρξη φυλλοβόλου δένδρου. Το καλοκαίρι σκιάζει με το φύλλωμά του και δροσίζει το κτίριο, ενώ το χειμώνα αφήνει τις ακτίνες του ήλιου να ζεσταίνουν το χώρο. Επιπλέον, τα αναρριχητικά φυτά συμβάλλουν στη σκίαση του κτιριακού κελύφους και στον εξατμιστικό δροσισμό μέσω του φυλλώματός τους. Επειδή όμως δεν υπάρχουν πάντα δένδρα περιμετρικά των κτιρίων, υπάρχουν διάφορα συστήματα σκίασης που τα συνοδεύουν. Η επιλογή του τρόπου ηλιοπροστασίας διαμορφώνει την αισθητική του χώρου και συνδυάζεται με τα υλικά και το ύψος κατασκευής.

Οι κυριότεροι τύποι σκιάστρων είναι οι εξής:

- Κινητές διατάξεις: Έχουν το πλεονέκτημα της ελεγχόμενης λειτουργίας, είτε χειροκίνητης είτε αυτόματης, και της προσαρμογής της κλίσης τους αναλόγως της θέσης του ήλιου και άλλων περιβαλλοντικών παραμέτρων.
- Εσωτερικά σκιάστρα: Είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα προστασίας. Τοποθετούνται εύκολα αλλά η κύρια λειτουργία τους είναι ο έλεγχος της στάθμης και της κατανομής του φωτισμού. Δεν είναι αποτελεσματικά ως προς τον έλεγχο των θερμικών φορτίων γιατί δεν αποτρέπουν της είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο, αλλά εάν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυαστούν με κατάλληλους επιλεκτικούς υαλοπίνακες, σε κάποιες περιπτώσεις, παρέχουν τη δυνατότητα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας, παράλληλα με τον έλεγχο του

φυσικού φωτισμού. Τέτοιοι συνδυασμοί συνιστώνται στις περιπτώσεις που δεν μπορούν να εφαρμοστούν εξωτερικά συστήματα σκιασμού.

- Εξωτερικά σκίαστρα: έχουν το πλεονέκτημα ότι αποτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο (όπως και όλες οι εξωτερικές διατάξεις) και συνεπώς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στον έλεγχο του θερμικού περιβάλλοντος. Πρέπει να είναι κατασκευασμένα από υλικά χαμηλής θερμοχωρητικότητας με ανακλαστικές τελικές επιστρώσεις, ώστε να μειώνουν την ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται στη μάζα τους και ανακλάται προς το κτίριο. Συνιστάται επίσης, να επιλέγονται συστήματα που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα μεταξύ των σκιάστρων και του παραθύρου, ώστε να απομακρύνεται η θερμότητα που απορροφάται από τα σκίαστρα. Μερικοί τύποι εξωτερικών σκιάστρων μπορεί να παρουσιάζουν μειονεκτήματα ως προς τη συντήρηση και το χρόνο ζωής, αλλά διατίθενται στην αγορά συστήματα προηγμένης τεχνολογίας με υψηλή αντοχή στις ανεμοπιέσεις.
- Σκίαστρα ενδιάμεσης τοποθέτησης: Πρόκειται για διατάξεις που επιτρέπουν την τοποθέτηση των σκιάστρων μεταξύ των δύο φύλλων των υαλοπινάκων. Αποτρέπουν την είσοδο της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας, αλλά επιτρέπουν επίσης της είσοδο ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο, με κατάλληλη κλίση. Έχουν μέση απόδοση όσον αφορά στη μείωση των ανεπιθύμητων θερμικών κερδών, δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία στο διάκενο και μέρος αυτής μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο. Ένα πιθανό μειονέκτημα είναι η δημιουργία υδρατμών μεταξύ των δύο υαλοπινάκων κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
- Τέντες - κινητά πετάσματα: Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των σταθερών διατάξεων και την ευελιξία των κινητών.
- Σταθερές διατάξεις: είναι διατάξεις ειδικά σχεδιασμένες για συγκεκριμένο κτίριο και είναι μικρότερης ευελιξίας από τις κινητές. Απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό τους γιατί μπορεί να περιορίζουν τα ηλιακά κέρδη σε περιόδους που είναι επιθυμητά. Για τον καθορισμό των βέλτιστων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, ώστε να εξασφαλίζεται σκιασμός κατά τη θερινή περίοδο χωρίς μείωση των ηλιακών κερδών κατά το χειμώνα, υπάρχουν στη διάθεση των μελετητών διαγράμματα και εξειδικευμένα λογισμικά.
- Προεξοχές - Πρόβολοι: Είναι πολύ διαδεδομένα συστήματα στις περιοχές με θερμό κλίμα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τους είναι ότι, εάν τοποθετηθούν σωστά, επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας όταν ο ήλιος είναι χαμηλά (το χειμώνα) και την αποτρέπουν το καλοκαίρι (αποτρέπουν επίσης και μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας). Ο κύριος περιορισμός τους είναι ότι είναι κατάλληλα μόνο για νότια ανοίγματα. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται ακτινοβολία χαμηλού ύψους ήλιου, επομένως απαιτούν άλλα (κατακόρυφα) συστήματα προστασίας.
- Ανακλαστικές διατάξεις (ράφια) φωτισμού: Είναι ένα πολύ αποτελεσματικό σύστημα το οποίο μπορεί να συνδυάσει έλεγχο του φυσικού φωτισμού και σκιασμό. Είναι οριζόντιες ανακλαστικές επιφάνειες που τοποθετούνται στο ψηλότερο τμήμα και μέσα στα ανοίγματα ή ακριβώς έξω από αυτά. Με κατάλληλη τοποθέτηση τους και συνδυασμό τους με τους προβόλους μπορούν να σκιάσουν

μεγάλο τμήμα του ανοίγματος και παράλληλα να επιτρέπουν στο φυσικό φως να διεισδύει στις βαθύτερες ζώνες του χώρου, μέσω ανακλάσεων μεταξύ της ανακλαστικής διάταξης και της οροφής του χώρου.

- **Περσίδες:** Παρόλο που οι περσίδες χρησιμοποιούνται συνήθως ως σταθερές διατάξεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως κινητές. Εάν είναι κινητές, αποτρέπουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία (και μερικώς τη διάχυτη), ενώ επιτρέπουν την είσοδό της κατά τη χειμερινή περίοδο. Όταν είναι σταθερές παρέχουν επίσης ασφάλεια. Βέβαια, μπορεί να παρουσιάσουν το μειονέκτημα του περιορισμού της θέας και να αυξήσουν την απαίτηση για τεχνητό φωτισμό. Επίσης, όπως μπορεί να συμβεί με όλες τις εξωτερικές διατάξεις, η συντήρησή τους μπορεί να είναι δύσκολη εάν δεν έχει προβλεφθεί σύστημα πρόσβασης στη φάση του σχεδιασμού του κτιρίου. Επίσης, οι περσίδες μπορεί να επηρεάζουν τη ροή του αέρα (είτε να διευκολύνουν είτε να εμποδίζουν το φυσικό αερισμό), αναλόγως της γεωμετρίας τους, της κλίσης τους και του άμεσου περιβάλλοντος του κτιρίου. Υπάρχουν διάφοροι τύποι περσίδων. Κάποιοι έχουν ειδικό ανακλαστικό σχήμα το οποίο αποτρέπει την άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία μεγάλης γωνίας, αλλά ανακλούν την ακτινοβολία μικρής γωνίας προς τη οροφή του χώρου (αυξάνοντας έτσι τον εισερχόμενο φυσικό φωτισμό και εξασφαλίζοντας εξοικονόμηση ενέργειας και συνθήκες άνεσης).

Ανάλογα με την τοποθέτηση των συστημάτων σκίασης σε σχέση με την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, αυτά διακρίνονται σε εξωτερικά, περιεχόμενα στους υαλοπίνακες και εσωτερικά. Επίσης ταξινομούνται σε σταθερά και κινητά, οριζόντια και κατακόρυφα. Στην πράξη, συναντάται συνδυασμός όλων των παραπάνω.

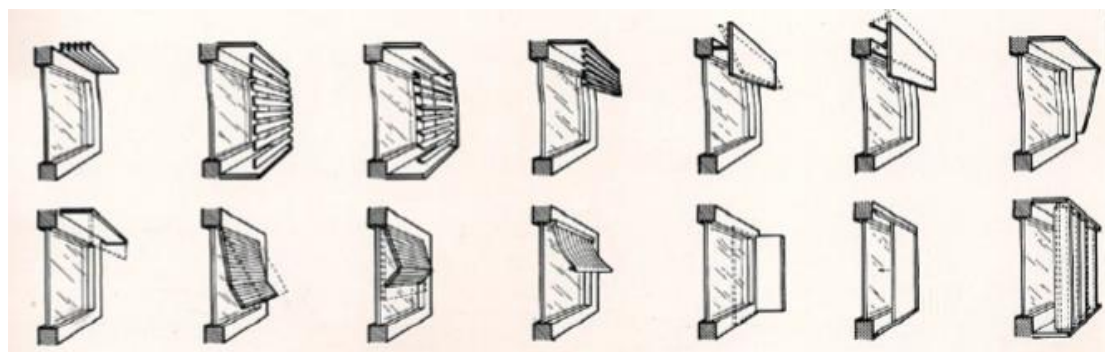
Η εξωτερική τοποθέτηση σκίαστρου προλαβαίνει την ηλιακή ακτινοβολία πριν εισέλθει στο κτίριο (η ανακλώμενη και απορροφώμενη θερμότητα παραμένουν στο εξωτερικό του κτιρίου) και αφήνει καθαρό τον εσωτερικό χώρο. Χρειάζεται συχνότερη επισκευή ή αντικατάσταση λόγω της φθοράς από τις καιρικές συνθήκες. Η εσωτερική τοποθέτηση επιφάνειας σκίασης προϋποθέτει απόσταση από τον υαλοπίνακα για εξαερισμό και απομάκρυνση του θερμού αέρα μεταξύ τους, κατάλληλη επιλογή χρώματος και υλικού για μεγαλύτερη αντανάκλαση της ακτινοβολίας. Αποτελεί διακοσμητική επιφάνεια για τον εσωτερικό χώρο και φθείρεται λιγότερο.

Στην παραπάνω κατηγορία συστημάτων σκίασης ανήκουν οι τέντες οριζόντιας και κατακόρυφης τοποθέτησης με ποικιλία επιφανειών, χρωματισμών και τρόπου κίνησης. Αξίζει να αναφερθεί ότι η κίνηση γίνεται μέσω βραχίονα (κασέτες) ή συρματόσχοινων (τύπου balloon), χειροκίνητα ή με μοτέρ, ασύρματα ή ενσύρματα, με αισθητήρα ήλιου ή αέρα. Για την εξωτερική σκίαση χρησιμοποιούνται επίσης ρόλερ και οριζόντιες περσίδες με κασέτα ή πλευρικό μηχανισμό (ηλεκτροκίνητο ή χειροκίνητο) και οδηγούς με ντίζα ή προφίλ αλουμινίου για υψηλή απόδοση ηλιοπροστασίας. Πρόσφατη τεχνολογία αποτελεί η χρήση ανοξειδωτού πλέγματος με ποικιλία μορφών και συνδυασμό ράβδων και συρματόσχοινων σε επενδύσεις όψεων για ορισμό προστατευτικού πετάσματος. Από την άλλη, οι κατακόρυφες περσίδες από ύφασμα ή ξύλο ελέγχουν τη διαφάνεια και παρέχουν περιορισμένη θερμομόνωση. Τα περιεχόμενα στους υαλοπίνακες συστήματα τοποθετούνται στο κενό μεταξύ δύο τζαμιών και είναι βενετικές περσίδες ή ρολά.

Η οριζόντια τοποθέτηση σκιάστρων, λειτουργεί ως σύστημα προβόλων πάνω από τα ανοίγματα, στο ύψος του πρεκιού. Η σκίαση εξαρτάται από τις διαστάσεις του σχηματιζόμενου προβόλου και το υλικό. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής των περσίδων, ώστε το καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκίασμός των υαλοστασίων, ενώ το χειμώνα να εισέρχονται οι ηλιακές ακτίνες στο εσωτερικό. Πρόκειται για απλή λύση και ενδείκνυται για το νότιο προσανατολισμό, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου.

Η κατακόρυφη τοποθέτηση επιλέγεται συνήθως για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Σε περιπτώσεις νοτιοανατολικού ή νοτιοδυτικού προσανατολισμού, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας, ώστε να είναι αποτελεσματικά. Η μορφή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου για τους μήνες του καλοκαιριού.

Πολλές φορές η τοποθέτηση σκιάστρων ορίζει ένα νέο επίπεδο σε ικανή απόσταση από την εξωτερική πλευρά του κτιρίου, δημιουργώντας ένα κέλυφος, ένα είδος δεύτερης επιδερμίδας. Στις διπλοκέλυφες αυτές κατασκευές, η απόσταση μεταξύ κτιρίου και πετάσματος, που ονομάζεται ζώνη θερμικής άνεσης, συμβάλλει στο δροσισμό λόγω ενδιάμεσης κυκλοφορίας του αέρα και απαγωγής της θερμότητας και τη δημιουργία μιας «θερμικής ασπίδας». Επιπλέον, ο «κρύος» αυτός φλοιός, λειτουργεί ως διακόπτης για τους βόρειους ανέμους κατά τους χειμερινούς μήνες. Η χρήση ενός δεύτερου φλοιού είναι εφικτή ως αναδρομική εξωτερική μόνωση σε υπάρχοντα κτίρια.



Εικόνα 2.5: Κατηγορίες κινητής σκίασης

Επισημαίνεται ότι σαφώς αποδοτικότερος είναι ο εξωτερικός σκίασμός, καθώς έτσι εμποδίζονται οι ηλιακές ακτίνες να εισέλθουν μέσα στο κτίριο, σε αντίθεση με τον εσωτερικό σκίασμό κατά τον οποίον ηλιακές ακτίνες έχουν ήδη διέλθει από το τζάμι και ένα τμήμα της θερμικής ακτινοβολίας εγκλωβίζεται μεταξύ τζαμιού και διατάξεων σκίασης.

2.2.3 Στήριξη

Κάθε σύστημα σκίασης ανεξάρτητα από τη μορφή και το μέγεθός του, κατά τη φάση της κατασκευής, θέτει τη δική του πρόκληση ως προς τη στατική επάρκεια και την ασφάλεια. Γι' αυτό σχεδιάζονται τα ανάλογα συστήματα στήριξης. Πρόκειται για πλαίσια, οδηγούς και δοκούς που αποτελούν στατικό μέρος του κτιρίου ή λειτουργούν ανεξάρτητα (αυτοφερόμενα), είναι εμφανή ή μη, με ποικιλία από υλικά, εξαρτήματα, αγκύρια, συνδέσεις και τελειώματα.

Για την επιλογή του τρόπου στήριξης από τον μηχανικό, λαμβάνονται υπ' όψη το μέγεθος του συστήματος σκίασης και το υλικό, υπολογίζονται τα φορτία που ασκούνται και οι θέσεις ανάρτησης. Τα φορτία που υπολογίζονται είναι η ανεμοπίεση, το φορτίο του χιονιού, καθώς και τα σεισμικά φορτία. Κι ενώ αυτά διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή, πρέπει να είναι σύμφωνα με τους τοπικούς οικοδομικούς κανονισμούς. Η στήριξη γίνεται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, που συνήθως είναι οπλισμένο σκυρόδεμα ή χάλυβας.

2.2.4 Φυτεμένες στέγες

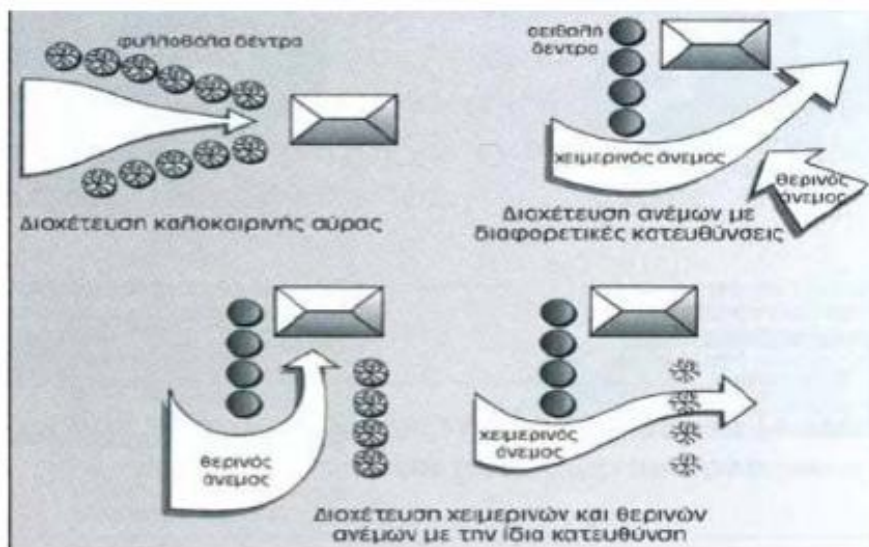
Στις αστικές ζώνες όλου του κόσμου, κυριαρχούν το σκυρόδεμα, η πέτρα και η πίσσα. Η παρουσία υψηλών οικοδομών επιβαρύνει την κίνηση του ανέμου και εμποδίζει την αποτελεσματική ανάμιξη του αέρα. Αυτό δημιουργεί το τυπικό κλίμα των μεγάλων πόλεων δηλαδή υψηλές θερμοκρασίες, περιορισμένη υγρασία και μεγάλη συγκέντρωση της μόλυνσης.

Το πράσινο, στις μεγάλες επιφάνειες των δωματίων, αντισταθμίζει μερικώς αυτό το φαινόμενο και επιδρά θετικά πάνω στο μικροκλίμα. Χάρη στην εξάτμιση του νερού, που συγκρατείται από τα φυτά και από το χώμα, αποδίδεται στον αέρα η υγρασία, τον δροσίζει και συγκρατεί τη σκόνη. Συμμετέχει επίσης στη θερμομόνωση του δώματος, συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και περιορίζει τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η αδιαπερατότητα των εδαφών επιταχύνει τη ροή του νερού που υπερφορτίζει τις σωληνώσεις, τα ρυάκια και τους ποταμούς. Το πράσινο στα δώματα περιορίζει την παροχή αιχμής του νερού που πηγαίνει στο δίκτυο σε περίπτωση δυνατής βροχής, χάρη στην προσωρινή αποθήκευση και στη ροή που περιορίζεται.

2.2.5 Φυσική σκίαση

Η αρχιτεκτονική του τοπίου μπορεί να βελτιώσει το μικροκλίμα τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Το καλοκαίρι η βλάστηση παρέχει σκίαση, ψύξη εξάτμισης και βοηθάει στην κατεύθυνση ρευμάτων ανέμου, ενώ το χειμώνα προστατεύει από τον άνεμο. Τα φυτά απορροφούν μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας και η διαπνοή τους μειώνει περαιτέρω τις θερμοκρασίες.

Φυλλοβόλα δέντρα, θάμνοι και κληματαριές, παρέχουν σκίαση το καλοκαίρι, ενώ επιτρέπουν την προσπέλαση της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Το νερό επίσης βοηθάει στη βελτίωση του μικροκλίματος τους καλοκαιρινούς μήνες και μπορεί να εμφανίζεται ως δεξαμενή, λίμνη, σιντριβάνι ή καταρράκτης. Η αρχιτεκτονική του τοπίου εκτός από την ενεργειακή της σημασία για τη βελτίωση του μικροκλίματος, μπορεί να δημιουργήσει ελκυστικούς χώρους για υπαίθριες δραστηριότητες, όπως αυλές που επεκτείνουν το χώρο διαβίωσης το καλοκαίρι.



Εικόνα 2.6: Κατεύθυνση αέρα ανάλογα με τη δεντροφύτευση του περιβάλλοντος χώρου

2.3 Αντιστάθμιση

2.3.1 Αντιστάθμιση ηλεκτρικής εγκατάστασης

Σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ., σε όλα τα κτίρια του τριτογενούς τομέα απαιτείται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργης ισχύος των ηλεκτρικών καταναλώσεων, για την αύξηση του συντελεστή ισχύος (συνφ) σε επίπεδο μεγαλύτερο ή ίσο του 0,95.

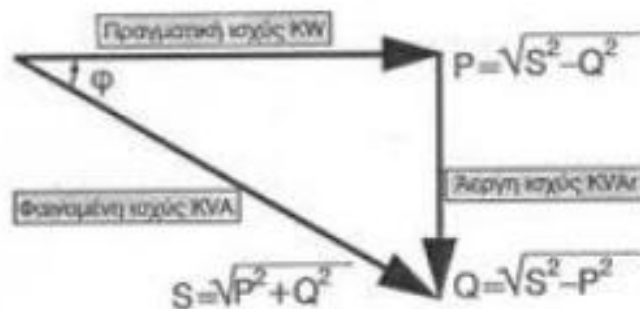
Μια ηλεκτρική εγκατάσταση απορροφά ηλεκτρική ισχύ από το δίκτυο της ΔΕΗ. Η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς αποτελείται από δύο συνιστώσες:

Πραγματικής ισχύς (P) με μονάδα μέτρησης W

Άεργος ισχύς (Q) με μονάδα μέτρησης VAR

Υπάρχουν 3 είδη ισχύος: Η ενεργός P, η άεργος Q και μιγαδική ή φαινόμενη ισχύς S. Ισχύει, ότι $S = P + Q$. Οι γραμμές μεταφοράς της ΔΕΗ μπορούν να μεταφέρουν κι ένα ορισμένο ποσό φαινόμενης ισχύος S. Όλες οι συσκευές δεν αποτελούνται μόνο από απλές αντιστάσεις που υπακούν στον νόμο του Ohm αλλά και πηνία ή πυκνωτές. Όσες περιέχουν πηνία έχουν επαγωγικό χαρακτήρα και αυξάνουν την γωνία φάσης φ. Αντίθετα όσες περιέχουν πυκνωτές, έχουν χωρητικό χαρακτήρα και μειώνουν την γωνία φάσης.

Οι δύο αυτές ισχύς παριστάνονται ως κάθετες πλευρές ενός ορθογωνίου τριγώνου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η συνισταμένη των δύο αυτών πλευρών είναι η φαινόμενη ισχύς (S) που μετριέται σε VA.



Εικόνα 2.7: Ορθογώνιο τρίγωνο πραγματικής, φαινόμενης και άεργου ισχύος

Το δεύτερο υποσύνολο της φαινόμενης ισχύος ονομάζεται άεργος ισχύς (Q) και μετριέται σε kVAr. Ονομάζεται άεργος ισχύς διότι σε αντίθεση με την ενεργό ισχύ δεν μετατρέπεται σε έργο, αλλά αντανακλάται από τη συσκευή και επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο με διαφορετική μορφή. Οι συσκευές που δημιουργούν άεργο ισχύ, είναι κυρίως αυτές με επαγωγική συμπεριφορά, δηλαδή αυτές που ενσωματώνουν πηνία, π.χ. κινητήρες, φωτιστικά φθορίου, μετασχηματιστές.

Η άεργος ισχύς τιμολογείται μόνο στα εμπορικά και βιομηχανικά τιμολόγια και, για να μετρηθεί από τη ΔΕΗ, είτε υπάρχουν δύο ηλεκτρομηχανικοί μετρητές είτε ηλεκτρονικοί μετρητές ενέργειας.

Η φαινόμενη ισχύς (S) είναι το γινόμενο της τάσης (V) και της έντασης (I). Συνεπώς, η άεργος ισχύς (Q), παρ' όλο που δεν παράγει έργο, υπάρχει στους ηλεκτρικούς ως ένταση (ρεύμα). Επειδή το ρεύμα είναι υπεύθυνο για τις θερμικές απώλειες των αγωγών, η άεργος ισχύς αντισταθμίζεται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και από τη ΔΕΗ με αυτοματοποιημένες συστοιχίες – ζεύξεις πυκνωτών.

2.3.1.1 Διόρθωση συνημιτόνου

Υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη σχεδίαση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Εκτός από την ασφάλεια και την αξιοπιστία πρέπει να εξασφαλιστεί ότι η ηλεκτρική ισχύς χρησιμοποιείται σωστά. Κάθε συσκευή που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια, πρέπει να σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε χρήσιμο έργο, με τις μικρότερες δυνατές απώλειες. Ο κυριότερος παράγοντας που χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, είναι αναμφίβολα ο συντελεστής ισχύος (cosφ).

Από τη σκοπιά των εταιριών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, βελτίωση του cosφ από 0.7 σε 0.9 σημαίνει:

- μείωση κόστους έως 40% λόγω μείωσης ωμικών απωλειών,
- αύξηση έως 30% της παραγωγικότητας των σταθμών παραγωγής.

Τα παραπάνω οδηγούν σε εξοικονόμηση εκατοντάδων χιλιάδων τόνων καυσίμων.

Στην περίπτωση χαμηλού συντελεστή ισχύος $\cos\phi$, οι εταιρίες παροχής χρεώνουν πρόστιμο στον καταναλωτή, ώστε να καλύψουν τα επιπλέον έξοδα των απωλειών στο δίκτυο.

Είναι γνωστό, ότι οι ηλεκτρικές συσκευές (με εξαίρεση τις συσκευές ωμικών αντιστάσεων), απορροφούν ενεργό ισχύ, η οποία μετατρέπεται σε χρήσιμο έργο (φωτισμός, θέρμανση, κίνηση κ.τ.λ.) αλλά και άεργη ισχύ η οποία απαιτείται για τη δημιουργία των μαγνητικών πεδίων, απαραίτητων για τη λειτουργία επαγωγικών συσκευών.

Η απαιτούμενη άεργη ισχύς μπορεί να παραχθεί από πυκνωτές, αντί αυτή να απορροφάται από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πυκνωτές απορροφούν ρεύμα που βρίσκεται σε διαφορά φάσης 180° σε σχέση με το επαγωγικό άεργο ρεύμα. Τα δύο ρεύματα προστίθενται αλγεβρικά, άρα το ρεύμα που κυκλοφορεί ανάντι του σημείου εγκατάστασης πυκνωτών είναι η διαφορά των επαγωγικών και χωρητικών ρευμάτων.

Πρακτικά, κακός συντελεστής ισχύος (συνημίτονο), σημαίνει:

- Αύξηση των απωλειών σε όλους τους αγωγούς και καλώδια.
- Αύξηση της πτώσης τάσης.
- Αυξημένες ενεργειακές ανάγκες.
- Αύξηση των απωλειών ενέργειας επί των δικτύων μεταφοράς και διανομής της ΔΕΗ.

Τα πλεονεκτήματα από τη διόρθωση του συνημιτόνου είναι τα εξής:

- Μείωση των χρεώσεων του λογαριασμού της ΔΕΗ.
- Απαλλαγή των στοιχείων του δικτύου (καλωδίων, μετασχηματιστών, διακοπών) από την άεργο συνιστώσα του ρεύματος και αποφυγή πολυέξοδων επεκτάσεων.
- Υψηλότερος συντελεστής ισχύος, βελτιωμένη σταθερότητα και λιγότερες απώλειες δικτύου.
- Δυνατότητα φιλτραρίσματος των αρμονικών του συστήματος.
- Αποφυγή προβλημάτων συντονισμού και ηλεκτρικών διαταραχών.
- Μείωση της φθοράς του εξοπλισμού αύξηση της διάρκειας ζωής του.
- Χαμηλότερο κόστος συντήρησης και χαμηλότερο κόστος αντικατάστασης του υπάρχοντος εξοπλισμού.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Δυνατότητα εύκολης καλωδίωσης.
- Ασφάλεια υπερφόρτισης, η οποία εμποδίζει τον πυκνωτή να εκραγεί λόγω γήρανσης ή λόγω θερμικής υπερφόρτισης (πάνω στον πυκνωτή υπάρχει επιλογή αυτόματης διακοπής της λειτουργίας του σε περίπτωση βλάβης).

Το καταλληλότερο σύστημα βελτίωσης $\cos\phi$ αποτελείται από ένα σύστημα αυτόματης αντιστάθμισης τοποθετημένο στις κεντρικές μπάρες του γενικού πίνακα μιας εγκατάστασης, καθώς και μονάδες τοπικής αντιστάθμισης σε μεγάλα φορτία που απορροφούν μεγάλες ποσότητες αέργου ισχύος. Ο ρόλος του αυτόματου κεντρικού συστήματος αντιστάθμισης είναι να προσφέρει την απαιτούμενη άεργη ισχύ, ανάλογα με τη ζήτηση αέργου ισχύος των φορτίων κάθε δεδομένη χρονική στιγμή.

Αντιστάθμιση της αέργου ισχύος, ονομάζεται η ελάττωση της επαγωγικής άεργης ισχύος, μέσω αύξησης της χωρητικής αέργου ισχύος. Επομένως η αντιστάθμιση άεργου ισχύος, οδηγεί στη βελτίωση (αύξηση) του συντελεστή ισχύος.

Η αντιστάθμιση επιτυγχάνεται με σύνδεση πυκνωτών, οι οποίοι παράγουν χωρητική άεργη ισχύ. Η επαγωγική άεργος ισχύς και η χωρητική άεργος ισχύς, έχουν διαφορά φάσης 180ο. Επομένως το πηνίο απορροφάει άεργη ισχύ από το δίκτυο, ενώ ο πυκνωτής τροφοδοτεί το δίκτυο με άεργη ισχύ. Η αντιστάθμιση ολοκληρώνεται όταν $\text{συν}\phi=1$.

Η ΔΕΗ με τους μετρητές αέργου ισχύος, καταμετρά την απορροφούμενη άεργο ισχύ και το συνημίτονο ϕ ($\text{συν}\phi$ - συντελεστής ισχύος). Η συνολική δε χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται όσο μειώνεται το $\text{συν}\phi$. Για το λόγο αυτό οι καταναλωτές με τιμολόγια Γ22 , Γ22Β και τιμολόγια ΜΤ έχουν όλοι σχεδόν τοποθετήσει συστήματα διόρθωσης (αύξησης) του $\text{συν}\phi$, με σκοπό την αποφυγή υψηλής χρέωσης του καταναλισκόμενου ρεύματος αλλά και την βελτίωση της απόδοσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Τα συστήματα αυτά αποτελούνται κατά κύριο λόγο από μία ηλεκτρονική συσκευή ρύθμισης του $\text{συν}\phi$, μία συστοιχία πυκνωτών, ασφάλειες ή αυτόματους διακόπτες και μετασχηματιστές μετρήσεων. Σε περίπτωση βλάβης, κακής λειτουργίας ή λανθασμένης ρύθμισης μίας από τις παραπάνω συσκευές, το σύστημα ή θα πάψει να διορθώνει το $\text{συν}\phi$ ή θα λειτουργεί με μειωμένη απόδοση. Η βλάβη αυτή όταν και αν γίνει αντιληπτή από τον χρήστη, θα έχει ήδη προκαλέσει την υπερχρέωση του λογαριασμού, δεδομένου ότι ο μετρητής αέργου ισχύος της ΔΕΗ θα καταγράφει για όλο αυτό το διάστημα χαμηλές τιμές $\text{συν}\phi$.

Επομένως ο τακτικός έλεγχος του συστήματος διόρθωσης $\text{συν}\phi$ και η αποκατάσταση της ομαλής λειτουργίας του εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας και το κέρδος από την μείωση των λογαριασμών του ηλεκτρικού ρεύματος, διασφαλίζει την απόδοση της επένδυσης που έχει γίνει από τον χρήστη για τον συγκεκριμένο σκοπό. Είναι δε γεγονός ότι ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, η δαπάνη του ελέγχου του συστήματος διόρθωσης συνημιτόνου μπορεί να αποσβεσθεί ακόμα και μέσα στον επόμενο μήνα από τον έλεγχο λόγω της αποφυγής της υπερχρέωσης από τη ΔΕΗ στον επόμενο λογαριασμό.

Στο κατάστημα δεν εφαρμόζεται, διόρθωση συνημιτόνου, λόγω του ότι οι ηλεκτροκινητήρες των κλιματιστικών μηχανημάτων είναι τύπου inverter και το $\text{συν}\phi$ ισούται με ένα. Το inverter χρησιμοποιείται για να ελέγχει την ταχύτητα του συμπιεστή, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η θερμοκρασία. Τα DC inverter κλιματιστικά έχουν ένα ρυθμιζόμενο ηλεκτρικό inverter για τον έλεγχο του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή. Το AC ρεύμα του δικτύου μετατρέπεται σε DC και μέσω ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος παράγεται ρεύμα επιθυμητής συχνότητας. Ένας μικροεπεξεργαστής «διαβάζει» την εξωτερική θερμοκρασία και ρυθμίζει αντίστοιχα την ταχύτητα του συμπιεστή.

2.3.2 Αντιστάθμιση συστήματος θέρμανσης

2.3.2.1 Αυτόματος έλεγχος και ρύθμιση θερμοκρασίας σε εγκαταστάσεις θέρμανσης

Η αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον κτιριακό τομέα οφείλεται συνήθως και στην υπερδιαστασιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης, η οποία οδηγεί σε υπολογισμό των απωλειών με αυξημένους συντελεστές και τοποθέτηση μεγαλύτερων σωμάτων και λέβητα. Η υπερδιαστασιολόγηση των θερμαντικών σωμάτων και του λέβητα φτάνει μέχρι και το 50%.

Όμως, ακόμα και στην περίπτωση όπου όλοι οι παράγοντες που συντελούν στην σωστή διαστασιολόγηση μιας θέρμανσης έχουν υπολογιστεί σωστά, το 100% της ισχύος του λέβητα χρειάζεται μόνο για πολύ μικρή χρονική περίοδο κατά την διάρκεια του χειμώνα και συγκεκριμένα εκείνες τις ημέρες του χρόνου κατά τις οποίες επικρατεί η δυσμενέστερη θερμοκρασία για κάθε γεωγραφικό μήκος και πλάτος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι εκείνο της Βόρειας Ελλάδας όπου η ελάχιστη θερμοκρασία είναι $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, η μέση όμως εξωτερική θερμοκρασία κατά τη χειμερινή περίοδο είναι περίπου $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, γεγονός που σημαίνει ότι η μέση θερμοκρασία νερού που παράγεται από τον λέβητα δεν χρειάζεται να είναι περισσότερο από $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Μετρήσεις έχουν δείξει ότι για το 70% της χειμερινής περιόδου, απαιτείται μόνο το 30% της ισχύος του λέβητα.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας που ευθύνεται στους παραπάνω λόγους, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί αυτόματος έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου.

Βασικός στόχος του συστήματος αυτοματισμού και ρύθμισης μιας εγκατάστασης θέρμανσης είναι η εξασφάλιση του απαιτούμενου βαθμού άνεσης με το λιγότερο δυνατό κόστος ενέργειας.

Σύμφωνα με μελέτες, η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση ενός κτιρίου αποτελεί το 60% των συνολικών ενεργειακών αναγκών. Μια χειροκίνητη εγκατάσταση θέρμανσης με απλό θερμοστάτη χώρου οδηγεί σε πιθανό λάθος από $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως και $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αυτό σημαίνει από 20% έως 40% παραπάνω κατανάλωση ενέργειας.

Μέχρι ο θερμοστάτης να ελέγξει την παροχή του ζεστού νερού, το νερό πρέπει να θερμανθεί ικανοποιητικά στο λέβητα και στη συνέχεια να σταλεί στα θερμαντικά σώματα. Στον ενδιάμεσο χρόνο, ο χώρος ψύχεται όλο και περισσότερο. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση της υπερθέρμανσης. Ελέγχοντας λοιπόν το σύστημα με θερμοστάτη, οι θερμοκρασίες στο χώρο αυξομειώνονται συνεχώς και ταυτόχρονα γίνεται άσκοπη σπατάλη καυσίμου. Με τα συστήματα αντιστάθμισης (αυτόματη ηλεκτρονική ρύθμιση), η θερμοκρασία διατηρείται ηλεκτρονικά σταθερή και στους χώρους αποδίδεται τόση θερμότητα όση χάνεται.

Ένας ηλεκτρονικός εγκέφαλος (ελεγκτής) δίνει συνεχώς εντολές σε ένα κινητήρα της βάνας, με παράλληλη συνεχή ανίχνευση των μεταβολών της εξωτερικής θερμοκρασίας και τις μεταβολές της εσωτερικής θερμοκρασίας του θερμαινόμενου χώρου (σε περίπτωση που υπάρχει αισθητήρας χώρου) και ρυθμίζει την αναλογία ανάμειξης σύμφωνα με τις απαιτήσεις των θερμαινόμενων χώρων. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ομοιόμορφη και σταθερή θερμοκρασία στους θερμαινόμενους χώρους, οικονομική λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής στο λέβητα.

Πρακτικά, η αντιστάθμιση, ανάλογα με τη μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας μεταβάλλει αυτόματα το ζεστό νερό προσαγωγής προς το σύστημα θέρμανσης.

Τα εξαρτήματα που αποτελούν ένα σύστημα αντιστάθμισης είναι τα εξής:

- Κεντρική μονάδα.
- Αισθητήριο εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Αισθητήριο προσαγωγής.
- Αισθητήριο λέβητα.
- Τρίοδη βάνα ανάμειξης.
- Σερβοκινητήρας βάνας.

Προαιρετικά εξαρτήματα είναι τα εξής:

- Αισθητήριο μπόιλερ.
- Αισθητήριο ηλιακού συλλέκτη.
- Αναλογική μονάδας χώρου.

Ο παραπάνω απαραίτητος εξοπλισμός σε ένα αυτόματο έλεγχο της θερμοκρασίας άνεσης δίνει τη δυνατότητα παρακολούθησης, ελέγχου και ρύθμισης των εξής μεταβλητών:

- Θερμοκρασία.
- Παροχή ζεστού νερού.
- Απόλυτη και σχετική υγρασία.
- Ενθαλπία.
- Πίεση.
- Διαφορική πίεση.
- Ποιότητα αέρα.

Συγκεκριμένα, προκειμένου να διατηρηθεί αυτόματα σταθερή η θερμοκρασία που επιλέχθηκε για το χώρο, ανεξάρτητα από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, χρησιμοποιούνται οι τέσσερις ακόλουθοι τρόποι ή και ο συνδυασμός τους:

1. Επίδραση στη θερμότητα που παρέχεται στο λέβητα (διακοπή λειτουργίας καυστήρα).
2. Επίδραση στη θερμότητα που παρέχει ο λέβητας στην εγκατάσταση (διακοπή ή λειτουργία του κυκλοφορητή).
3. Μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής στα θερμαντικά σώματα με χρήση βάνας (τρίοδης ή τετράοδης).

4. Επίδραση στην παροχή του νερού στα θερμαντικά σώματα με θερμοστατικό διακόπτη.

2.3.2.2 Τρόπος λειτουργίας αντιστάθμισης

Μια αυτοματοποιημένη ρύθμιση εγκατάστασης θέρμανσης ζεστού νερού με καυστήρα πετρελαίου περιλαμβάνει ένα εξωτερικό αισθητήριο το οποίο είναι ένας ημιαγωγός. Η ωμική του αντίσταση μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και μεταδίδει στην ηλεκτρονική συσκευή ρύθμισης κάθε μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας. Με βάση αυτή την πληροφορία, η ηλεκτρονική συσκευή με ηλεκτρικές ρευματοδοτήσεις/παλμούς προς το σερβοκινητήρα της τρίοδης, προσδιορίζει την κατάλληλη θερμοκρασία στο δίκτυο. Το αισθητήριο του νερού προσαγωγής μπορεί να είναι εμβαπτιζόμενος ημιαγωγός και επιτηρεί για τη διατήρηση της αναγκαίας θερμοκρασίας προσαγωγής προς τα θερμαντικά σώματα και δίνει σήμα στον κεντρικό ελεγκτή. Τέλος, με ένα θερμοστάτη χώρου είναι δυνατή η μεταβολή της επιθυμητής θερμοκρασίας χώρου από το εσωτερικό της κατοικίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στα συστήματα αντιστάθμισης, η μεταβλητή αντιστάθμισης που χρησιμοποιείται για αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας είναι η σύνθετη εξωτερική θερμοκρασία. Είναι μεταβλητή αντιστάθμισης για τον έλεγχο της θερμοκρασίας προσαγωγής και είναι ο συνδυασμός της πραγματικής εξωτερικής θερμοκρασίας και της εξασθενημένης εξωτερικής θερμοκρασίας, όπως την υπολογίζει ο ελεγκτής. Σε σύγκριση με την πραγματική εξωτερική θερμοκρασία, είναι έντονα υποβιβασμένη και επιβραδυνόμενη.

2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι μια λειτουργία του κτιρίου που απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν είτε ηλεκτρικές αντιστάσεις είτε ζεστό νερό από δίκτυο λέβητα. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη κατανάλωση σε ηλεκτρικό ρεύμα ή καύσιμο.

Οι κυριότερες τεχνολογίες άμεσης εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι οι εξής:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα: η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως και η αποθήκευση και η μεταφορά της συλλεγόμενης θερμότητας επιτυγχάνεται με ειδικές κατασκευές διαφορετικές από τα βασικά στοιχεία της οικοδομής.
- Παθητικά ηλιακά συστήματα: συνιστώνται στη χρήση κατασκευαστικών στοιχείων των οικοδομών (τοιχοί, παράθυρα, πατώματα) για τη συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας.
- Υβριδικά ηλιακά συστήματα: συνδυασμός ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Η παραγωγή ΖΝΧ με ηλιακούς συλλέκτες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδος, καθώς χρησιμοποιείται η δωρεάν και καθαρή ενέργεια του Ήλιου. Υπάρχουν βέβαια και ζητήματα

που προβληματίζουν τους χρήστες, όπως κακή λειτουργία λόγω μη συντήρησης ή επιβάρυνσης του εξοπλισμού από σκληρό νερό, καθώς επίσης και αδυναμία κάλυψης των αναγκών τη χειμερινή περίοδο.

Αντίλογος σε αυτά τα ζητήματα είναι η χρήση της νέας τεχνολογίας σε υλικά και μηχανήματα. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ηλιακών συλλεκτών καλύτερου βαθμού απόδοσης και αντοχής στις εξωτερικές συνθήκες. Σε περίπτωση που απαιτείται παραγωγή νερού υψηλότερης θερμοκρασίας προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία των σωλήνων κενού, ενώ η παραγωγή από αντλίες θερμότητας είναι η πιο αποδοτική μέθοδος λόγω της ελάχιστης κατανάλωσης.

Τα πλεονεκτήματα ενός συστήματος ηλιακών συλλεκτών είναι τα εξής:

- Σχεδόν μηδενικό κόστος λειτουργίας.
- Σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων και χρημάτων.
- Συνεργασία με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης ή με αντλία θερμότητας για μέγιστη οικονομία.
- Εύκολη εγκατάσταση και μικρές απαιτήσεις συντήρησης.
- Πράσινη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με καυσαέρια.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής, η οποία με μια τυπική συντήρηση ξεπερνάει τα είκοσι χρόνια.

Η βέλτιστη κλίση τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών, εκτός από τη γεωγραφική περιοχή, εξαρτάται και από την εφαρμογή για την οποία προορίζονται:

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

2.4.1 Είδη ηλιακών συλλεκτών

Ο ηλιακός συλλέκτης είναι ένα σύστημα που ζεσταίνει συνήθως νερό ή αέρα χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία. Στην ουσία είναι ένας εναλλάκτης. Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης εκμεταλλεύεται την άμεση, την διάχυτη και την ανακλώμενη από το έδαφος ηλιακή ακτινοβολία, ενώ χρειάζεται μικρή μόνο συντήρηση. Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τα χαρακτηριστικά ενός καλού ηλιακού συλλέκτη είναι τα εξής:

- Να διαθέτει σωληνώσεις επαρκούς διατομής, τόσο στους συλλέκτες πάνω και κάτω, όσο και στα κατακόρυφα τμήματα, ώστε να μην παρεμποδίζεται η ελεύθερη ροή του μέσου.
- Να έχει καλά σχεδιασμένη επιφάνεια συλλογής, κατά προτίμηση με την καινούργια τεχνολογία tinox. Η επιστροφή αυτή, ανεβάζει μεν το κόστος, αυξάνει την απόδοση ενός ηλιακού συλλέκτη σε ποσοστό μέχρι και 3%.

- Να διαθέτει άθραυστο κρύσταλλο επαρκούς πάχους, το οποίο να στεγανοποιείται καλά περιμετρικά στο πλαίσιο.
- Να διαθέτει άκαμπτο πλαίσιο ώστε η στεγάνωση του κρυστάλλου να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις συστολοδιαστολές. Τα σταθερά προφίλ από ανοδειωμένο αλουμίνιο είναι προτιμότερα από ένα απλό πλευρικό τσάκισμα.
- Να διαθέτει επαρκή μόνωση.

Τα είδη των ηλιακών συλλεκτών είναι τα εξής:

1. Ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα.
2. Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες.
3. Ηλιακοί συλλέκτες κενού.

2.4.1.1 Ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα

Οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα (πλαστικοί) αποτελούν την απλούστερη μορφή συλλεκτών.

Τα πλεονεκτήματα των ηλιακών συλλεκτών χωρίς κάλυμμα είναι τα εξής:

- Δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός (π.χ. μονάδα αποθήκευσης, εναλλάκτες θερμότητας) που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό.
- Έχουν χαμηλό κόστος, με χρόνο αποπληρωμής από ένα έως πέντε έτη.
- Η αισθητική ένταξη των συλλεκτών του συστήματος είναι εξαιρετικά ομαλή.

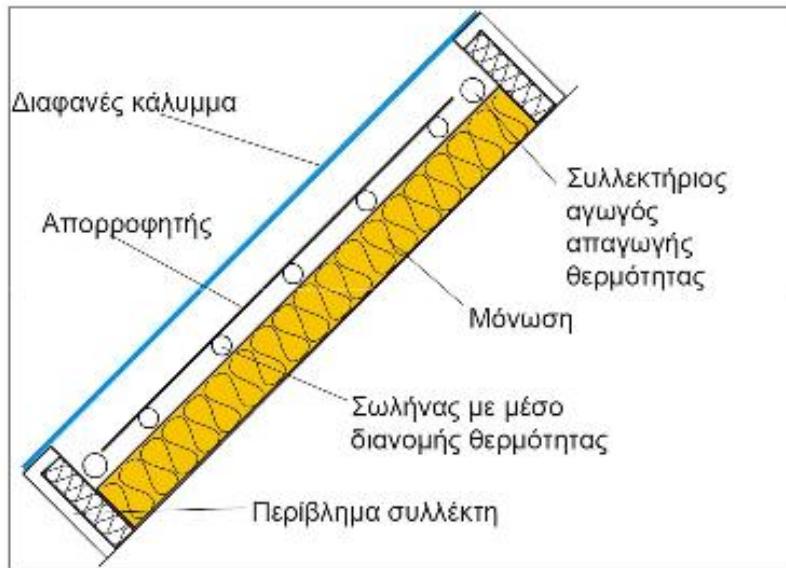
2.4.1.2 Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με επιλεκτική ή απλή μαύρη βαφή) αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή συλλεκτών.

Οι ιδιότητες των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών είναι οι εξής:

- Μέσο κόστος.
- Υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας.
- Βαρύτερος και πιο εύθραυστος.
- Κάλυμμα από γυαλί ή πλαστικό με συντελεστή διαπερατότητας.
- Απορροφητική επιφάνεια σε διάφορους τύπους: μαύρη μπογιά, ημιεπιλεκτική επιφάνεια και επιλεκτική επιφάνεια.
- Επιλεκτική επιφάνεια, η οποία διακρίνεται από μεγάλη απορροφητικότητα και ελάχιστη ανάκλαση στα μικρά μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας και από ελάχιστη ανάκλαση στα μεγαλύτερα μήκη κύματος. Επομένως, απορροφά την ηλιακή ενέργεια χωρίς να την ανακλά.
- Συντελεστής απώλειας θερμότητας $U < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

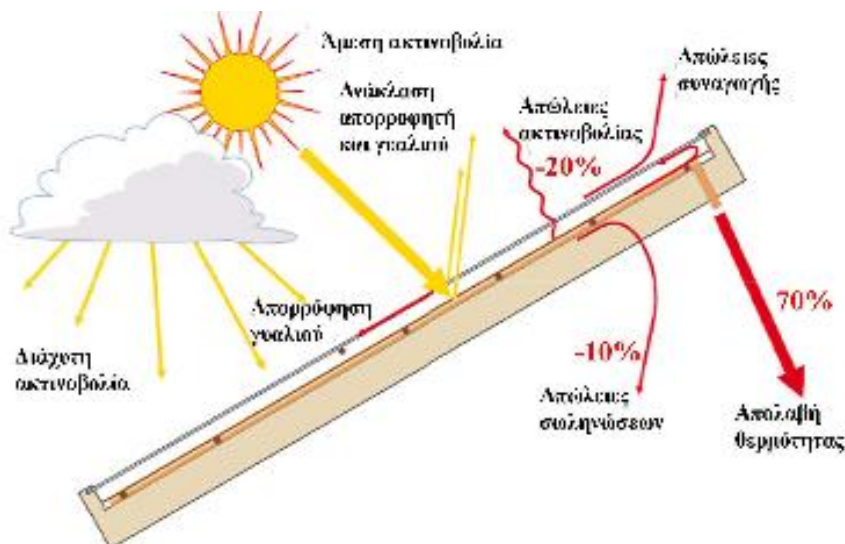
Η διατομή του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Εικόνα 2.8: Διατομή επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

Πηγή: Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης, «Ηλιακή Ενέργεια – Ηλιακοί συλλέκτες»

Υπάρχει ένα ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στην απορροφητική επιφάνεια που δεν απορροφάται από τον απορροφητή αλλά επιστρέφει λόγω ανακλάσεων. Οι απώλειες αυτές προέρχονται από ανάκλαση στον απορροφητή, ανάκλαση στο γυάλινο κάλυμμα, απώλειες με ακτινοβολία από τον απορροφητή καθώς και θερμικές απώλειες από την πίσω επιφάνεια και από τα πλευρικά τοιχώματα. Γι' αυτό το λόγο ο βέλτιστος σχεδιασμός τους γίνεται με τη μέγιστη προσπάθεια μείωσης των θερμικών απωλειών. Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης μετατρέπει τα δύο τρίτα της ηλιακής ακτινοβολίας σε ωφέλιμη ενέργεια, όπως φαίνεται από το διάγραμμα ροής ενέργειας που ακολουθεί:



Εικόνα 2.9: Διάγραμμα ροής ενέργειας επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

Πηγή: Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης, «Ηλιακή Ενέργεια – Ηλιακοί συλλέκτες»

Οι απώλειες που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία του ηλιακού συλλέκτη κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Οπτικές απώλειες λόγω αντανάκλασης, όπου ανάλογα με την ποιότητα του γυαλιού που χρησιμοποιείται ο βαθμός αντανάκλασης μεταβάλλεται.
- Θερμικές απώλειες, οι περισσότερες εκ των οποίων παράγονται στην πρόσθια πλευρά του συλλέκτη. Οι υπόλοιπες παράγονται διαμέσου της οπίσθιας και πλαϊνής πλευράς του συλλέκτη, η οποία εξαρτάται από την υπάρχουσα μόνωση, την ταχύτητα του ανέμου και την κατάσταση της θερμοκρασίας.

2.4.1.3 Ηλιακοί συλλέκτες κενού

Οι ηλιακοί συλλέκτες κενού είναι δύο τύπων, οι μονοσωλήνιοι και διπλοσωλήνιοι. Αποτελούνται από σωλήνες διπλής υάλωσης μεταξύ των οποίων υπάρχει κενό αέρος. Το γυαλί που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερης σκληρότητας, με μεγάλες αντοχές.

Οι ιδιότητες των ηλιακών σωλήνων κενού είναι οι εξής:

- Υψηλό κόστος.
- Κύλινδροι από γυαλί με εσωτερικό απορροφητή εκκενωμένοι.
- Ευαίσθητοι.
- Υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας.
- Ιδανικοί για ψυχρά κλίματα.
- Απώλειες θερμότητας μόνο λόγω ακτινοβολίας, και όχι λόγω συναγωγής.

2.4.1.4 Σύγκριση τεχνολογιών ηλιακών συλλεκτών

Παρατίθεται στη συνέχεια συγκριτικός πίνακας των τριών διαφορετικών τύπων ηλιακών συλλεκτών:

Πίνακας 2.4: Συγκριτικός πίνακας ηλιακών συλλεκτών

Είδος συλλέκτη	Χρήση	Ετήσια παραγωγή (kWh/m ²)
Επίπεδος Συλλέκτης (μαύρη μπογιά)	Θέρμανση Πισίνας ZNX	650
Επίπεδος Συλλέκτης (επιλεκτικός)	ZNX Θέρμανση Χώρου Ηλιακός Κλιματισμός	700
Συλλέκτες Κενού	Ηλιακός Κλιματισμός	850

Πηγή: Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης, «Ηλιακή Ενέργεια – Ηλιακοί συλλέκτες»

2.4.2 Χρήση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης

Η τεχνολογία των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων χαμηλών και μέσω θερμοκρασιών έχει ως βασικό χαρακτηριστικό τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μεταφορά της σε μορφή θερμότητας. Μία από τις βασικές της εφαρμογές είναι η παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης.

Η παραγωγή ΖΝΧ είναι η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα. Στην Ελλάδα βρίσκεται εγκατεστημένη συλλεκτική επιφάνεια μεγαλύτερη από 2.200.000 m², η οποία αντιστοιχεί περίπου στη μισή επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών συνολικά στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, ο ηλιακός θερμοσίφωνας, αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες.
- Δοχείο αποθήκευσης θερμότητας.
- Σωληνώσεις.

Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται στο δοχείο αποθήκευσης.

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες είναι συνήθως κλειστού κυκλώματος. Σε αυτούς, το νερό χρήσης δεν ρέει, αλλά βρίσκεται αποθηκευμένο στο μπόιλερ, ενώ η μεταφορά ενέργειας από το συλλέκτη στο μπόιλερ γίνεται με τη βοήθεια του κλειστού κυκλώματος, που περιέχει άλλο νερό, πλήρως διαχωρισμένο από το νερό χρήσης.

Υπάρχουν δύο συστήματα παραγωγής ΖΝΧ:

- Φυσικής κυκλοφορίας (θερμοσιφωνικά).
- Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Τα θερμοσιφωνικά συστήματα στηρίζονται στη φυσική κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται πάνω από το συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται μέσα στο συλλέκτη, γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο συλλέκτη. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται φυσική κυκλοφορία.

Αντιθέτως, τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Αυτό γίνεται γιατί το δοχείο θέρμανσης ΖΝΧ βρίσκεται χαμηλότερα από τον συλλέκτη και για τον λόγο αυτόν δεν είναι δυνατή η μεταφορά ενέργειας από το συλλέκτη στο μπόιλερ με φυσικό τρόπο, αλλά γίνεται με εξαναγκασμό. Η διαστρωμάτωση είναι πολύ σημαντική για την αποθήκευση του ηλιακά θερμαινόμενου νερού, αφού:

- Το νερό είναι διαθέσιμο στην επιθυμητή θερμοκρασία.

- Καθώς το ζεστό νερό εξέρχεται από το πάνω μέρος του δοχείου, η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του δοχείου και του συλλέκτη αυξάνεται, οπότε αυξάνεται και η απόδοση του συλλέκτη.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι πολύ εύκολα στην τοποθέτηση, απαιτούν λιγότερη συντήρηση και είναι σαφώς οικονομικότερα από τα βεβιασμένης κυκλοφορίας. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας, αν και ακριβότερα, επιτρέπουν την τοποθέτηση του μπόιλερ στο υπόγειο, πράγμα που είναι καλό τόσο για λόγους αισθητικής (δεν υπάρχει αντιαισθητικό μπόιλερ στην οροφή του κτιρίου) και επιπλέον επιτρέπουν την εύκολη σύνδεση του μπόιλερ με το δίκτυο θέρμανσης και επιτρέπουν απόλυτο έλεγχο της εγκατάστασης στον ελεγκτή θέρμανσης.

Η ενέργεια που παράγεται σε μία εγκατάσταση εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μεταβάλλεται συναρτησί του χρόνου. Επίσης μεταβάλλονται και οι ανάγκες του χρήστη και οι οποίες σπάνια συμπίπτουν χρονικά με την παραγόμενη ενέργεια. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό η ενέργεια που παράγεται να συσσωρεύεται και έπειτα, κατά τη χρήση, να μπορεί να ρυθμίζεται η προσφορά (ήλιος) και η ζήτηση (ζεστό νερό κατ' απαίτηση από το χρήστη). Η αποθήκευση είναι το στοιχείο της εγκατάστασης, που επιτρέπει την αποθήκευση της ενέργειας, με την ελάχιστη δυνατή απώλεια ενέργειας. Ο ειδικός χώρος στον οποίο αποθηκεύεται η απαιτούμενη ενέργεια είναι συνήθως οι συσσωρευτές ενέργειας (boiler).

Το θερμοδοχείο αποθήκευσης, μπορεί να είναι μονής, διπλής ή τριπλής ενέργειας, και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Επισμαλτωμένο για αποθήκευση ΖΝΧ.
- Υλικό κατασκευής: χαλκός ή ασάλι.
- Πίεση λειτουργίας 10 bar.
- Πλευρική φλάντζα για καθαρισμό.
- Άνοδος μαγνησίου για προστασία από ηλεκτρόλυση.
- Εξωτερική μόνωση.

Για τη μεταφορά ενέργειας, ανάμεσα στους ηλιακούς συλλέκτες και το boiler αποθήκευσης, χρησιμοποιείται υγρός θερμομεταφορέας (νερό) με την προσθήκη αντιπαγετικών και αντιδιαβρωτικών μη τοξικών ουσιών (προπυλενογλυκόλη). Η μεταφορά γίνεται μέσω σωληνώσεων κατάλληλων διαστάσεων, ικανών ώστε να μεταφέρουν την παραγόμενη ενέργεια. Η παροχή της ροής στο εσωτερικό του ηλιακού κυκλώματος πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να εγγυάται την καλή μεταφορά της θερμότητας του συλλέκτη. Εάν η παροχή ροής είναι πολύ υψηλή όμως, αυξάνει ως επακόλουθο την απώλεια πίεσης στις σωληνώσεις και επομένως και τη χρήση ενέργειας που πρέπει να παρέχεται από τον κυκλοφορητή.

2.5 Αυτοματισμοί κτιρίων

Είναι πλέον αναγνωρισμένο ότι τα σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, το οποίο σημαίνει μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, καθώς και διασφάλιση υψηλού επιπέδου άνεσης και ασφάλειας για τους χρήστες.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι νέες νομοθεσίες προωθούν τη χρήση τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας. Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 15232 «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Επίδραση του Αυτοματισμού Κτιρίων, των Ελέγχων και της Κτιριακής Διαχείρισης» συντάχθηκε σε συνδυασμό με την Πανευρωπαϊκή Εφαρμογή της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων ΟΕΕΚ 2002/91/ΕΚ. Το Πρότυπο περιγράφει μεθόδους για τον υπολογισμό της επίδρασης του αυτοματισμού και της τεχνικής διαχείρισης στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση όλων των κτιρίων, ανάλογα με τις λύσεις αυτοματισμού που χρησιμοποιούν. Καθορίζει τέσσερις κατηγορίες ενεργειακής κλάσης για να ταξινομήσει τα κτίρια σύμφωνα με την ενέργεια που καταναλώνουν και την αποδοτικότητά τους.

2.5.1 Κατηγορίες αυτοματισμών κτιρίων

Οι αυτοματισμοί με βάση τις σχετικές οδηγίες Τ.Ο.ΤΕΕ, χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες: Α, Β, Γ και Δ.

Η κατηγορία Α θεωρείται ότι εξοικονομεί την περισσότερη ενέργεια στα ενεργειακά υποσυστήματα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και φωτισμού. Είναι η μόνη από τις κατηγορίες η οποία περιέχει την περίπτωση αυτοματισμών BEMS (Building Energy Management Systems = Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων).

Η κατηγορία Α περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις ελέγχου για τα συστήματα παραγωγής, διανομής και εκπομπής θέρμανσης/ψύξης:

1. Ολοκληρωμένη διάταξη ελέγχου (με έλεγχο παρουσίας και ποιότητα ελέγχου) της λειτουργίας των τερματικών μονάδων.
2. Ρύθμιση λειτουργίας δικτύου διανομής ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου. Έλεγχος διακοπτόμενης λειτουργίας τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής με βέλτιστη εκκίνηση/παύση, για παράδειγμα έξυπνοι ελεγκτές, που προσαρμόζονται στη λειτουργία της εγκατάστασης.
3. Αντλίες διανομής με μεταβλητή ταχύτητα, με σταθερό ΔΡ (υδραυλική ισορροπία δικτύου για παράδειγμα με ρυθμιστές στροφών – inverters) ή αναλογικό ΔΡ (υδραυλική ισορροπία δικτύου για παράδειγμα με στραγγαλιστικές διατάξεις).
4. Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με αυτόματο έλεγχο, με βέλτιστη εκκίνηση/παύση, για παράδειγμα έξυπνοι ελεγκτές, που προσαρμόζονται ανάλογα στη λειτουργία της εγκατάστασης και απαιτήσεις των φορτίων.

5. Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης, δίνεται προτεραιότητα στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής (ονομαστικό θερμικό φορτίο).
6. Σύστημα απόψυξης σε περίπτωση αντλίας θερμότητας.

Όσον αφορά το είδος του ελέγχου για τα συστήματα παραγωγής, διανομής και εκπομπής θέρμανσης/ψύξης, υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

1. Μεμονωμένος αυτόματος έλεγχος (σε επίπεδο θερμικής ζώνης) της λειτουργίας των τερματικών μονάδων με θερμοστατικές βαλβίδες ή ηλεκτρονικό ελεγκτή.
2. Κεντρικός έλεγχος δικτύου διανομής για παράδειγμα αντιστάθμιση ή χρονοδιακόπτης σε σχέση με τη μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης.

Για συστήματα αερισμού, η κατηγορία Α περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις ελέγχου:

1. Έλεγχος της ροής αέρα μέσα στο χώρο βάσει της ζήτησης φορτίου σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και ύπαρξης κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.
2. Αυτόματος έλεγχος ροής αέρα πίεσης σε επίπεδο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (με ή χωρίς επαναφορά πίεσης). Υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) και νυχτερινού αερισμού (night ventilation – cooling).
3. Έλεγχος της θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα (θερμοκρασία ανάλογη με τη μεταβολή του απαιτούμενου φορτίου).
4. Εφαρμογή ελέγχου της υγρασίας του αέρα προσαγωγής ή απόρριψης.

Ενδεικτικά, η τελευταία κατηγορία Δ περιλαμβάνει τα εξής:

- Κανένας αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων, του δικτύου διανομής και των αντλιών διανομής.
- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσου προς το δίκτυο και το χώρο.
- Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης δεν υπάρχει σύστημα απόψυξης.
- Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, δεν υπάρχει κανένας έλεγχος ή είναι χειροκίνητος ο έλεγχος της ροής αέρα μέσα στο χώρο ή στο επίπεδο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.
- Δεν υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) ή νυχτερινού αερισμού (night ventilation – cooling).
- Κανένας θερμοστατικός έλεγχος του αέρα προσαγωγής και της υγρασίας του αέρα.

2.5.2 Σύστημα BEMS

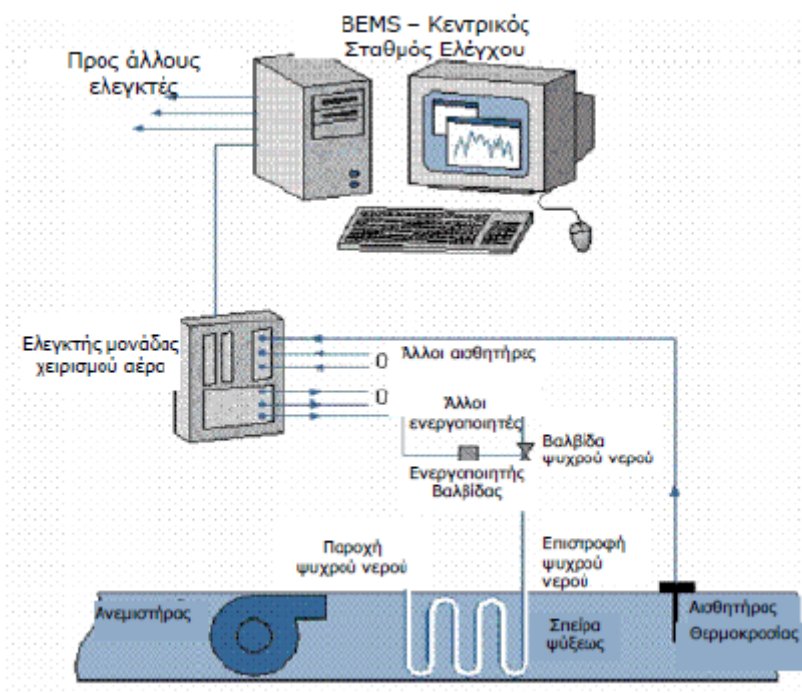
Η εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) έχει ως στόχο την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και η καταγραφή της ενεργειακής

συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία.

Ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο παρακολουθεί και ελέγχει τα εξής συστήματα:

- Σύστημα θέρμανσης/κλιματισμού.
- Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.).
- Ανοίγματα, σκίαστρα κλπ.
- Εγκατάσταση φωτισμού.
- Συστήματα δροσισμού.
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις.
- Ποιότητα αέρα.
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας.

Το σύστημα αποτελείται από ένα Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Οι αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στα διάφορα συστήματα του κτιρίου συλλέγονται και επεξεργάζονται από ένα ή περισσότερα P.L.Cs (Programmable Logical Controller). Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου.



Εικόνα 2.10: Σύστημα BEMS

Το σύστημα BEMS δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να παρακολουθεί όλο το κτίριο σε μια οθόνη, καθώς και να μελετά και να οργανώνει τα χρονοπρογράμματα και ένα προσεκτικό σενάριο λειτουργίας του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και χρόνος καλής λειτουργίας των διαχειριζόμενων συστημάτων. Σαν ενδεικτικό

παράδειγμα, αναφέρεται ότι το σύστημα BEMS μπορεί να σβήσει τα φώτα σε ένα κτίριο τριτογενή τομέα όταν σχολάσουν οι χρήστες. Επομένως, δεν υπάρχει η πιθανότητα να ξεχαστούν τα φώτα αναμμένα, ούτε χρειάζεται να υπάρχει κάποιος να ελέγχει κάθε χώρο αν έχουν σβηστεί τα φώτα.

2.5.3 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Ο έλεγχος φωτισμού συμβάλλει στη μείωση του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου. Όταν ο φωτισμός δεν είναι απαραίτητος, τα συστήματα ελέγχου φωτισμού περιορίζουν, εφόσον λειτουργούν σωστά, την κατανάλωση ενέργειας στα κυκλώματα φωτισμού. Επιπλέον, μπορούν να μειώσουν τη ζήτηση ενέργειας όταν και όπου αυτό απαιτείται. Ένας αποτελεσματικός έλεγχος φωτισμού μπορεί να επιφέρει μείωση είτε του χρόνου κατανάλωσης είτε της ισοδύναμης ισχύος.

Η ισοδύναμη ισχύς μιας εγκατάστασης φωτισμού με συστήματα ελέγχου φωτισμού (τα οποία έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού) αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στο ίδιο χρόνο με το σύστημα ελέγχου. Άρα, αυτό που αλλάζει με το σύστημα ελέγχου φωτισμού είναι η ενεργειακή κατανάλωση και όχι η εγκατεστημένη ισχύς. Αυτό οφείλεται στη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού σε χαμηλότερη ένταση ή στη διακοπή της τροφοδοσίας, ανάλογα με τη χρήση του.

Οι αισθητήρες παρουσίας, οι χρονοδιακόπτες και τα προγραμματιζόμενα ρελέ μειώνουν το χρόνο λειτουργίας του συστήματος φωτισμού. Τα συστήματα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού, όπως αυτά της εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού, μειώνουν την ισοδύναμη ισχύ κατά τη διάρκεια της ημέρας ακόμα και σε χώρους όπου υπάρχει παρουσία χρηστών.

2.5.3.1 Κατανομή του φυσικού φωτισμού

Όσο αυξάνεται η απόσταση από το εξωτερικό άνοιγμα τόσο μειώνεται λογαριθμικά η ποσότητα του φυσικού φωτισμού. Ως αξιοποιήσιμη ποσότητα φυσικού φωτισμού ορίζεται η ποσότητα που εισέρχεται με διάχυση σε ένα χώρο είτε μέσω φεγγίτη ή ραφιών φωτισμού, είτε μέσω των εξωτερικών ανοιγμάτων, είτε από τις πολλαπλές ανακλάσεις που οφείλονται στη γενικότερη διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου, στο έδαφος και κοντινά κτίρια.

Δεδομένου ότι η άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ έντονη και δημιουργεί θάμβωση, ο άμεσος φυσικός φωτισμός πρέπει να παρεμποδίζεται ή να κατευθύνεται κατάλληλα με τη χρήση σκιάστρων ή άλλων τεχνικών φυσικού φωτισμού που εφαρμόζονται στα εξωτερικά ανοίγματα. Ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση τεχνικών οι οποίες ανακατανέμουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία με οριζόντια διάχυση στο χώρο (μέσω της οροφής), διαμοιράζεται ομοιόμορφα στο επίπεδο εργασίας, την οροφή και τους τοίχους. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού και ο λόγος της έντασης φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας προς την ένταση φωτισμού στην οροφή, όπου συνήθως απαιτείται ο αισθητήρας, έχουν ισχυρή επίδραση στη λειτουργία του αισθητήρα φωτισμού. Η κατανομή αυτού του λόγου είναι σημαντική για

τον προσδιορισμό της κατάλληλης θέσης του αισθητήρα φωτισμού μέσα στο χώρο, καθώς επηρεάζει άμεσα τη λειτουργία του.

2.5.3.2 Ζώνες ελέγχου φωτισμού

Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού είναι περιοχές στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου που εκμεταλλεύονται το φυσικό φωτισμό. Προκειμένου να εξασφαλιστούν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας και στο ευρύτερο εσωτερικό περιβάλλον, οι ζώνες ελέγχου φωτισμού χρησιμοποιούν τόσο το φυσικό όσο και τον τεχνητό φωτισμό. Το μέγεθος μιας ζώνης ελέγχου εξαρτάται από τη διαμόρφωση και τη γεωμετρία των εξωτερικών ανοιγμάτων, την κατάσταση του ουρανού και τη θέση του ήλιου. Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού συνδέουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κατανομής φυσικού φωτισμού. Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός ζωνών ελέγχου σε ένα χώρο, τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας.

Όταν υπάρχει μικρός αριθμός ζωνών ελέγχου φωτισμού σε ένα χώρο, μειώνεται μεν η αρχική δαπάνη λόγω εγκατάστασης περιορισμένου εξοπλισμού για το σύστημα ελέγχου, αλλά αυξάνεται η δαπάνη λειτουργίας εξαιτίας της μεγαλύτερης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτή που απαιτείται για τη λειτουργία περισσότερων ζωνών ελέγχου φωτισμού σε αντίστοιχους χώρους. Επομένως, η αξιολόγηση της αρχικής δαπάνης σε σχέση με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός συστήματος ελέγχου φωτισμού είναι σημαντική και με βάση αυτή καθορίζεται η επιλογή της βέλτιστης στρατηγικής ελέγχου.

2.5.3.3 Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

Οι αισθητήρες φωτισμού είναι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου φωτισμού οι οποίες ρυθμίζουν αυτόματα τη στάθμη φωτός που παράγεται από συστήματα τεχνητού φωτισμού ανάλογα με την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύεται στο χώρο. Ο αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης μονάδα ελέγχου που περιέχει:

- Κατάλληλο φακό (input optics) για την είσοδο της ακτινοβολίας.
- Φωτοκύτταρο.
- Απαραίτητο ηλεκτρονικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου.

Οι αισθητήρες φωτισμού ανήκουν στην κατηγορία του αυτόματου ελέγχου που αντικαθιστά ή συμπληρώνει το χειροκίνητο έλεγχο στα κτίρια. Κύριος σκοπός των αισθητήρων φωτισμού είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με την προσαρμογή της στάθμης του τεχνητού φωτισμού (dimming) ανάλογα με την ποσότητα φυσικού φωτισμού που ανιχνεύουν. Η επίτευξη αυτού του σκοπού συνιστά το βασικό όφελος από τη χρήση του αυτόματου ελέγχου. Η εξοικονόμηση ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας επιτυγχάνεται χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα.

Εκτός από την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα φωτισμού, η μείωση των επιπέδων του τεχνητού φωτισμού ελαττώνει επίσης τα θερμικά φορτία που προέρχονται από τα φωτιστικά σώματα. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (εάν χρησιμοποιείται πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ. εκτός από ηλεκτρική

ενέργεια) από το σύστημα θέρμανσης/ψύξης του κτιρίου κατά τη διάρκεια της χειμερινής/θερινής περιόδου. Δεδομένου ότι τα φωτιστικά σώματα στα κτίρια τριτογενή τομέα αποτελούνται συνήθως από λαμπτήρες φθορισμού, οι αισθητήρες φωτισμού συνδέονται με τα ηλεκτρονικά ballast, EDBs (Electronic Dimming Ballasts), τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν την ένταση φωτισμού που παράγεται από αυτούς τους λαμπτήρες. Με αυτόν τον τρόπο, η ένταση του τεχνητού φωτισμού μπορεί να αυξομειώνεται ανάλογα με την ποσότητα του φυσικού φωτός που εισέρχεται σε ένα χώρο.

2.5.3.4 Εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού σε υφιστάμενα κτίρια

Στις περιπτώσεις που το σύστημα του τεχνητού φωτισμού προσαρμόζεται κατάλληλα στο διαθέσιμο φυσικό φωτισμό, μέσω αισθητήρων σύζευξης φυσικού – τεχνητού φωτισμού, είναι δυνατόν να προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να ξεπεράσει το 50% της κατανάλωσης ενέργειας για ηλεκτροφωτισμό. Επομένως, η δράση με το μικρότερο κόστος εγκατάστασης, τη μεγαλύτερη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας και τη μικρότερη όχληση στους χρήστες είναι η εγκατάσταση αισθητήρων σύζευξης φυσικού – τεχνητού φωτισμού. Συγκεκριμένα, η χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού οι οποίοι τοποθετούνται ξεχωριστά σε κάθε φωτιστικό σώμα ελαχιστοποιούν το κόστος εγκατάστασης και την παρέμβαση στο συνολικό σύστημα φωτισμού σε υφιστάμενα κτίρια.

Η συγκεκριμένη λύση είναι εξαιρετικά απλή στην εφαρμογή της και μπορεί να οδηγήσει επίσης στην εξοικονόμηση ενέργειας από φωτιστικά σώματα που βρίσκονται κοντά σε ανοίγματα. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη χρήση αυτόνομων αισθητήρων σε φωτιστικά σώματα που βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από τα ανοίγματα, καθώς το φωτιστικό θα επηρεάζεται όχι μόνο από το φυσικό φωτισμό, αλλά και από το φωτισμό των γειτονικών φωτιστικών σωμάτων.

2.5.3.5 αισθητήρες παρουσίας/κίνησης φωτισμού

Οι αισθητήρες παρουσίας (occupancy sensors) διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία των κυκλωμάτων φωτισμού που ελέγχουν, και σε ορισμένες περιπτώσεις, το σύστημα κλιματισμού (HVAC), όταν δεν ανιχνεύουν ανθρώπινη παρουσία στους χώρους όπου είναι τοποθετημένοι. Συνήθως αποτελούνται από έναν ανιχνευτή κίνησης και μια μονάδα ελέγχου. Ο αισθητήρας δημιουργεί και στέλνει σήμα στη μονάδα ελέγχου, η οποία εξετάζει εάν υπάρχει ανθρώπινη παρουσία με βάση ένα εγκατεστημένο αλγόριθμο ελέγχου και με τη σειρά της ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί το σύστημα φωτισμού. Οι περισσότεροι αισθητήρες διαθέτουν χειροκίνητες και αυτόματες επιλογές για τη ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και για τη ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού όταν δεν είναι αντιληπτή η παρουσία ατόμου στο χώρο.

Σε γενικές γραμμές οι συγκεκριμένοι αισθητήρες έχουν τις εξής τρεις ρυθμίσεις:

- αυτόματης ή χειροκίνητης έναυσης,

- αυτόματης ή χειροκίνητης σβέσης,
- χρόνου αναμονής.

Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με το συνδυασμό χειροκίνητης έναυσης και αυτόματης σβέσης.

Οι αισθητήρες παρουσίας - κίνησης παρέχουν έλεγχο των φωτιστικών σε τοπικό επίπεδο, σε συνάρτηση με την παρουσία ή την απουσία των χρηστών ενός χώρου. Η παρουσία γίνεται αισθητή με ηχητικά ή υπερηχητικά σήματα, υπέρυθρη ακτινοβολία, ή οπτικά μέσα. Αυτές οι συσκευές ενεργοποιούν τον φωτισμό, καθώς και όποιο άλλο σύστημα ελέγχουν, μόλις κάποιος χρήστης εισέλθει στον χώρο. Αντίστοιχα, απενεργοποιούν το σύστημα σε κάποια προκαθορισμένη χρονική στιγμή μετά την αποχώρηση του χρήστη.

Ο αισθητήρας υπέρυθρης ακτινοβολίας (PIR sensor) ανιχνεύει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπουν οι άνθρωποι. Για το λόγο αυτό, ο αισθητήρας θα πρέπει να έχει οπτική επαφή με το χρήστη του χώρου. Χάρη στον ειδικό φακό στο μπροστινό τους μέρος, οι αισθητήρες PIR δημιουργούν κωνικές ζώνες θερμικής αναγνώρισης. Με αυτόν τον τρόπο, όταν μια πηγή θερμότητας περάσει από τη μια ζώνη στην άλλη, ανιχνεύεται η κίνησή της.

Ο αισθητήρας υπερήχων (Ultrasonic sensor) εκπέμπει ένα σήμα υψηλής συχνότητας και αντιλαμβάνεται τη συχνότητα των ανακλώμενων κυμάτων. Η οπτική επαφή με το χρήστη του χώρου δεν είναι απαραίτητη. Οι αισθητήρες υπερήχων παρέχουν συνεχή κάλυψη του χώρου, χωρίς κενά ή τυφλά σημεία.

Βασικό μειονέκτημα των αισθητήρων υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι η μειωμένη ευαισθησία τους στην κάθετη κίνηση του ανθρώπου καθώς και η ανίχνευση κίνησης μακριά από τον αισθητήρα. Οι αισθητήρες υπερήχων, παρά το γεγονός ότι είναι ακριβότεροι, παρέχουν μεγαλύτερη κάλυψη και ευαισθησία. Ωστόσο, μπορεί να διεγερθούν εσφαλμένα εξαιτίας της ροής αέρα από συστήματα κλιματισμού, εξαερισμού ή από παράθυρα.

Οι αισθητήρες παρουσίας συνήθως επιτρέπουν τη ρύθμιση της ευαισθησίας τους στην ανίχνευση κίνησης καθώς και τη ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού. Είναι σημαντικό να υπάρχει κάποια χρονική υστέρηση στο σύστημα, ώστε τυχόν ακινησία του χρήστη να μην οδηγήσει σε εσφαλμένη σβέση του συστήματος φωτισμού.

Ο μελετητής, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της εγκατάστασης, θα πρέπει να δώσει ιδιαίτερη σημασία στην τοποθέτηση των αισθητήρων παρουσίας, ώστε αυτοί να ανιχνεύουν τις κινήσεις σε όλες τις περιοχές εργασίας ενός χώρου. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να μεριμνήσει ώστε οι αισθητήρες να μην επηρεάζονται από την κίνηση ατόμων εκτός του χώρου που ελέγχουν. Επιπλέον, θα πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα η χρονική καθυστέρηση για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται παρουσία στον χώρο. Με αυτόν τον τρόπο παρατείνεται η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, οι οποίοι είναι ευαίσθητοι και φθείρονται από τις συχνές ενεργοποιήσεις και απενεργοποιήσεις τους. Τέλος, θα πρέπει να δοθεί στους χρήστες η δυνατότητα να παρακάμπτουν τη λειτουργία των αισθητήρων παρουσίας, στην περίπτωση που αυτοί προκαλούν όχληση ή δυσχεραίνουν τις εργασίες τους.

2.6 Κριτήρια επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

Τα κριτήρια αξιολόγησης των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας αφορούν τα ενεργειακά, τεχνικά, λειτουργικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά και χρηματοδοτικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων κτιρίων.

2.6.1 Ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια

Τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια που θα πρέπει να εξετάζονται για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα περιλαμβάνουν:

- Την ετήσια ποσότητα εξοικονομούμενων καυσίμων (εκφρασμένη σε φυσικές ποσότητες και σε ισοδύναμη θερμότητα).
- Την ετήσια ποσότητα εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας (εκφρασμένη σε kWh).
- Το ετήσιο οικονομικό όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Την εξομάλυνση της μηνιαίας ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος, εκφραζόμενη ως μείωση του συντελεστή ηλεκτρικού φορτίου, όπως επίσης και τα ετήσια οικονομικά οφέλη από την εξομάλυνση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα παραπάνω οικονομικά οφέλη συνδέονται στενά με τα τιμολόγια ενέργειας και τις διακυμάνσεις των σχετικών τιμών. Επομένως, όλα τα ενεργειακά κριτήρια θα πρέπει να εκφράζονται τόσο σε ενεργειακές όσο και σε οικονομικές μονάδες.

2.6.2 Τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια

Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης αυτού του είδους περιλαμβάνουν:

- Την αξιοπιστία λειτουργίας.
- Την τεχνολογική στάθμη και ετοιμότητα του δικτύου τεχνικής υποστήριξης σε τοπικό επίπεδο.
- Τη διαθεσιμότητα λειτουργίας σε ετήσια βάση. Αξιολογούνται οι παρεχόμενες εγγυήσεις για τον ελάχιστο αριθμό ωρών λειτουργίας ετησίως, καθώς και το πρόγραμμα της συντήρησης και των διακοπών λειτουργίας.
- Τις δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης, συγκριτικά με τις αντίστοιχες δαπάνες πριν τη λήψη του μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας.
- Το χρόνο προσαρμογής και πλήρους απόδοσης του μέτρου. Αξιολογούνται επίσης οι απαιτήσεις για εκπαίδευση του προσωπικού.

2.6.3 Οικονομικά και χρηματοδοτικά κριτήρια

Τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν τα συνήθη κριτήρια για την οριοθέτηση του έργου της ενεργειακής επιθεώρησης και την αξιολόγηση των επιμέρους επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Το ύψος των απαιτούμενων κεφαλαίων για την κάλυψη των δαπανών υλοποίησης του μέτρου.
- Την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Αξιολογείται το ετήσιο όφελος ως προς τη δαπάνη υλοποίησης του μέτρου. Το ετήσιο όφελος περιλαμβάνει τα καθαρά οφέλη από τη μειωμένη χρήση ενέργειας, αλλά και τα οφέλη (ή την επιβάρυνση) από τις ενδεχόμενες μεταβολές των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης.
- Το ύψος της χρηματοδότησης από τρίτους. Αξιολογείται η δυνατότητα τυχόν χρηματικής υποστήριξης η οποία είναι δυνατόν να διατίθεται από αντίστοιχα εθνικά ή/και κλαδικά προγράμματα. Επιπλέον, αξιολογείται η δυνατότητα συνεισφοράς άλλου επιχειρηματικού κεφαλαίου στη χρηματοδότηση του μέτρου (ή χρηματοδότηση από τρίτους).

Στις περισσότερες εφαρμογές και επεμβάσεις, απαιτούνται αρχικές επενδύσεις για την υλοποίηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτά τα αρχικά κόστη πρέπει γενικά να δικαιολογηθούν μέσω της μείωσης των λειτουργικών εξόδων (που οφείλονται σε μείωση του κόστους της ενέργειας). Επομένως, οι περισσότερες βελτιώσεις έχουν μία καθυστερημένη απόδοση στην αποδοτικότητα των ενεργειακών συστημάτων, δηλαδή τα έξοδα γίνονται στην αρχή της επέμβασης ενώ τα οφέλη προκύπτουν αργότερα.

2.6.4 Περίοδος Αποπληρωμής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ο κύριος δείκτης οικονομικής αξιολόγησης των επεμβάσεων που θα προταθούν και θα μελετηθούν είναι η Περίοδος Αποπληρωμής (ΠΑ). Η Περίοδος Αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης.

Μία επιχειρησιακή μονάδα θεωρείται οικονομικά βιώσιμη εάν η τιμή της Περιόδου Αποπληρωμής ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς το χρόνο αποπληρωμής. Πρακτικά, εάν η ΠΑ είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου, τότε το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο.

2.6.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος και αξιολόγηση της αβεβαιότητας που συνδέεται με την εκτίμηση της αποδοτικότητας της επένδυσης. Στην ανάλυση γίνεται η υπόθεση ότι οι τιμές παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν είναι δεδομένες. Πρακτικά όμως, η οικονομική ανάλυση πρέπει να συνοδεύεται από μια ανάλυση αβεβαιότητας.

Η διαδικασία με την οποία προσδιορίζεται η ευαισθησία ενός οικονομικού κριτηρίου ως προς τις πιθανές μεταβολές των τιμών των παραμέτρων που το ορίζουν ονομάζεται Ανάλυση Ευαισθησίας. Αποτελεί τη διαδικασία προσδιορισμού της μέγιστης μεταβολής μιας παραμέτρου ώστε η επιλεγόμενη πρόταση να παραμένει πιο συμφέρουσα από τις υπόλοιπες. Στόχος της Ανάλυσης Ευαισθησίας είναι η μείωση της ποσότητας πληροφοριών που απαιτούνται σχετικά με τη λήψη μιας επενδυτικής απόφασης. Έτσι, αντί για την εκτίμηση μιας συγκεκριμένης τιμής της υπό διερεύνηση παραμέτρου της

οικονομικής ανάλυσης, αρκεί η εκτίμηση ενός διαστήματος τιμών. Σε τελική ανάλυση, ο στόχος της «Ανάλυση ευαισθησίας» είναι η διερεύνηση των αβεβαιοτήτων/ρίσκων που μια τέτοια επένδυση από της φύση της εμπεριέχει.

Η ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis), η οποία αποτελεί ένα εργαλείο για τον προσδιορισμό του κατά πόσο ευαίσθητες είναι οι προσδοκώμενες ταμειακές ροές σε αλλαγές των παραμέτρων από τις οποίες εξαρτώνται. Η τεχνική αυτή βοηθά στον εντοπισμό εκείνων των επενδυτικών σχεδίων για τα οποία μικρές αποκλίσεις των παραμέτρων οδηγούν σε μεγάλες διακυμάνσεις στον βαθμό απόδοσης του επενδυμένου κεφαλαίου. Παρ' όλο όμως που η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί δημοφιλή μέθοδο ανάμεσα στις επιχειρήσεις για την αξιολόγηση του ενδεχόμενου κινδύνου, έχει το σημαντικό μειονέκτημα ότι εντοπίζει τις επιπτώσεις που επιφέρει η αλλαγή μιας μόνο παραμέτρου του σχεδίου, ενώ οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές, γεγονός που είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες.

Κεφάλαιο 3: Μελέτη παραμέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς σε ξενοδοχειακές μονάδες

3.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Ο ξενοδοχειακός τομέας στην Ελλάδα ανήκει στον ελληνικό τουρισμό, ο οποίος αποτελεί το μεγαλύτερο κεφάλαιο της εθνικής οικονομίας.

Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 471, οι κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται τα ξενοδοχειακά καταλύματα ανάλογα με τη λειτουργική τους μορφή είναι οι εξής:

- Παραδοσιακά ή διατηρητέα κτίρια.
- Ξενοδοχεία κλασσικού τύπου 5, 4 και 3 αστέρων.
- Ξενοδοχεία τύπου motel 4 και 3 αστέρων.
- Ξενοδοχεία τύπου επιπλωμένων διαμερισμάτων 5, 4 και 3 αστέρων.
- Τουριστικές επιπλωμένες επαύλεις και τουριστικές επιπλωμένες κατοικίες.
- Ενοικιαζόμενα δωμάτια 4 κλειδιών.
- Ενοικιαζόμενα επιπλωμένα διαμερίσματα 4 κλειδιών.

Επιπρόσθετα στην παραπάνω κατηγοριοποίηση τα ξενοδοχεία κατατάσσονται με βάση την αρτιότητα των εγκαταστάσεων, το μέγεθος των κοινόχρηστων χώρων, τον αριθμό των κλινών, τα είδη των παρεχόμενων υπηρεσιών κλπ. Η κατάταξη αυτή περιλαμβάνει πέντε κατηγορίες αστεριών, από ένα αστέρι μέχρι πέντε αστέρια.

Ένας επιπλέον διαχωρισμός γίνεται και με βάση το χρόνο λειτουργίας των ξενοδοχείων. Επομένως, υπάρχουν ξενοδοχεία ετήσιας λειτουργίας, τα οποία είναι συνήθως μεγάλες μονάδες σε αστικές περιοχές, και περιοδικής λειτουργίας, συνήθως παραθαλάσσιες μονάδες 2 ή 3 αστεριών, που λειτουργούν μόνο κατά τη θερινή περίοδο. Διαχωρισμός των ξενοδοχείων μπορεί να υπάρξει και με κριτήριο το μέγεθός τους. Μικρού μεγέθους μονάδες θεωρούνται αυτές με δυναμικότητα ως 100 κλίνες, μεσαίου μεγέθους από 101 ως 300 κλίνες και μεγάλου μεγέθους από 301 κλίνες και πάνω.

Τέλος, στην Ελλάδα υπάρχουν και τέσσερις κατηγορίες ξενοδοχείων με βάση την τοποθεσία. Επομένως, υπάρχουν ξενοδοχεία αστικού, ημιαστικού, παραθαλάσσιου και ορεινού τύπου.

Η κατανάλωση ενέργειας στα ξενοδοχεία είναι από τις υψηλότερες στον τομέα των μη οικιστικών κτιρίων. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα απαιτούμενα επίπεδα άνεσης και πολυτέλειας επιβάλλουν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την επίτευξή τους. Αυτόματα καταδεικνύεται η ανάγκη για λήψη μέτρων στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας στον ξενοδοχειακών μονάδων.

Οι διάφοροι τομείς στους οποίους καταναλίσκεται το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας μεταβάλλονται τόσο για το ίδιο ξενοδοχείο, ανάλογα με την εποχή και την πληρότητα, όσο και για διαφορετικές ξενοδοχειακές μονάδες. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η μελέτη κάθε ξενοδοχειακής μονάδας ξεχωριστά.

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται δύο κτίρια ξενοδοχείων. Θα πραγματοποιηθεί αναλυτική ενεργειακή μελέτη για κάθε ξενοδοχείο, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το ενεργειακό τους προφίλ. Στη συνέχεια, θα εξεταστούν επενδύσεις ενεργειακής βελτίωσης στους τομείς της θερμομόνωσης, της σκίασης, της αντιστάθμισης, ηλιακών συλλεκτών και φωτισμού. Για τις παραμέτρους αυτές θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας ως προς την επίπτωσή τους στην αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου.

3.2 Μελέτη Ξενοδοχείου στην Καλλιθέα

3.2.1 Περιγραφή κτιρίου

Το πρώτο ξενοδοχείο που εξετάζεται βρίσκεται στην Καλλιθέα Αττικής. Η πολεοδομική του άδεια εκδόθηκε το 2010 και το έτος κατασκευής του είναι το 2012. Πρόκειται για ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας.

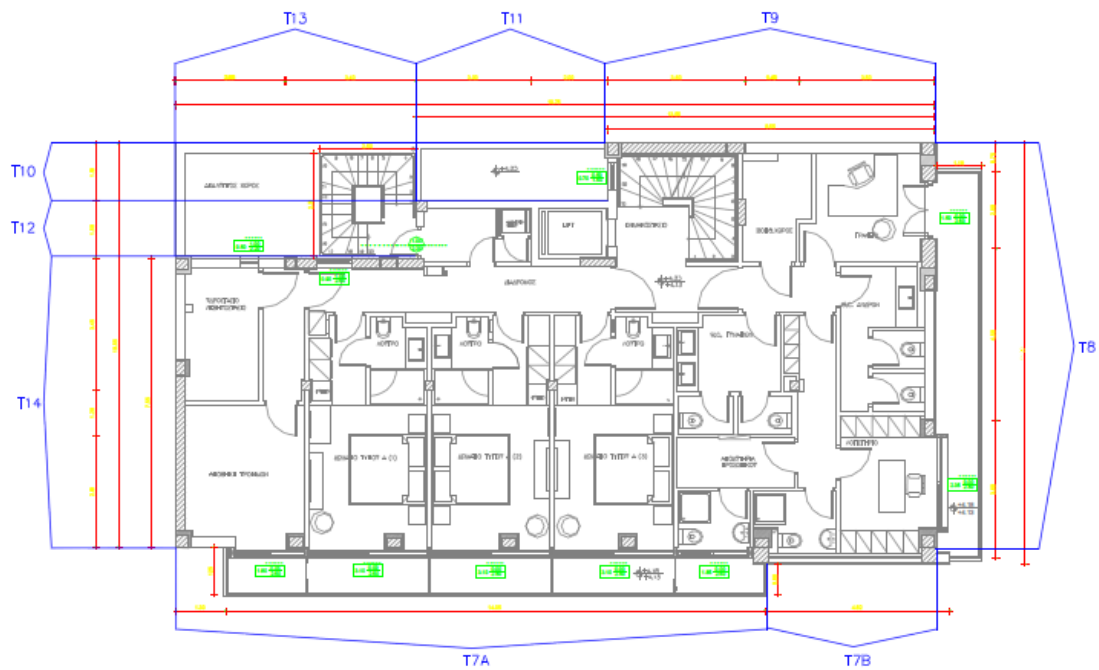
Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του ξενοδοχείου.



Εικόνα 3.1: Όψη Α κτιρίου



Εικόνα 3.2: Όψη Β κτιρίου



Εικόνα 3.3: Κάτοψη τυπικού ορόφου κτιρίου

Το ξενοδοχείο αποτελείται από: ισόγειο, α' όροφο, β' όροφο, γ' όροφο, δ' όροφο, ε' όροφο και δώμα. Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 1.180 m² και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 3.348 m³.

3.2.1.1 Προφίλ κτιρίου

Το υπό μελέτη ξενοδοχείο διαθέτει οχτώ εξώπορτες/εισόδους. Το δάπεδό του είναι σε επαφή με το έδαφος. Οι υπόλοιπες αδιαφανείς επιφάνειες είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά 57 κουφώματα, από τα οποία τα 16 είναι μη ανοιγόμενα και τα υπόλοιπα είναι ανοιγόμενα κουφώματα.

Η ωριαία διείσδυση του αέρα από τα υπάρχοντα κουφώματα υπολογίζεται 1.695 m³, ενώ δεν υπάρχουν καμινάδες ή θυρίδες εξαερισμού.

Οι επιφάνειες του εξωτερικού κτιριακού κελύφους υφίστανται σκίαση τόσο από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, όσο και από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

3.2.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο ξενοδοχείο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Εξετάζοντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, υπολογίζονται τέσσερις διαφορετικοί συντελεστές θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία του συγκεκριμένου ξενοδοχείου. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας όλων των αδιαφανών επιφανειών υπολογίζονται βάσει του αναλυτικού τύπου στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι αδιαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους με το συντελεστή θερμοπερατότητας του καθενός:

Πίνακας 3.1: Αδιαφανείς επιφάνειες κτιριακού κελύφους

Τοιχοποιία 1	0,615
Τοιχοποιία 2	0,627
Τοιχοποιία 3	0,638
Τοιχοποιία 4	0,643
Εξώπορτα	6
Οροφή	0,354
Δάπεδο	0,582

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή πάχους 12 χιλιοστών,
- ποσοστό πλαισίου 30%,

- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του ξενοδοχείου υπολογίζεται: 3,2 W/m²K.

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, το κτίριο κατασκευάστηκε το 2012 και διαθέτει μόνωση τοιχοποιίας. Για την κλιματική ζώνη Β στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο ξενοδοχείο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- δάπεδο σε επαφή με έδαφος: $U_{max} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.

3.2.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του υπό μελέτη ξενοδοχείου, υπάρχουν τέσσερις τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο. Οι δύο από αυτές έχουν ισχύ από 50 kW η κάθε μία και συντελεστή απόδοσης 3,91, ενώ οι άλλες δύο είναι από 63 kW η κάθε μία και συντελεστή απόδοσης 3,71. Το δίκτυο διανομής θερμού μέσου είναι ως επί το πλείστον εσωτερικό, έχει ισχύ 226 kW και βαθμό απόδοσης 0,945. Οι τερματικές μονάδες του συστήματος θέρμανσης έχουν βαθμό απόδοσης 0,958. Ως βοηθητικές μονάδες υπάρχουν συνολικά 41 ανεμιστήρες με συνολική ισχύ 3,012 kW.

Για την κάλυψη των αναγκών ψύξης του υπό μελέτη ξενοδοχείου, υπάρχουν αντίστοιχα τέσσερις τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο. Οι δύο από αυτές έχουν ισχύ από 45 kW η κάθε μία και ονομαστικό δείκτη αποδοτικότητας 3,46, ενώ οι άλλες δύο είναι από 56 kW η κάθε μία και ονομαστικό δείκτη αποδοτικότητας 3,03. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι ως επί το πλείστο εσωτερικό, έχει ισχύ 202 kW και βαθμό απόδοσης 0,945. Οι τερματικές μονάδες και οι βοηθητικές μονάδες του συστήματος ψύξης είναι ίδιες με αυτές του συστήματος θέρμανσης.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται επτά ανεμιστήρες. Η συνολική παροχή αέρα είναι 20.500 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ η συνολική ειδική ηλεκτρική ισχύς των ανεμιστήρων προσαγωγής είναι 5,696 kW/m³/s.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου είναι 1.810,4 m³. Το συγκεκριμένο κτίριο διαθέτει διατάξεις αυτόματου ελέγχου Ζεστού Νερού Χρήσης. Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου, υπάρχει λέβητας φυσικού αερίου ισχύος 190 kW και με βαθμό απόδοσης 0,66. Το δίκτυο διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης είναι εσωτερικό, με ανακυκλοφορία και με βαθμό απόδοσης 0,879. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει boiler με βαθμό απόδοσης 0,93, ενώ ως βοηθητικές μονάδες υπάρχουν 3 κυκλοφορητές ισχύος 0,2 kW ο καθένας.

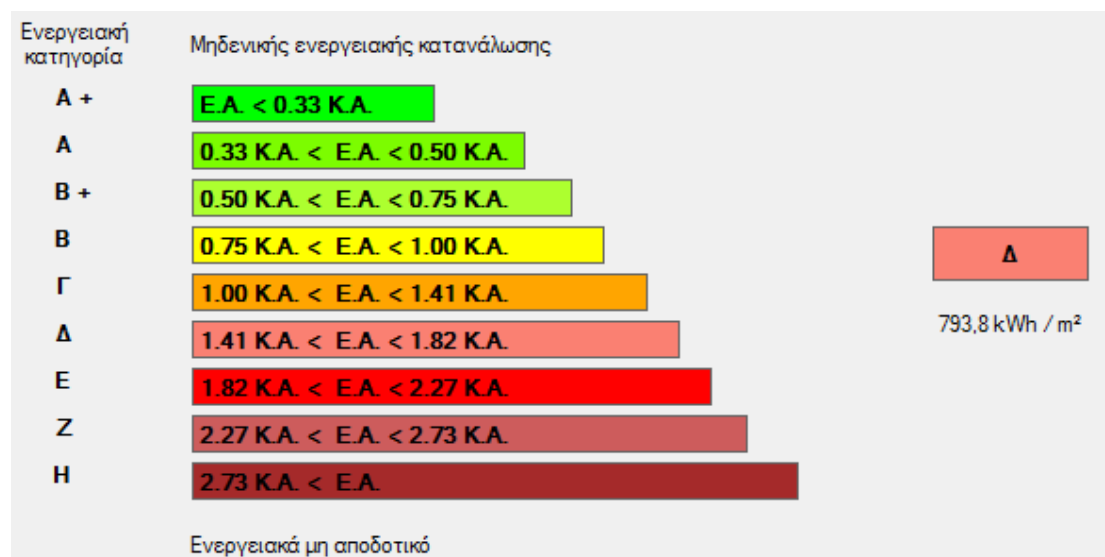
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου ξενοδοχείου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 26 kW. Υπάρχουν επίσης φωτισμός ασφαλείας και φωτισμός εφεδρείας. Παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί το 50% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

3.2.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου ξενοδοχείου πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²):

Πίνακας 3.2: Πρωτογενής ενέργεια ξενοδοχείου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	34,8	126,7
Ψύξη	158,9	116,7
ZNX	60,5	86,4
Φωτισμός	212,0	464,0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	466,2	793,8



Εικόνα 3.4: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα TEE-KENAK, το υπό μελέτη ξενοδοχείο κατατάσσεται στην κατηγορία Δ. Επομένως κρίνεται ενεργειακά μη αποδοτικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δικαιολογείται από το γεγονός ότι υπάρχει αξιοσημείωτα μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες θέρμανσης

(υπερτριπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη του κτιρίου αναφοράς) και τις ανάγκες φωτισμού (υπερδιπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη του κτιρίου αναφοράς). Αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου παρατηρείται για την κάλυψη αναγκών Ζεστού Νερού Χρήσης, ενώ μειωμένη είναι η ηλεκτρική κατανάλωση για την κάλυψη αναγκών ψύξης.

3.2.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Δεδομένου ότι το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά μη αποδοτικό, οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψη τόσο ο Πίνακας 3.2, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, στην παραγωγή ΖΝΧ με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

3.2.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις τιμές του Πίνακα 3.1 με τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές που αναφέρονται στην ενότητα 3.2.1.2, παρατηρείται ότι όλες οι εξωτερικές τοιχοποιίες έχουν συντελεστή θεροπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου, σε αντίθεση με την οροφή και το δάπεδο, οι συντελεστές θεροπερατότητας των οποίων βρίσκονται εντός των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ορίων.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19$ W/mK. Το επιλεγμένο υλικό παρέχει υψηλή αρχική και τελική αντοχή συγκόλλησης, ελαστικότητα και αντοχή στην υγρασία. Έχει μηδενική ολίσθηση και μεγάλο ανοιχτό χρόνο επικόλλησης. Είναι κατάλληλη για την επικόλληση των θερμομονωτικών πλακών πολυστερίνης στις εξωτερικές όψεις των κτιρίων.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032$ W/mK. Η διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene EPS) αποτελείται από κόκκους πολυστυριλίου (κυψελίδες), οι οποίοι είναι θερμοπλαστικοί. Οι κυψελίδες διογκώνονται και ενώνονται με θέρμανση και πίεση υδρατμών, αφήνοντας μικρά κενά μεταξύ του. Με αυτόν τον τρόπο, αποκτούν τριχοειδή και ανοιχτή κυψελωτή δομή.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87$ W/mK.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 3.3: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,02	0,032	0,625
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		0,659

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι 0,659 m²K/W. Για να μην ξεχαστούν ξεχωριστά όλα τα είδη τοιχοποιίας του υπό μελέτη κτιρίου, επιλέγεται να εξεταστεί ως προς τη συμμόρφωσή του ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας 4 (μεγαλύτερος συντελεστής θερμοπερατότητας). Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν, η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 0,659 + 1,386 = 2,045 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 2,045) \Leftrightarrow U = 0,452 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας 4 είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο. Επομένως, αντίστοιχα όλες οι τοιχοποιίες του εξεταζόμενου κτιρίου καλύπτουν με αυτή τη θερμομόνωση τις απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 40 €/m².

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεχθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας:

Πίνακας 3.4: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: $0,352 \text{ W/m}^2\text{K}$

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 3.5: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: $0,289 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.6: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
► Θέρμανση	34,8	126,7	126,1	125,8	125,6
Ψύξη	158,9	116,7	116,5	116,4	116,4
ZNX	60,5	86,4	86,4	86,4	86,4
Φωτισμός	212,0	464,0	464,0	464,0	464,0
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	466,2	793,8	793,1	792,7	792,4
Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.7: Οικονομοτεχνική ανάλυση

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
► Λειτουργικό κόστος (€)	24.546,6	42.034,5	41.974,8	41.940,5	41.919,2
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			23.824,0	26.802,0	29.780,0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			0,8	1,2	1,4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,1	0,1	0,2
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			26,7	19,7	17,7
Μείωση εκπομπών CO2 (Kg/m ²)			0,1	0,2	0,3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			398,8	285,0	258,1

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, καθώς δεν υπάρχει πρακτικά περίοδος αποπληρωμής.

3.2.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι περισσότερες επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δέχονται σκιάσεις από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παρ' όλα αυτά, η σκίαση αυτή δεν κρίνεται ικανοποιητική.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.8: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	34,8	126,7	127,5	127,5
	Ψύξη	158,9	116,7	110,8	113,3
	ZNX	60,5	86,4	86,4	86,4
	Φωτισμός	212,0	464,0	464,0	464,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	466,2	793,8	788,7	791,2
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.9: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Λειτουργικό κόστος (€)	24.546,6	42.034,5	41.614,3	41.817,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			6.807,8	4.084,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			5,2	2,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,6	0,3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,1	1,3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1,0	0,5
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			16,2	18,8

Παρατηρείται ότι και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται «ουδέτερη».

3.2.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο ξενοδοχείο, διαπιστώθηκε υπερβολική χρήση αυτών των κλιματιστικών σωμάτων, καθ' όλες τις ώρες της ημέρας, ακόμα και αν δεν υπήρχε φυσική παρουσία στο χώρο.

Ένα κλιματιστικό σταθερών στροφών σταματά τη λειτουργία της εξωτερικής μονάδας όταν επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στον κλιματιζόμενο χώρο. Με τη μεταβολή της θερμοκρασίας πέρα από κάποιο όριο, η εξωτερική μονάδα ξεκινά και πάλι. Αυτές οι διαρκείς επανεκκινήσεις της εξωτερικής μονάδας, απαιτούν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που αυξάνει σημαντικά το κόστος χρήσης ενός τέτοιου κλιματιστικού.

Αντίθετα, σε ένα κλιματιστικό τεχνολογίας inverter, η εξωτερική μονάδα ξεκινά αλλά δεν σταματά τη λειτουργία της. Ρυθμίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις για την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στον κλιματιζόμενο χώρο, οι στροφές λειτουργίας της εξωτερικής μονάδας. Όταν επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία, η εξωτερική μονάδα λειτουργεί ελάχιστα για να συντηρήσει την θερμοκρασία. Έτσι, αποφεύγονται οι συνεχόμενες ενεργοβόρες επανεκκινήσεις και επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας. Η τεχνολογία inverter παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής τεχνολογίας σταθερών στροφών, όπως χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, αποδοτικότερη και ποιοτικότερη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου και επομένως χαμηλότερη κατανάλωση.

Προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπαρχόντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας φυσικού αερίου με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,5 και EER=4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας φυσικού αερίου υπολογίζεται: 15.800 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες αντλίες θερμότητας με νέες με τεχνολογία inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες

αντλίες θερμότητας φυσικού αερίου, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θα έχουν COP=5 και EER=4,5 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 19.500 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=5,4 και EER=4,92 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 22.300 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.10: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	34,8	126,7	122,6	120,4	118,9
	Ψύξη	158,9	116,7	108,4	104,5	101,8
	ZHX	60,5	86,4	86,4	86,4	86,4
	Φωτισμός	212,0	464,0	464,0	464,0	464,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	466,2	793,8	781,4	775,3	771,1
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.11: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	24.546,6	42.034,5	41.022,5	40.522,1	40.183,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			15.800,0	19.500,0	22.300,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			12,4	18,5	22,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,6	2,3	2,9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,1	0,9	0,8
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,3	3,5	4,2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			15,6	12,9	12,0

Παρατηρείται ότι και για τα τρία σενάρια αντιστάθμισης, οι επενδύσεις κρίνονται από «ουδέτερες» έως ελκυστικές.

3.2.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου καλύπτονται με λέβητα φυσικού αερίου με ιδιαίτερα χαμηλό βαθμό απόδοσης. Στο εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη το γεγονός ότι το δώμα του εξεταζόμενου κτιρίου παραμένει ανεκμετάλλευτο, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγονται

να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Ο επίπεδος επιλεκτικός συλλέκτης είναι επίπεδος συλλέκτης, που χρησιμοποιεί απορροφητή επιλεκτικής επιφάνειας αντί της απλής μαύρης. Η μαύρη βαφή έχει αντικατασταθεί από υλικό υψηλής απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας (περίπου 95%) και μικρής εκπομπής ακτινοβολίας (περίπου 5%). Με τη χρήση επιλεκτικού απορροφητή, επιτυγχάνονται μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης και υψηλότερες θερμοκρασίες νερού.

Το ποσοστό αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο συλλέκτη που μετατρέπεται σε θερμική και αξιοποιείται τελικά για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ή για τη θέρμανση χώρων. Με άλλα λόγια, είναι η μέση ετήσια απόδοση του ηλιακού συλλέκτη.

Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται 65 μοίρες κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση 60 m² επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών. Από τον Πίνακα 5.9 της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010, ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιλεγμένων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προκύπτει: 0,344.

Το συνολικό κόστος τοποθέτησης των επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται: 13.800 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν ηλιακοί επίπεδοι συλλέκτες επιλεκτικής τεχνολογίας, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,334) και τέλος επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες κενού (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,355). Για καλύτερη σύγκριση, θεωρείται ότι οι ηλιακοί συλλέκτες που τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια έχουν το ίδιο συνολικό εμβαδόν.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.12: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	34,8	126,7	126,7	126,7	126,7
	Ψύξη	158,9	116,7	116,7	116,7	116,7
	ZNX	60,5	86,4	45,1	46,4	43,8
	Φωτισμός	212,0	464,0	464,0	464,0	464,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	466,2	793,8	752,5	753,7	751,2
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το

ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.13: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶ Λειτουργικό κόστος (€)		24.546,6	42.034,5	39.000,6	39.088,8	38.903,6
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)				13.800,0	13.500,0	16.200,0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)				41,3	40,1	42,6
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)				5,2	5,0	5,4
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)				0,3	0,3	0,3
Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)				6,9	6,7	7,2
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)				4,5	4,6	5,2

Παρατηρείται ότι και για τα τρία σενάρια τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, οι επενδύσεις κρίνονται ιδιαίτερα ελκυστικές.

3.2.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, παρ' όλο που υπάρχει φυσικός φωτισμός στο 50% της συνολικής επιφάνειας, αυτός παραμένει ανεκμετάλλευτος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, οι οποίοι αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει προστατευτικό κάλυμμα, βάση στήριξης, οπτικούς φακούς, ηλεκτρονικό κύκλωμα επεξεργασίας σήματος και φωτοκύτταρο. Τα σημαντικότερα στοιχεία του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού είναι η κατανομή του φυσικού φωτισμού στον χώρο, ο αισθητήρας φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα και η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα. Για πρακτικούς λόγους και για να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβάσεις από τις δραστηριότητες που εκτελούνται στον χώρο, οι αισθητήρες φωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην οροφή.

Για να μπορέσουν οι χρήστες ενός χώρου να εκμεταλλευτούν βέλτιστα ένα σύστημα φυσικού φωτισμού, αυτό θα πρέπει να έχει ρυθμιστεί κατάλληλα μετά την εγκατάστασή του. Η ρύθμιση αυτή (commissioning) αποτελεί μία διαδικασία η οποία εξασφαλίζει ότι όλα τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος λειτουργούν σύμφωνα με τα σχέδια και τις απαιτήσεις των χρηστών του χώρου.

Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 3.000 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.14: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	34,8	126,7	126,9	127,6
	Ψύξη	158,9	116,7	116,3	115,1
	ZNX	60,5	86,4	86,4	86,4
	Φωτισμός	212,0	464,0	453,5	419,3
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	466,2	793,8	783,1	748,4
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.15: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	24.546,6	42.034,5	41.539,4	39.924,0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3.000,0	24.000,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			10,7	45,4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,3	5,7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			3,6	15,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			6,1	11,4

Παρατηρείται ότι και για τα δύο σενάρια εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, οι επενδύσεις κρίνονται ελκυστικές.

3.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας στις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής (παρ' όλο που αυξάνεται το αρχικό κόστος). Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει αρκετά μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, έχει μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρότερη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής είναι παρόμοια και στις τρεις περιπτώσεις (μικρή διασπορά), όπως και το αντίστοιχο κόστος εγκατάστασης. Η μικρότερη περίοδος αποπληρωμής προκύπτει με την τοποθέτηση επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει και τη μισή σχεδόν περίοδο αποπληρωμής, και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης, παρ' όλο που το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

3.3 Μελέτη Ξενοδοχείου στη Ρόδο

3.3.1 Περιγραφή κτιρίου

Το δεύτερο ξενοδοχείο που εξετάζεται βρίσκεται στη Ρόδο. Επομένως, ανήκει στην κλιματική ζώνη Α. Η πολεοδομική του άδεια εκδόθηκε το 1987 και το έτος κατασκευής του είναι το 1988. Πρόκειται για ξενοδοχείο θερινής λειτουργίας.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εξωτερικές φωτογραφίες του ξενοδοχείου.



Εικόνα 3.5: Πλαϊνή όψη κτιρίου



Εικόνα 3.6: Κεντρική όψη κτιρίου

Το ξενοδοχείο αποτελείται από: υπόγειο, ισόγειο και α' όροφο. Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 2.401 m^2 και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 7.700 m^3 .

3.3.1.1 Προφίλ κτιρίου

Στο εξεταζόμενο κτίριο, μέρος της τοιχοποιίας και το δάπεδο είναι σε επαφή με το έδαφος. Οι υπόλοιπες αδιαφανείς επιφάνειες είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά 74 ανοιγόμενα κουφώματα.

Η ωριαία διείσδυση του αέρα από τα υπάρχοντα κουφώματα υπολογίζεται 2.350 m^3 , ενώ δεν υπάρχουν καμινάδες ή θυρίδες εξαερισμού.

Η πλειονότητα των επιφανειών του εξωτερικού κτιριακού κελύφους υφίστανται μερική ή καθόλου σκίαση τόσο από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, όσο και από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

3.3.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο κτίριο ανήκει στην κλιματική ζώνη Α.

Εξετάζοντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, υπολογίζονται δύο διαφορετικοί συντελεστές θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία του συγκεκριμένου ξενοδοχείου. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας όλων των αδιαφανών επιφανειών υπολογίζονται βάσει του αναλυτικού τύπου στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι αδιαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους με το συντελεστή θερμοπερατότητας του καθενός (η πρώτη τοιχοποιία είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον και η δεύτερη τοιχοποιία είναι σε επαφή με το έδαφος):

Πίνακας 3.16: Αδιαφανείς επιφάνειες κτιριακού κελύφους

Τοιχοποιία 1	2,5
Τοιχοποιία 2	3
Εξώπορτα	3,5
Οροφή 1	3,05
Οροφή 2	4,25
Δάπεδο	3,1

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή
- ποσοστό πλαισίου 30%
- μονό υαλοπίνακα με διάκενο

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε., ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του ξενοδοχείου υπολογίζεται: $6,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, το κτίριο κατασκευάστηκε το 1988 και δεν διαθέτει μόνωση τοιχοποιίας. Για την κλιματική ζώνη Α στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο ξενοδοχείο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θεροπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{\max} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{\max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με έδαφος: $U_{\max} = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με έδαφος: $U_{\max} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

3.3.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του υπό μελέτη ξενοδοχείου, υπάρχει λέβητας πετρελαίου με βαθμό απόδοσης 0,935. Το δίκτυο διανομής θερμού μέσου είναι ως επί το πλείστο εσωτερικό με βαθμό απόδοσης 0,95. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος θέρμανσης υπάρχουν σώματα καλοριφέρ με βαθμό απόδοσης 0,93. Ως βοηθητικές μονάδες υπάρχει ένας κυκλοφορητής ισχύος 12 kW.

Για την κάλυψη των αναγκών ψύξης του υπό μελέτη ξενοδοχείου, υπάρχουν τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Το 90% των αναγκών ψύξης καλύπτεται από τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 147,5 kW και ονομαστικό δείκτη αποδοτικότητας 2,5. Το υπόλοιπο 10% των αναγκών ψύξης καλύπτεται από τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 10,5 kW και ονομαστικό δείκτη αποδοτικότητας 2,8. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι ως επί το πλείστο εσωτερικό με βαθμό απόδοσης 1. Οι τερματικές μονάδες είναι κλιματιστικά σώματα με βαθμό απόδοσης 0,93.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου, η συνολική παροχή αέρα είναι $7.203 \text{ m}^3/\text{h}$, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ η συνολική ειδική ηλεκτρική ισχύς των ανεμιστήρων προσαγωγής είναι $1 \text{ kW/m}^3/\text{s}$.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου είναι 1.972 m^3 . Το συγκεκριμένο κτίριο διαθέτει διατάξεις αυτόματου ελέγχου Ζεστού Νερού Χρήσης. Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου, υπάρχει λέβητας πετρελαίου ισχύος 85 kW και με βαθμό απόδοσης 0,82. Το δίκτυο διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης είναι εσωτερικό, χωρίς ανακυκλοφορία και με βαθμό απόδοσης 0,85. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει boiler με βαθμό απόδοσης 0,93, ενώ ως βοηθητικές μονάδες υπάρχει 1 κυκλοφορητής ισχύος 1,2 kW.

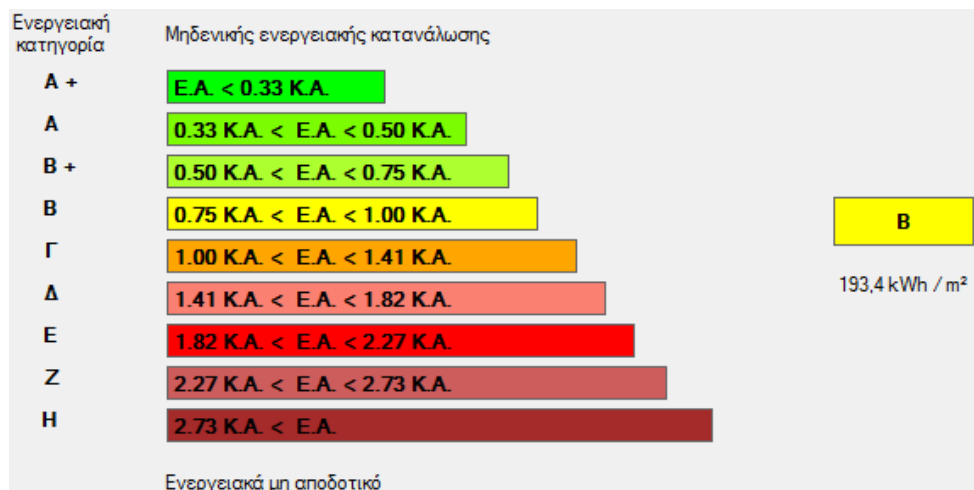
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου ξενοδοχείου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 17 kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί το 40% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

3.3.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου ξενοδοχείου πραγματοποιείται στο λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²):

Πίνακας 3.17: πρωτογενής ενέργεια ξενοδοχείου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	5,3	6,5
Ψύξη	63,9	78,7
ΖΝΧ	15	21,6
Φωτισμός	130,9	86,6
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	215,1	193,4



Εικόνα 3.7: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το υπό μελέτη ξενοδοχείο κατατάσσεται στην κατηγορία Β. Επομένως, κρίνεται ενεργειακά αποδοτικό. Συγκεκριμένα, οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης είναι αυξημένες κατά 20% περίπου σε σχέση με τις αντίστοιχες του κτιρίου αναφοράς, και αυξημένες κατά 20% περίπου αναφορικά με την κάλυψη αναγκών για Ζεστό Νερό Χρήσης. Ταυτόχρονα, η ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου για τον εγκατεστημένο φωτισμό είναι κατά ένα τρίτο μειωμένη σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

3.3.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Παρ' όλο που το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά αποδοτικό, υπάρχουν περιθώρια επεμβάσεων. Για να προταθούν και να εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς

όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο ο Πίνακας 3.13, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, στην παραγωγή ΖΝΧ με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

3.3.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις τιμές του Πίνακα 3.12 με τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές που αναφέρονται στην ενότητα 3.3.1.4, παρατηρείται ότι όλα τα μέρη του υπό μελέτη κτιριακού κελύφους (εξωτερικές τοιχοποιίες, οροφή και δάπεδο) έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας πολύ μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα ήταν αναμενόμενο, καθώς, παρ' όλο που το κτίριο κατασκευάστηκε μετά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, τα δομικά του στοιχεία είναι όλα αμόνωτα.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας η οποία βρίσκεται σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87 \text{ W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 3.18: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $1,284 \text{ m}^2\text{K/W}$. Η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 1,284 + 0,23 = 1,514 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13+0,04+1,514) \Leftrightarrow U = 0,594 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της μονωμένης πλέον τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, άρα καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 45 €/m².

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 3.19: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,433 W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 8 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 3.20: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 8 εκατοστών

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,08	0,032	2,5
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		2,534

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,341 W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.21: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	5,3	6,5	5,8	5,7	5,7
	Ψύξη	63,9	78,7	75,1	74,8	74,6
	ZNX	15,0	21,6	21,6	21,6	21,6
	Φωτισμός	130,9	86,6	86,6	86,6	86,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	215,1	193,4	189,1	188,7	188,6
	Κατάταξη	-	B	B	B	B

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα, τονίζεται ότι η προσθήκη μεγαλύτερου πάχους θερμομόνωσης αποφέρει ελάχιστη μείωση στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία B, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.22: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	21.637,2	20.423,7	19.945,6	19.909,9	19.889,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			66.280,1	70.718,0	76.375,4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			4,3	4,7	4,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			2,2	2,4	2,5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			6,4	6,3	6,6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1,4	1,5	1,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			138,6	137,6	143,0

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, καθώς η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων είναι αρκετά μικρή, ενώ ταυτόχρονα το αρχικό κόστος αρκετά μεγάλο. Επομένως, πρακτικά οι επενδύσεις δεν αποσβένονται.

3.3.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι περισσότερες επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δέχονται σκιάσεις από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παρ' όλα αυτά, η σκίαση αυτή δεν κρίνεται ικανοποιητική.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 3.23: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	5,3	6,5	6,6	6,6
	Ψύξη	63,9	78,7	70,2	74,5
	ZHX	15,0	21,6	21,6	21,6
	Φωτισμός	130,9	86,6	86,6	86,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	215,1	193,4	185,0	189,3
	Κατάταξη	-	B	B	B

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια σκίασης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Β, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.24: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	21.637,2	20.423,7	19.646,1	20.048,0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			6.350,0	3.810,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			8,4	4,1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4,3	2,1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,3	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,9	1,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8,2	10,1

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα και ελκυστική.

3.3.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω λέβητα πετρελαίου και οι ανάγκες ψύξης του ικανοποιούνται μέσω

τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. δεδομένου ότι το ξενοδοχείο είναι θερινής και όχι ετήσιας λειτουργίας, επιλέγεται να εξεταστεί η αντιστάθμιση στο σύστημα ψύξης.

Στο υπό μελέτη ξενοδοχείο, τα τοπικά κλιματιστικά σώματα είναι παλιάς τεχνολογίας και με πολύ χαμηλό βαθμό απόδοσης. Ταυτόχρονα, αρκετές φορές γίνεται εκτεταμένη χρήση τους, ανεξάρτητα από το αν υπάρχει φυσική παρουσία στον κλιματιζόμενο ή θερμαινόμενο χώρο. Λαμβάνοντας υπ' όψη επιπλέον το γεγονός ότι οι εγκατεστημένες τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας είναι σταθερών στροφών, συμπεραίνεται ότι το κόστος χρήσης τους είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπάρχοντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,6.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 12.500 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες με τεχνολογία inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, τα νέα κλιματιστικά σώματα θα έχουν EER=4 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 17.000 €. Στο επόμενο σενάριο τα νέα κλιματιστικά θα έχουν EER=4,5 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 20.500 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.25: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5
	Ψύξη	63,9	78,7	52,8	48,4	44,0
	ZNX	15,0	21,6	21,6	21,6	21,6
	Φωτισμός	130,9	86,6	86,6	86,6	86,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	215,1	193,4	167,5	163,1	158,7
	Κατάταξη	-	B	B	B	B+

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια αντιστάθμισης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα, η τρίτη επένδυση οδηγεί και σε αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου (B+ από B).

Πίνακας 3.26: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	21.637,2	20.423,7	18.001,0	17.585,5	17.169,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			12.500,0	17.000,0	20.000,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			25,9	30,3	34,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			13,4	15,7	18,0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			8,8	10,4	11,9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5,2	6,0	6,1

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική.

3.3.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου καλύπτονται με λέβητα πετρελαίου με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης. Στο εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη το γεγονός ότι το δώμα του εξεταζόμενου κτιρίου παραμένει ανεκμετάλλευτο, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή.

Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται 65 μοίρες κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση 50 m² επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών. Από τον πίνακα 5.9 της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010, ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιλεγμένων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προκύπτει: 0,336.

Το συνολικό κόστος τοποθέτησης των επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται: 11.500 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν ηλιακοί επίπεδοι συλλέκτες επιλεκτικής τεχνολογίας, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,326) και τέλος επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες κενού (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,352). Για καλύτερη σύγκριση, θεωρείται ότι οι ηλιακοί συλλέκτες που τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια έχουν το ίδιο συνολικό εμβαδόν.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.27: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5
	Ψύξη	63,9	78,7	78,7	78,7	78,7
	ZNX	15,0	21,6	12,5	12,7	12,0
	Φωτισμός	130,9	86,6	86,6	86,6	86,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	215,1	193,4	184,2	184,5	183,8
	Κατάταξη	-	B	B	B	B

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Β, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.28: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	21.637,2	20.423,7	18.597,3	18.651,8	18.510,3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			11.500,0	11.250,0	13.500,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			9,2	9,0	9,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4,8	4,6	5,0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,5	0,5	0,6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,2	2,1	2,3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			6,3	6,3	7,1

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, η επένδυση κρίνεται αρκετά συμφέρουσα και ελκυστική.

3.3.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, η ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου για τον εγκατεστημένο φωτισμό είναι κατά ένα τρίτο μειωμένη σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς. Παρ' όλα αυτά, προτείνεται η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, καθώς υπάρχει φυσικός φωτισμός στο 40% της συνολικής επιφάνειας, ο οποίος παραμένει ανεκμετάλλευτος.

Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 1.950 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 3.29: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	5,3	6,5	6,5	6,5
	Ψύξη	63,9	78,7	78,6	78,2
	ΖΝΧ	15,0	21,6	21,6	21,6
	Φωτισμός	130,9	86,6	84,9	82,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	215,1	193,4	191,5	188,7
	Κατάταξη	-	B	B	B

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το ξενοδοχείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία B, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 3.30: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	21.637,2	20.423,7	20.243,2	19.989,1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.950,0	9.550,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			1,9	4,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,0	2,4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	0,9
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,7	1,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10,8	22,0

Παρατηρείται ότι το πρώτο σενάριο εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται ελκυστική, σε αντίθεση με το δεύτερο σενάριο.

3.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται αρχικά ότι η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη και για τα τρία σενάρια. Επιπλέον, ενώ η προσθήκη στρώματος πάχους 8 εκατοστών του θερμομονωτικού υλικού οδηγεί σε χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας από τα υπόλοιπα δύο

σενάρια (πάχη 4 και 6 εκατοστά), η διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι πάρα πολύ μικρή. Ταυτόχρονα, το αρχικό κόστος αυξάνεται δυσανάλογα. Επομένως, προκύπτει περίοδος αποπληρωμής μεγαλύτερη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει αρκετά μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, έχει μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρότερη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μεγαλύτερη, παρά τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας που επιτυγχάνεται, δεδομένου του αυξημένου αρχικού κόστους εγκατάστασής τους. Παρ' όλα αυτά, και οι τρεις επενδύσεις είναι οικονομικά συμφέρουσες.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής των δύο πρώτων σεναρίων (επιλεκτικοί και απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες) είναι ίδια. Η τοποθέτηση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών κενού έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος και συγκριτικά μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, με μικρή όμως διαφορά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει και τη μισή περίοδο αποπληρωμής, και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, παρ' όλο που το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, κρίνεται ως μη συμφέρουσα επένδυση.

3.4 Συνολική σύγκριση Ξενοδοχείων

Στο παρόν κεφάλαιο μελετήθηκαν δύο ξενοδοχεία, τα οποία παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις υποδομές και τη λειτουργία τους, έτσι ώστε να μπορέσουν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τα ενεργειακά προφίλ των ξενοδοχείων.

Συγκεκριμένα, το πρώτο ξενοδοχείο που μελετήθηκε είναι ετήσιας λειτουργίας και νεόδμητο κτίριο, ενώ το δεύτερο ξενοδοχείο είναι θερινής λειτουργίας και παλιό κτίριο. Επιπλέον, ανήκουν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες.

Και στα δύο κτίρια πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας στα προτεινόμενα σενάρια επεμβάσεων στους εξής τομείς: εξωτερική θερμομόνωση, σκίαση μέσω περσίδων, αντιστάθμιση συστήματος θέρμανσης/ψύξης, προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και εγκατάσταση αυτοματισμού στο σύστημα φωτισμού.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις εξωτερικής θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι και στα δύο κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως μη συμφέρουσες και μη

βιώσιμες. Τονίζεται ότι ενώ το πρώτο κτίριο έχει θερμομόνωση ενώ το δεύτερο όχι, οι συντελεστές θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας (για τις οποίες μελετήθηκαν τα σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης) ήταν ανώτερες των μέγιστων επιτρεπόμενων ορίων όπως ορίζονται από τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις σκίασης με εξωτερικές περσίδες, παρατηρείται ότι και στα δύο κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως συμφέρουσες. Επιπλέον, η περίοδος αποπληρωμής των σεναρίων στο πρώτο κτίριο είναι περίπου διπλάσιες σε σχέση με τις αντίστοιχες στο δεύτερο κτίριο, καθώς στο δεύτερο κτίριο οι διαφανείς επιφάνειες κατέχουν μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με το πρώτο κτίριο, και παρουσιάζουν μεγαλύτερη έκθεση στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, παρατηρείται ότι και στα δύο κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως συμφέρουσες και ελκυστικές. Επιπλέον, η περίοδος αποπληρωμής των σεναρίων στο πρώτο κτίριο είναι από διπλάσιες έως τριπλάσιες σε σχέση με τις αντίστοιχες στο δεύτερο κτίριο, καθώς στο πρώτο κτίριο υπάρχουν τοπικές αντλίες θερμότητας με τροφοδότηση από φυσικό αέριο και καλό βαθμό απόδοσης, ενώ στο δεύτερο κτίριο υπάρχουν παλιές ενεργοβόρες τοπικές αντλίες θερμότητας, με χαμηλό βαθμό απόδοσης.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη αναγκών ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι και στα δύο κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως συμφέρουσες και ελκυστικές. Επιπλέον, και στα δύο ξενοδοχεία που εξετάστηκαν, τα τρία διαφορετικά σενάρια είχαν μικρή διασπορά ως προς την περίοδο αποπληρωμής τους.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις εγκατάστασης αυτοματισμού για την κάλυψη αναγκών φωτισμού, παρατηρείται ότι και στα δύο κτίρια η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει τη μισή περίπου περίοδο αποπληρωμής και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Στο δεύτερο ξενοδοχείο που εξετάζεται, η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης κρίνεται ως μη συμφέρουσα επένδυση.

Κεφάλαιο 4: Μελέτη παραμέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς σε κτίρια γραφείων

4.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Το σύγχρονο κτιριακό περιβάλλον είναι ένας τομέας του ανθρώπινου πολιτισμού με μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας. Ιδιαίτερα μάλιστα τα σύγχρονα κτίρια γραφείων, σαν αποτέλεσμα των υλικών και του τρόπου κατασκευής τους, παρουσιάζουν υψηλότερες καταναλώσεις από άλλα κτίρια.

Η νέα τάση στο σχεδιασμό των γραφειακών χώρων παγκοσμίως έχει εντελώς καινούργια χαρακτηριστικά, συγκρινόμενη με όσα ίσχυαν τις προηγούμενες δεκαετίες. Τα γραφεία γίνονται φιλικά προς το ανθρώπινο δυναμικό τους, με βασικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού:

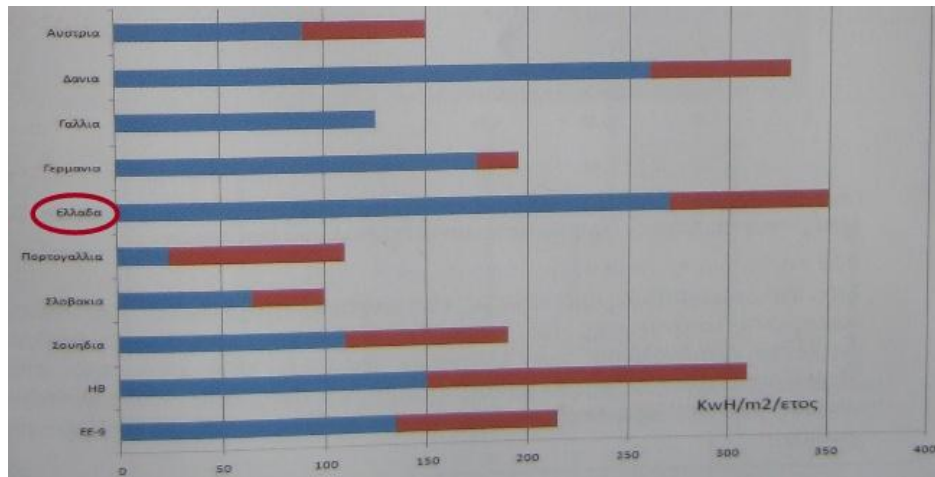
- Επαφή με φυσικό περιβάλλον: Δέντρα και φυτά στους εσωτερικούς χώρους, φυτεμένοι τοίχοι, φυσικά υλικά αλλά και πολλαπλές αναφορές στη φύση μέσω εικόνων και ιδιόρρυθμων κατασκευών, στοχεύουν στην ενίσχυση της αίσθησης επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον.
- Ποικιλία χρωμάτων: Χαρούμενοι και πολύχρωμοι χώροι που παραπέμπουν όχι στον κλασικό χώρο εργασίας.
- Χρησιμοποίηση νέων συνθετικών αλλά και διαχρονικών φυσικών υλικών: συνδυάζονται με πρωτότυπους τρόπους, δημιουργώντας πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα.
- Ευελιξία και ελευθερία κινήσεων: Καταργείται κατά κάποιον τρόπο η έννοια του προσωπικού γραφείου. Οι εργαζόμενοι μπορούν να απομονώνονται για να δουλέψουν ή να συνεργάζονται μεταξύ τους, αλλάζοντας πολύ εύκολα χώρο αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Τα κτίρια γραφείων είναι μια πολύ σημαντική κατηγορία κτιρίων για πολλούς λόγους. Είναι καταρχάς κτίρια μεγάλης οικονομικής σημασίας και συνήθως κατασκευάζονται σε περιοχές που το κόστος της γης είναι υψηλό. Πρέπει να εξυπηρετούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των ανθρώπων που εργάζονται σε αυτά, παρόλο που οι συγκεκριμένες επιθυμίες και απαιτήσεις του κάθε ατόμου μπορεί να είναι διαφορετικές από των υπολοίπων. Επίσης, επειδή συχνά τα κτίρια αυτά αποτελούν σύμβολα κύρους και προβολής των επιχειρήσεων, είτε αυτές ανήκουν στον δημόσιο είτε τον ιδιωτικό τομέα, η μορφή τους δεν συμβαδίζει πολλές φορές με τον ορθολογισμό που απαιτείται κατά τον σχεδιασμό. Επιπλέον, τα κτίρια αυτά υφίστανται συχνές και πολλές φορές εντατικές ανακατασκευές. Τέλος, λειτουργούν περιοδικά μέσα στο εικοσιτετράωρο και στις ημέρες της εβδομάδας.

Η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων γραφείων στην Ελλάδα ποικίλει ανάλογα με:

- Την ηλικία.
- Τον τρόπο χρήσης.
- Τις διαθέσιμες ενεργειακές εγκαταστάσεις (κλιματισμός κλπ.).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί συγκρίνονται οι ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων γραφείων για διάφορες ευρωπαϊκές χώρες στο πλαίσιο του προγράμματος EPA-ED (με μπλε σημειώνεται το θερμικό φορτίο και με κόκκινο το ηλεκτρικό φορτίο).



Εικόνα 4.1: Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων γραφείων

Πηγή: EPA-ED

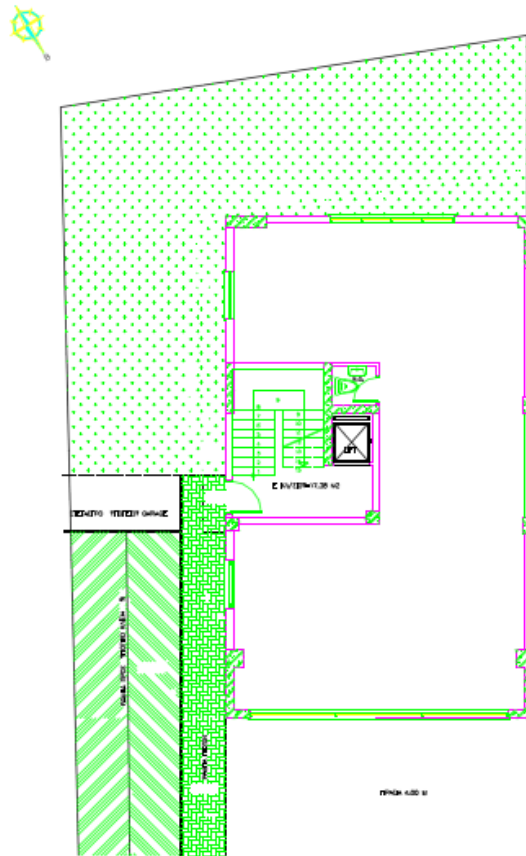
Από το προηγούμενο διάγραμμα επισημαίνεται ότι τα κτίρια γραφείων στην Ελλάδα έχουν τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, συγκριτικά με τις υπόλοιπες αναφερόμενες χώρες της Ευρώπης.

4.2 Μελέτη Γραφείου στο Μαρούσι

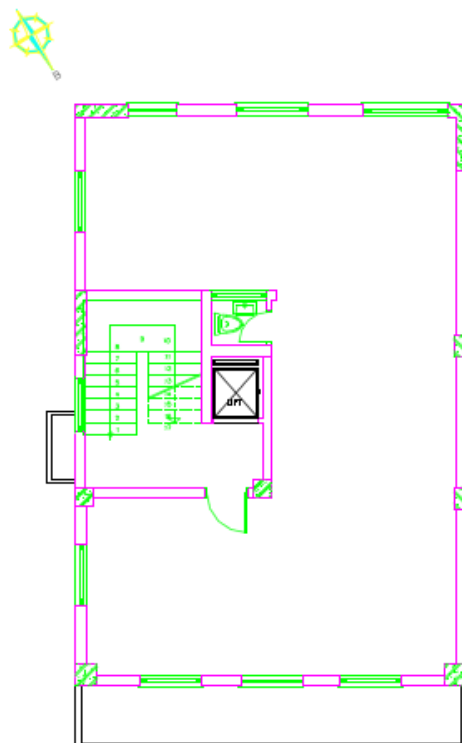
4.2.1 Περιγραφή κτιρίου

Το πρώτο γραφείο που εξετάζεται βρίσκεται στο Μαρούσι Αττικής.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του γραφείου.



Εικόνα 4.2: Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 4.3: Κάτοψη τυπικού ορόφου

Το συγκεκριμένο κτίριο βρίσκεται σε οικόπεδο και συνορεύει από τη βορειοδυτική του πλευρά με όμορο κτίριο.

Το γραφείο είναι συνολικά τεσσάρων επιπέδων, υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), ισόγειο, πρώτο όροφο και δεύτερο όροφο.

Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 390 m² και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 1.248 m³.

4.2.1.1 Προφίλ κτιρίου

Η μία πλευρά του υπό μελέτη γραφείου συνορεύει με όμορο κτίριο, ενώ οι υπόλοιπες πλευρές βρίσκονται σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον. Αναφορικά με το δάπεδο, όλη του η επιφάνεια είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά είκοσι δύο κουφώματα, όλα μη ανοιγόμενα.

Οι κάθετες επιφάνειες του ισόγειου του κτιρίου που είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον υφίστανται μερική σκίαση από στέγαστρο, γειτονικά δένδρα και πρασιά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αντιθέτως, οι κάθετες επιφάνειες του πρώτου και δεύτερου ορόφου του συγκεκριμένου κτιρίου που είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον δεν υφίστανται πρακτικά σκίαση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

4.2.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο γραφείο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Η εξωτερική του τοιχοποιία είναι οπτοπλινθοδομή συνολικού πάχους 25 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Wallmate πάχους 3 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.1: Στρώματα δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Wallmate	0,03	0,033	0,909
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,25		1,299

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας υπολογίζεται: $U = 1/(0,13+0,04+1,299) \Leftrightarrow U = 0,681 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Οι δοκοί υποστυλώματα του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 33 εκατοστών. Διαθέτουν μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 4 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.2: Στρώματα δομικών υλικών δοκών υποστυλωμάτων

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Roofmate	0,04	0,033	1,212
Δοκός κολώνα	0,25	2,035	0,123
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,33		1,381

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δοκών υποστυλωμάτων υπολογίζεται: $U = 1/(0,10+0,04+1,381) \Leftrightarrow U = 0,657 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Το δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο είναι μαρμάρινο συνολικού πάχους 27 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0.028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.3: Στρώματα δομικών υλικών δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Πλάκα	0,15	2,035	0,074
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,27		1,944

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο υπολογίζεται: $U = 1/(0,17+0,17+1,944) \Leftrightarrow U = 0,438 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Η οροφή του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 40 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0.028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 4.4: Στρώματα δομικών υλικών οροφής

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Πλάκα	0,14	2,035	0,069
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Μπετόν κλίσης	0,1	0,349	0,287
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Γαρμπιλομωσασικό	0,07	0,64	0,109
Σύνολο	0,4		2,363

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται: $U = 1/(0,1+0,04+2,363) \Leftrightarrow U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή,
- ποσοστό πλαισίου 20%,
- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Για την κλιματική ζώνη Β στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο γραφείο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{\max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{\max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο: $U_{\max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.2.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματισμού του υπό μελέτη γραφείου, υπάρχουν τρεις τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, τοποθετημένες στο δώμα. Τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Οι αντλίες θερμότητας έχουν ισχύ 25 kW, 25 kW και 31,5 kW η καθεμία. Και οι τρεις αντλίες θερμότητας έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης 2,7 και συντελεστή απόδοσης ψύξης 2,8. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,96. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fan coils με βαθμό απόδοσης 0,91. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται τοπικές κλιματιστικές μονάδες, των οποίων η παροχή αέρα είναι 800 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο ανεμιστήρας απόρριψης έχει παροχή αέρα 800 m³/h.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του γραφείου είναι 795,6m³. Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του γραφείου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 3 kW. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφοντας με βαθμό απόδοσης 0,93.

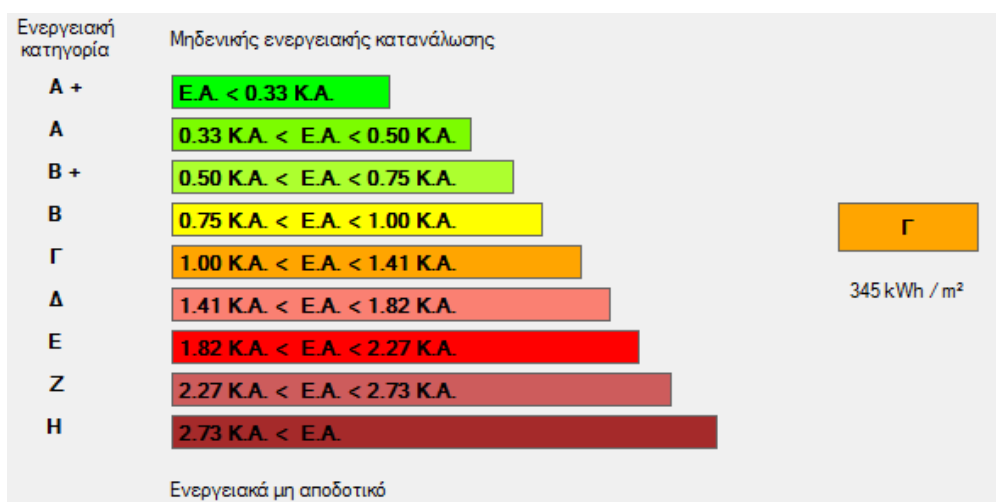
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου γραφείου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 8 kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί το 50% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

4.2.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου γραφείου πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²):

Πίνακας 4.5: Πρωτογενής ενέργεια γραφείου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	7,6	10,9
Ψύξη	118,2	176,5
ZNX	0	0
Φωτισμός	123,5	157,6
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	249,4	345



Εικόνα 4.4: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα TEE-KENAK, το υπό μελέτη γραφείο κατατάσσεται στην κατηγορία Γ. Επομένως, κρίνεται ενεργειακά

αποδοτικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δικαιολογείται κυρίως από το γεγονός ότι οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιριακού κελύφους του εξεταζόμενου κτιρίου διαθέτουν μόνωση.

4.2.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Παρ' όλο που το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά αποδοτικό, υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4.5. Οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψη τόσο ο Πίνακας 4.5, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

4.2.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των στοιχείων του κτιριακού κελύφους, όπως υπολογίστηκαν στην ενότητα 4.2.1.2, με τις αντίστοιχες ανώτατες επιτρεπτές τιμές, παρατηρείται ότι η εξωτερική τοιχοποιία του υπό μελέτη εστιατορίου έχει συντελεστή θεροπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου (παρ' όλο που διαθέτει μόνωση), σε αντίθεση με την οροφή και το δάπεδο, οι συντελεστές θεροπερατότητας των οποίων βρίσκονται εντός των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ορίων.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$. Το επιλεγμένο υλικό παρέχει υψηλή αρχική και τελική αντοχή συγκόλλησης, ελαστικότητα και αντοχή στην υγρασία. Έχει μηδενική ολίσθηση και μεγάλο ανοιχτό χρόνο επικόλλησης. Είναι κατάλληλη για την επικόλληση των θερμομονωτικών πλακών πολυστερίνης στις εξωτερικές όψεις των κτιρίων.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$. Η διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene EPS) αποτελείται από κόκκους πολυστυριλίου (κυψελίδες), οι οποίοι είναι θερμοπλαστικοί. Οι κυψελίδες διογκώνονται και ενώνονται με θέρμανση και πίεση υδρατμών, αφήνοντας μικρά κενά μεταξύ του. Με αυτόν τον τρόπο, αποκτούν τριχοειδή και ανοιχτή κυψελωτή δομή.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87 \text{ W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.6: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,02	0,032	0,625
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		0,659

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι 0,659 m²K/W. Εξετάζεται ως προς τη συμμόρφωσή του ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν, η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 0,659 + 1,299 = 1,958 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 1,958) \Leftrightarrow U = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 40 €/m².

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας:

Πίνακας 4.7: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,363 W/m²K

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας:

Πίνακας 4.8: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,296 W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.9: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	7,6	10,9	9,7	9,0	8,6
	Ψύξη	118,2	176,5	175,6	175,1	174,8
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	157,6	157,6	157,6	157,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	249,4	345,0	342,8	341,7	341,0
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε πολύ μικρή μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Για αυτό το λόγο, σε όλες τις περιπτώσεις, το εξεταζόμενο γραφείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.10: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	3.789,6	5.244,6	5.210,1	5.193,0	5.182,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			8.154,8	9.174,1	9.785,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			2,1	3,3	4,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,6	1,0	1,2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			9,7	7,1	6,3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,8	1,2	1,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			236,3	177,9	157,7

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, καθώς δεν υπάρχει πρακτικά περίοδος αποπληρωμής.

4.2.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δεν δέχονται σκιάσεις από εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συμπεριλαμβανομένου του γεγονότος ότι η μεγαλύτερη επιφάνεια του κτιριακού κελύφους (πρώτος και δεύτερος όροφος) δε δέχεται σκιάσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, συμπεραίνεται ότι υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.11: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	7,6	10,9	14,3	14,3
	Ψύξη	118,2	176,5	71,5	105,4
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	157,6	157,6	157,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	249,4	345,0	243,3	277,3
	Κατάταξη	-	Γ	Β	Γ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Σημειώνεται ότι η τοποθέτηση συστήματος κινητών οριζόντιων περσίδων οδηγεί στην αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου (κατηγορία Β από κατηγορία Γ), σε αντίθεση με την τοποθέτηση συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων.

Πίνακας 4.12: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Λειτουργικό κόστος (€)	3.789,6	5.244,6	3.700,2	4.216,0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			2.624,3	1.574,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			101,6	67,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			29,5	19,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			34,7	23,1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			1,7	1,5

Παρατηρείται ότι και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται εξαιρετικά συμφέρουσα και ελκυστική, με περιόδους αποπληρωμής λιγότερο από δύο έτη.

4.2.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο γραφείο, οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας είναι σχετικά παλιές και με ιδιαίτερα χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Σε ένα κλιματιστικό σταθερών στροφών, οι διαρκείς επανεκκινήσεις της εξωτερικής μονάδας, απαιτούν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που αυξάνει σημαντικά το κόστος χρήσης ενός τέτοιου κλιματιστικού. Αντίθετα, σε ένα κλιματιστικό τεχνολογίας inverter, αποφεύγονται οι συνεχόμενες ενεργοβόρες επανεκκινήσεις και επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας. Η τεχνολογία inverter παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής τεχνολογίας σταθερών στροφών, όπως χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, αποδοτικότερη και ποιοτικότερη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου και επομένως χαμηλότερη κατανάλωση.

Προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπαρχόντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης COP=3,8 και συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 6.700 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες τεχνολογίας inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θερμότητας θα έχουν COP=4,2 και EER=3,8 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 7.800 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,7 και EER=4,3 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 9.000 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.13: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	7,6	10,9	8,6	8,0	7,4
	Ψύξη	118,2	176,5	145,7	130,6	115,7
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	157,6	157,6	157,6	157,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	249,4	345,0	311,9	296,2	280,7
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το γραφείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.14: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	3.789,6	5.244,6	4.740,5	4.502,1	4.266,2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			6.700,0	7.800,0	9.000,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			33,1	48,8	64,3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			9,6	14,2	18,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,5	0,4	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			11,3	16,7	22,0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			13,3	10,5	9,2

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα και ελκυστική. Σημειώνεται ότι η αντιστάθμιση με μεγαλύτερο αρχικό κόστος έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, λόγω της μεγαλύτερης εξοικονόμησης ενέργειας.

4.2.2.4 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλευτος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, οι οποίοι αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει προστατευτικό κάλυμμα, βάση στήριξης, οπτικούς φακούς, ηλεκτρονικό κύκλωμα επεξεργασίας σήματος και φωτοκύτταρο. Τα σημαντικότερα στοιχεία του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού είναι η κατανομή του φυσικού φωτισμού στον χώρο, ο αισθητήρας φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα και η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα. Για πρακτικούς λόγους και για να

ελαχιστοποιούνται οι παρεμβάσεις από τις δραστηριότητες που εκτελούνται στον χώρο, οι αισθητήρες φωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην οροφή.

Για να μπορέσουν οι χρήστες ενός χώρου να εκμεταλλευτούν βέλτιστα ένα σύστημα φυσικού φωτισμού, αυτό θα πρέπει να έχει ρυθμιστεί κατάλληλα μετά την εγκατάστασή του. Η ρύθμιση αυτή (commissioning) αποτελεί μία διαδικασία η οποία εξασφαλίζει ότι όλα τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος λειτουργούν σύμφωνα με τα σχέδια και τις απαιτήσεις των χρηστών του χώρου.

Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 1.080 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 4.15: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	7,6	10,9	11,1	11,2
	Ψύξη	118,2	176,5	175,4	173,8
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	157,6	151,4	142,1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	249,4	345,0	337,9	327,1
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το κτίριο γραφείων παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.16: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	3.789,6	5.244,6	5.135,8	4.972,8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.080,0	8.520,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			7,1	17,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			2,1	5,2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	1,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,4	6,1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9,9	31,3

Παρατηρείται ότι για το πρώτο σενάριο εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται ελκυστική, σε αντίθεση με τη δεύτερη επένδυση, η οποία κρίνεται μη συμφέρουσα.

4.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις τέσσερις παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται, ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης και η προσθήκη συστήματος αυτοματισμού στην εγκατάσταση φωτισμού.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής (παρ' όλο που αυξάνεται το αρχικό κόστος). Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει αρκετά μικρότερο αρχικό κόστος.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους.

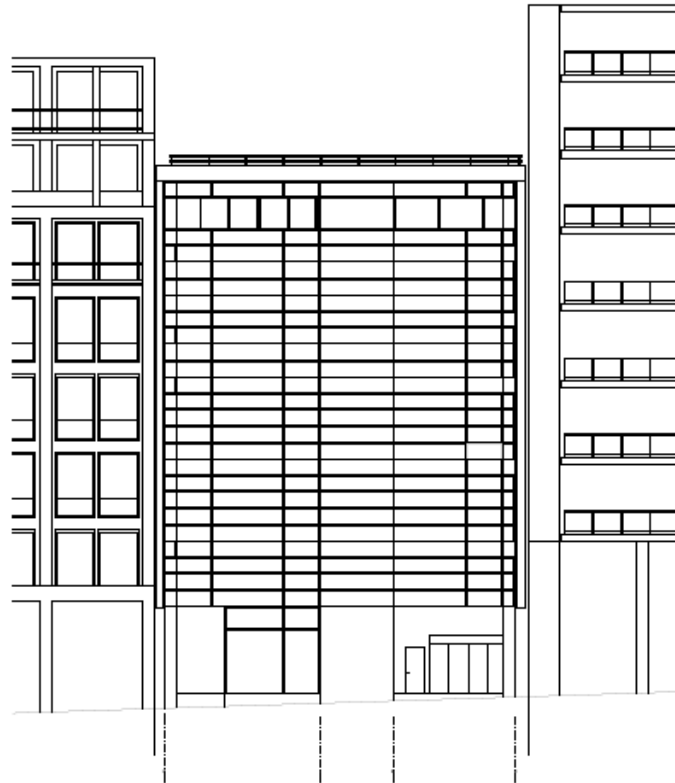
Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει το ένα τρίτο περίπου της περιόδου αποπληρωμής, και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, παρ' όλο που το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, κρίνεται ως μη συμφέρουσα επένδυση.

4.3 Μελέτη Γραφείου στην Αθήνα

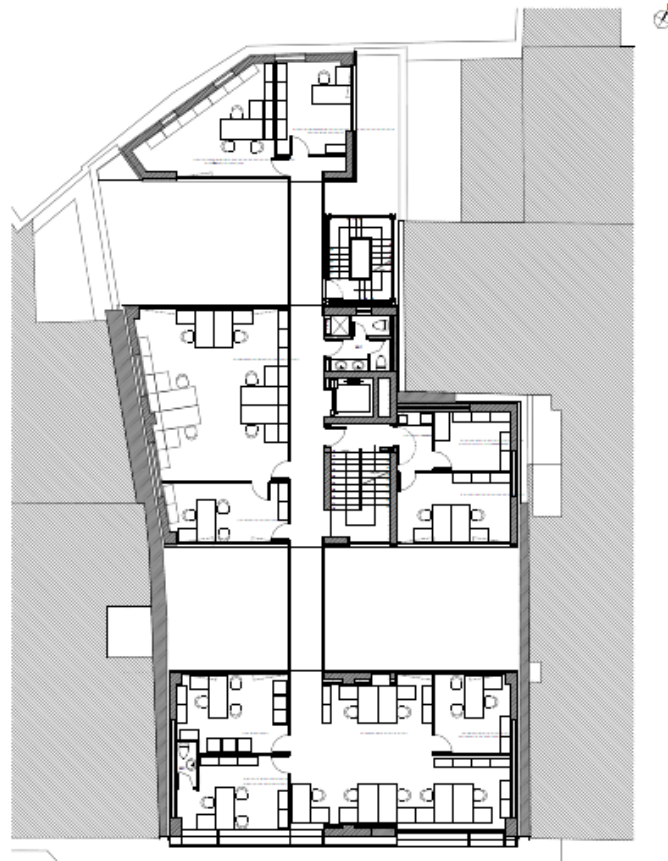
4.3.1 Περιγραφή κτιρίου

Το δεύτερο γραφείο που εξετάζεται βρίσκεται στην Αθήνα. Επομένως, ανήκει στην κλιματική ζώνη Β. Το έτος κατασκευής του είναι το 2007.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του εστιατορίου.



Εικόνα 4.5: Όψη κτιρίου



Εικόνα 4.6: Κάτοψη τυπικού ορόφου κτιρίου

Το γραφείο είναι επτά επιπέδων, β' υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), α' υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), ισόγειο, α' όροφο, β' όροφο, γ' όροφο, δ' όροφο και ε' όροφο. Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 1.435 m^2 και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 4.736 m^3 .

4.3.1.1 Προφίλ κτιρίου

Το συγκεκριμένο κτίριο είναι βρίσκεται ανάμεσα σε κτίρια. Συγκεκριμένα, η νοτιοδυτική και η βορειοανατολική του πλευρά συνορεύουν με όμορα κτίρια. Τα γειτονικά κτίρια βρίσκονται σε απόσταση τέτοια ώστε προκαλούνται σκιάσεις στο γραφείο κατά τη διάρκεια του έτους (χειμερινοί και θερινοί μήνες).

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό των εξωτερικών επιφανειών και αποτελούν μη ανοιγόμενα κουφώματα.

4.3.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο γραφείο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Η εξωτερική του τοιχοποιία είναι οπτοπλινθοδομή συνολικού πάχους 27 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Wallmate πάχους 5 εκατοστών και αντίσταση $0,028 \text{ Kcal/mhc}$.

Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.17: Στρώματα δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Wallmate	0,05	0,033	1,515
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,27		1,905

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας υπολογίζεται: $U = 1/(0,13+0,04+1,905) \Leftrightarrow U = 0,482 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Οι δοκοί υποστυλώματα του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 29 εκατοστών. Διαθέτουν μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 5 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.18: Στρώματα δομικών υλικών δοκών υποστυλωμάτων

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Wallmate	0,05	0,033	1,515
Δοκός κολώνα	0,2	2,035	0,098
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,29		1,659

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δοκών υποστυλωμάτων υπολογίζεται: $U = 1/(0,10+0,04+1,659) \Leftrightarrow U = 0,556 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Το δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο είναι μαρμάρινο συνολικού πάχους 26 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 5 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.19: Στρώματα δομικών υλικών δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
Roofmate	0,05	0,033	1,515
Πλάκα	0,15	2,035	0,074
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,26		1,641

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο υπολογίζεται: $U = 1/(0,17+0,17+1,641) \Leftrightarrow U = 0,505 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Η οροφή του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 39 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 5 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 4.20: Στρώματα δομικών υλικών οροφής

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Πλάκα	0,14	2,035	0,069
Roofmate	0,05	0,033	1,818
Μπετόν κλίσης	0,1	0,349	0,287
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Γαρμπιλομωσaiκό	0,07	0,64	0,109
Σύνολο	0,39		2,060

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται: $U = 1/(0,1+0,04+2,06) \Leftrightarrow U = 0,455 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 χιλιοστών.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- δίδυμο υαλοπίνακα με μεμβράνη χαμηλής εκπομπής διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε., ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, το κτίριο κατασκευάστηκε το 2007 και διαθέτει μόνωση στο κτιριακό του κέλυφος. Για την κλιματική ζώνη Β στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο κτίριο γραφείων, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θεροπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο: $U_{max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.3.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματισμού του υπό μελέτη κτιρίου, υπάρχουν δύο τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας (VRV), τοποθετημένες στο δώμα του κτιρίου. Τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο. Οι δύο αυτές αντλίες θερμότητας έχουν ισχύ 17 kW έκαστη, ενώ έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης 2,7 και συντελεστή απόδοσης ψύξης 2,8. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,96. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fan coils με βαθμό απόδοσης 0,91. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες, των οποίων η παροχή αέρα είναι 10.000 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Επιπλέον, υπάρχει ανεμιστήρας απόρριψης με παροχή αέρα είναι 10.000 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες.

Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 17 kW. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφοντας με βαθμό απόδοσης 0,93.

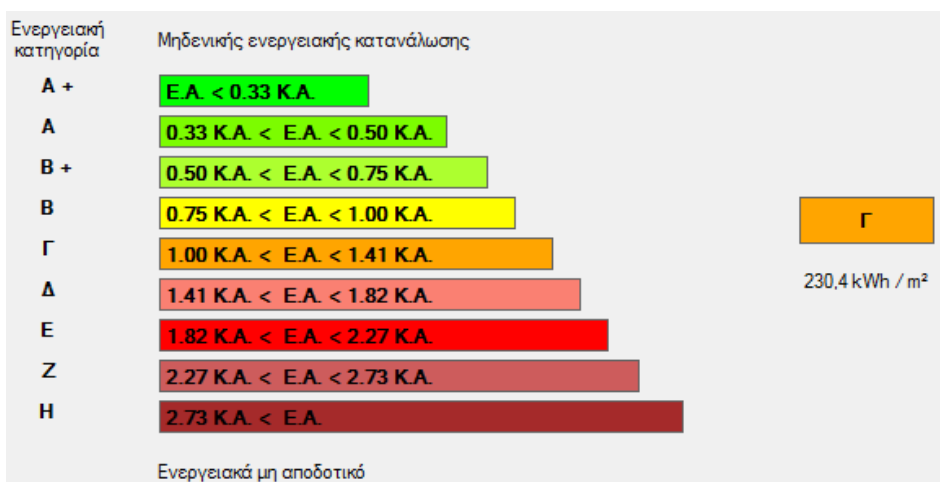
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου εστιατορίου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 30 kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί το 50% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

4.3.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου κτιρίου γραφείων πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²).

Πίνακας 4.21: Πρωτογενής ενέργεια ξενοδοχείου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	6,7	8,5
Ψύξη	95,3	61,4
ΖΝΧ	0	0
Φωτισμός	123,5	160,5
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	225,5	230,4



Εικόνα 4.7: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το υπό μελέτη κτίριο γραφείων κατατάσσεται στην κατηγορία Γ. Επομένως, κρίνεται ενεργειακά αποδοτικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δικαιολογείται κυρίως από το γεγονός ότι οι εξωτερικές διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους του εξεταζόμενου κτιρίου διαθέτουν μόνωση. Επιπλέον, μεγάλο μέρος της κτιριακού κελύφους συνορεύει με όμορα κτίρια.

4.3.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Παρ' όλο που το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά αποδοτικό, υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.19. Οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψη τόσο ο Πίνακας 4.19, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

4.3.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των στοιχείων του κτιριακού κελύφους, όπως υπολογίστηκαν στην ενότητα 4.3.1.2, με τις αντίστοιχες ανώτατες επιτρεπτές τιμές, παρατηρείται ότι η εξωτερική τοιχοποιία του υπό μελέτη εστιατορίου έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου (παρ' όλο που διαθέτει μόνωση), σε αντίθεση με την οροφή και το δάπεδο, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των οποίων βρίσκονται εντός των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ορίων.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87 \text{ W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 4.22: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,02	0,032	0,625
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		0,659

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $0,659 \text{ m}^2\text{K/W}$. Εξετάζεται ως προς τη συμμόρφωσή του ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν, η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 0,659 + 1,299 = 1,958 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 1,958) \Leftrightarrow U = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, άρα καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 40 €/m^2 .

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας:

Πίνακας 4.23: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,363 W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 4.24: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,296 W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.25: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	6,7	8,5	8,4	8,3	8,2
	Ψύξη	95,3	61,4	61,4	61,2	61,1
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	160,5	160,5	160,5	160,5
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	225,5	230,4	230,4	230,0	229,8
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα, τονίζεται ότι η προσθήκη μεγαλύτερου πάχους θερμομόνωσης αποφέρει ελάχιστη μείωση στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το κτίριο γραφείων παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.26: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	12.622,6	15.362,8	15.358,6	15.323,3	15.302,0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			37.420,0	42.097,5	44.904,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			0,1	0,5	0,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,0	0,2	0,3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			354,9	65,0	51,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,0	0,1	0,1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8.755,5	1.065,6	737,6

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, καθώς η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων είναι ελάχιστη, ενώ ταυτόχρονα το αρχικό κόστος αρκετά μεγάλο. Επομένως, πρακτικά οι επενδύσεις δεν αποσβένονται.

4.3.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δε δέχονται σκιάσεις από εξωτερικά σκίαστρα. Επιπλέον, στις δύο πλευρές οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον, η μεγαλύτερη επιφάνειά τους καλύπτεται από κουφώματα.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων, ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.27: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	6,7	8,5	9,3	9,3
	Ψύξη	95,3	61,4	29,2	39,8
	ZNΧ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	160,5	160,5	160,5
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	225,5	230,4	198,9	209,5
	Κατάταξη	-	Γ	Β	Β

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια σκίασης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Και στις δύο περιπτώσεις, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ικανή ώστε το κτίριο γραφείων να ανέβει στην ενεργειακή κατηγορία Β. επομένως, το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.28: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	12.622,6	15.362,8	12.241,5	13.289,2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			11.860,3	7.116,1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			31,5	20,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			13,7	9,1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,3	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			5,9	3,9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3,8	3,4

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική. Και οι δύο εξεταζόμενες επεμβάσεις έχουν περίοδο αποπληρωμής μεταξύ τρία και τέσσερα έτη.

4.3.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο

κτίριο γραφείων, οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας είναι ιδιαίτερα παλιές και με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Δεδομένου του γεγονότος ότι τα εγκατεστημένα κλιματιστικά σώματα είναι σταθερών στροφών και συμπεριλαμβανομένης της ανωτερότητας της τεχνολογίας inverter έναντι της συμβατικής τεχνολογίας, προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπαρχόντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης COP=3,8 και συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 3.100 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες τεχνολογίας inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θερμότητας θα έχουν COP=4,2 και EER=3,8 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 3.550 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,7 και EER=4,3 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 4.000 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.29: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	6,7	8,5	8,1	8,1	8,0
	Ψύξη	95,3	61,4	51,5	46,7	41,9
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	160,5	160,5	160,5	160,5
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	225,5	230,4	220,2	215,3	210,4
	Κατάταξη	-	Γ	Β	Β	Β

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το κτίριο γραφείων ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Β, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.30: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	12.622,6	15.362,8	14.351,1	13.861,5	13.377,8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3.100,0	3.550,0	4.000,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			10,2	15,2	20,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4,4	6,6	8,7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1,9	2,8	3,7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3,1	2,4	2,0

4.3.2.4 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλευτος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού. Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης αυτών των αισθητήρων περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 4.020 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 4.31: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	6,7	8,5	8,5	8,5
	Ψύξη	95,3	61,4	61,0	60,4
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	160,5	154,2	144,8
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	225,5	230,4	223,8	213,7
	Κατάταξη	-	Γ	Β	Β

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το κτίριο γραφείων ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Β, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.32: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Λειτουργικό κόστος (€)	12.622,6	15.362,8	14.972,6	14.386,3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			4.020,0	31.900,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			6,6	16,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			2,9	7,3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	1,3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,2	5,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10,3	32,7

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

4.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις τέσσερις παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται, ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης και η προσθήκη συστήματος αυτοματισμού στην εγκατάσταση φωτισμού.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής (παρ' όλο που αυξάνεται το αρχικό κόστος). Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει συγκριτικά μικρότερο αρχικό κόστος. Η διαφορά όμως στην περίοδο αποπληρωμής είναι αρκετά μικρή, ώστε οι δύο συγκεκριμένες επενδύσεις να κρίνονται σχεδόν ισοδύναμες. Επισημαίνεται ότι η

προσθήκη εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων κρίνεται ιδιαίτερα ελκυστική και κερδοφόρα επένδυση. Έχει πολύ μικρή περίοδο αποπληρωμής, λιγότερο από τέσσερα έτη, και ταυτόχρονα το μικρότερο αρχικό κόστος (σε σχέση με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και την αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης). Επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους. Η περίοδος αποπληρωμής όλων των σεναρίων αντιστάθμισης που εξετάστηκαν είναι η μικρότερη συγκριτικά με όλα τα σενάρια θερμομόνωσης και σκίασης.

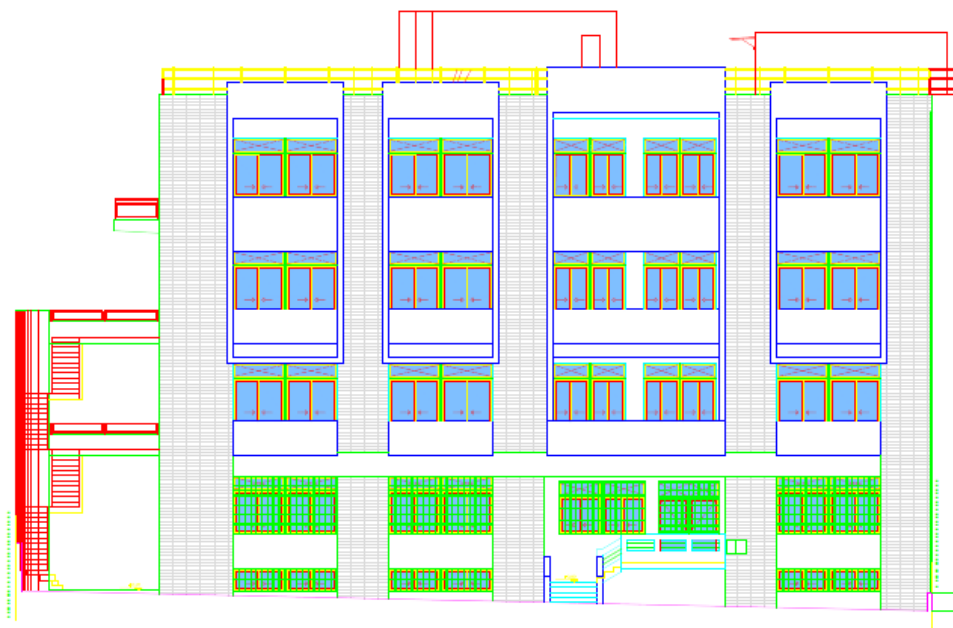
Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει το ένα τρίτο περίπου της περιόδου αποπληρωμής, και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, παρ' όλο που το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, κρίνεται ως μη συμφέρουσα επένδυση.

4.4 Μελέτη Γραφείου στις Σέρρες

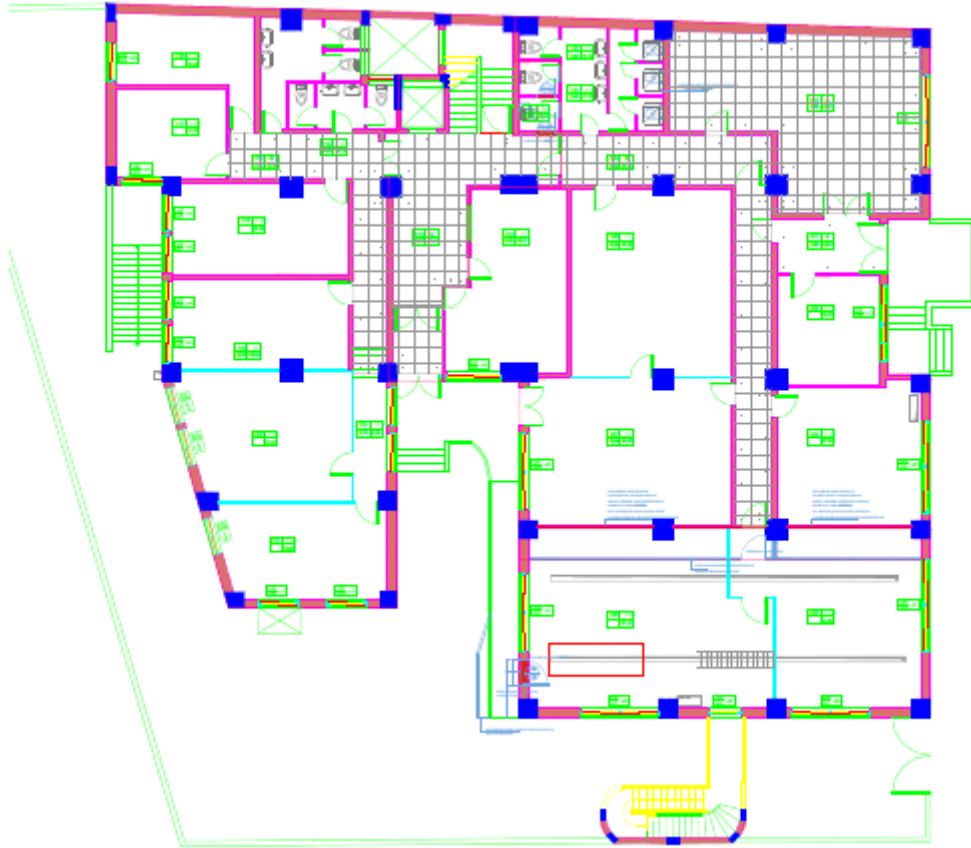
4.4.1 Περιγραφή κτιρίου

Το τρίτο κτίριο γραφείων που εξετάζεται βρίσκεται στις Σέρρες. Επομένως, ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ. Το έτος κατασκευής του είναι το 1993.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του γραφείου.



Εικόνα 4.8: Πρόσοψη κτιρίου



Εικόνα 4.9: Κάτοψη ισογείου

Το κτίριο γραφείων είναι πέντε επιπέδων, υπόγειο, ισόγειο, α' όροφο, β' όροφο και γ' όροφο. Το δάπεδό του είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον (pilotis). Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 2.338 m^2 και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 6.726 m^3 .

4.4.1.1 Προφίλ κτιρίου

Το εξεταζόμενο κτίριο είναι γωνιακό. Οι βόρειες και η νοτιοανατολική του πλευρά βρίσκονται σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον, ενώ οι υπόλοιπες πλευρές του συνορεύουν με όμορα κτίρια.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά έξι κουφώματα, όλα ανοιγόμενα.

4.4.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο κτίριο ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ.

Για το συγκεκριμένο κτίριο χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα μελέτης θερμομόνωσης που είχε γίνει από αρμόδιο μηχανικό. Με βάση αυτή τη μελέτη, οι συντελεστές

θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων αυτού του κτιρίου παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.33: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτιρίου

Αδιαφανές δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)
Εξωτερική τοιχοποιία	0,55
Οροφή	0,46
Πυλωτή	2

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή,
- ποσοστό πλαισίου 20%,
- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε., ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: 3,7 W/m²K.

Για την κλιματική ζώνη Γ στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο γραφείο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- δάπεδο σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.4.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του υπό μελέτη γραφείου, υπάρχει λέβητας ο οποίος τροφοδοτείται με πετρέλαιο. Έχει ισχύ 580 kW και βαθμό απόδοσης 0,85. Το δίκτυο διανομής θερμού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,96. Οι αεραγωγοί δε διαθέτουν μόνωση. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fan coils με βαθμό απόδοσης 0,91. Ως βοηθητικές μονάδες υπάρχει μια αντλία ισχύος 12 kW.

Για την κάλυψη των αναγκών ψύξης του υπό μελέτη γραφείου, υπάρχει αερόψυκτος ψύκτης ο οποίος τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια. Έχει ισχύ 580 kW και συντελεστή απόδοσης ψύξης 0,85. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,96. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fan coils με βαθμό απόδοσης 0,91. Ως βοηθητική μονάδα του συστήματος υπάρχει μια αντλία ισχύος 14 kW.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται τοπικές κλιματιστικές μονάδες, των οποίων η παροχή αέρα είναι 14.000 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες.

Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 16 kW. Το δίκτυο διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης είναι χωρίς μόνωση, με ανακυκλοφορία και με βαθμό απόδοσης 0,64. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφοντας με βαθμό απόδοσης 0,93.

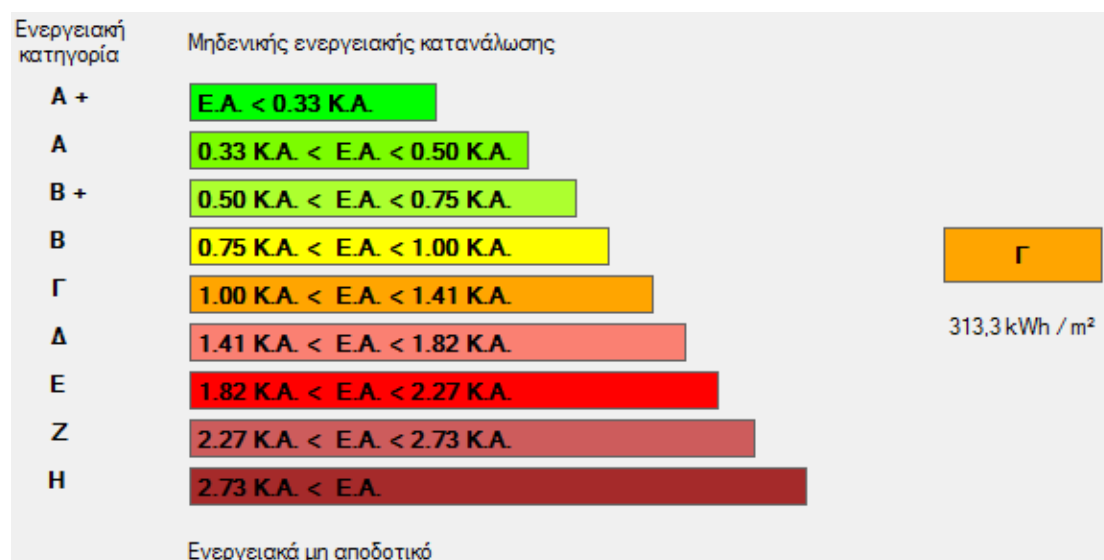
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου εστιατορίου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 40 kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Σημειώνεται ότι παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί περίπου το 10% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου του εξεταζόμενου κτιρίου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

4.4.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου κτιρίου γραφείων πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²).

Πίνακας 4.34: Πρωτογενής ενέργεια ξενοδοχείου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	55,3	105,6
Ψύξη	58,1	75,8
ZNX	0	0
Φωτισμός	123,5	131,9
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	236,9	313,3



Εικόνα 4.10: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα TEE-KENAK, το υπό μελέτη κτίριο γραφείων κατατάσσεται στην κατηγορία Γ. Επομένως, κρίνεται ενεργειακά αποδοτικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δικαιολογείται κυρίως από την ορθολογική κατανάλωση της εγκατάστασης φωτισμού, η οποία είναι αρκετά κοντά στην ηλεκτρική κατανάλωση του αντίστοιχου κτιρίου αναφοράς για τις ανάγκες φωτισμού.

4.4.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Παρ' όλο που το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά αποδοτικό, υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4.30. Οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο ο Πίνακας 4.30, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

4.4.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των στοιχείων του κτιριακού κελύφους, όπως παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.4.1.2, με τις αντίστοιχες ανώτατες επιτρεπτές τιμές, παρατηρείται ότι όλα τα μέρη του υπό μελέτη κτιριακού κελύφους (εξωτερικές τοιχοποιίες, κεραμοσκεπή και δάπεδο) έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου (παρ' όλο που το συγκεκριμένο κτίριο γραφείων διαθέτει μόνωση). Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87 \text{ W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 4.35: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,02	0,032	0,625
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		0,659

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι 0,659 m²K/W. Εξετάζεται ως προς τη συμμόρφωσή του ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν, η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 0,659 + 1,648 = 2,307 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 1,958) \Leftrightarrow U = 0,404 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, άρα καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 40 €/m².

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 4.36: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,322 W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 4.37: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,268 W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 4.38: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	55,3	105,6	102,8	101,1	100,1
	Ψύξη	58,1	75,8	75,6	75,5	75,4
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	131,9	131,9	131,9	131,9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	236,9	313,3	310,2	308,5	307,4
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα, τονίζεται ότι η προσθήκη μεγαλύτερου πάχους θερμομόνωσης αποφέρει ελάχιστη μείωση στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το κτίριο γραφείων παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.39: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	24.778,8	36.461,5	35.900,5	35.586,3	35.379,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			44.978,0	50.600,3	53.973,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			3,1	4,8	5,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,0	1,5	1,9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			6,3	4,5	3,9
	Μείωση εκπομπών CO2 (Kg/m ²)			0,7	1,1	1,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			80,2	57,8	49,9

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση δεν μπορεί να θεωρηθεί συμφέρουσα και βιώσιμη, καθώς η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων είναι αρκετά μικρή, ενώ ταυτόχρονα το αρχικό κόστος συγκριτικά μεγάλο. Οι περίοδοι αποπληρωμής κυμαίνονται από πενήντα έως ογδόντα έτη. Επομένως, πρακτικά οι επενδύσεις δεν αποσβένονται.

4.4.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, όλες οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δε δέχονται σκιάσεις από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης των εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων, ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 4.40: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	55,3	105,6	112,5	112,5
	Ψύξη	58,1	75,8	50,8	60,8
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	131,9	131,9	131,9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	236,9	313,3	295,2	305,2
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια σκίασης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις, το εξεταζόμενο γραφείο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.41: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	24.778,8	36.461,5	35.097,7	36.162,1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			11.895,0	7.137,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			18,1	8,2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			5,8	2,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,3	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			8,4	4,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8,7	23,8

Παρατηρείται ότι το σενάριο τοποθέτησης εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων έχει συγκριτικά αυξημένο αρχικό κόστος και σχετικά μικρή περίοδο αποπληρωμής. Επομένως, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα. Αντιθέτως, το σενάριο τοποθέτησης εξωτερικών σταθερών οριζόντιων περσίδων έχει χαμηλότερο αρχικό κόστος αλλά μεγάλη περίοδο αποπληρωμής, με αποτέλεσμα να κρίνεται η συγκεκριμένη επένδυση μη συμφέρουσα και ελκυστική.

4.4.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω λέβητα πετρελαίου. Στο εξεταζόμενο κτίριο, ο συγκεκριμένος λέβητας έχει αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Ο τρόπος που προτείνεται για εξοικονόμηση πετρελαίου είναι η προσθήκη συστήματος αντιστάθμισης. Με το σύστημα αυτό αυξομειώνεται η μέση θερμοκρασία των θερμαντικών σωμάτων, ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Αυτό συμβαίνει γιατί τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης είναι υπολογισμένα για 20οC μέσα στο χώρο μας και 0οC εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτές οι συνθήκες όμως εμφανίζονται πολύ σπάνια στις περισσότερες περιοχές της χώρας. Έτσι, σε περιπτώσεις υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος, μειώνεται η θερμοκρασία των σωμάτων, και άρα η κατανάλωση πετρελαίου. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα λοιπόν ονομάζεται αντιστάθμιση, δηλαδή η ρύθμιση της ισχύος της εγκατάστασης θέρμανσης ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος.

Η ισχύς της εγκατάστασης ρυθμίζεται μεταβάλλοντας την ισχύ των θερμαντικών σωμάτων, αλλάζοντας τη μέση θερμοκρασία τους. Η αλλαγή της μέσης θερμοκρασίας των σωμάτων μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

1. Με ρύθμιση της θερμοκρασίας του λέβητα (setpoint): Ο τρόπος αυτός παρουσιάζει τεχνικά προβλήματα στην λειτουργία του λέβητα λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας καυσαερίων (αφού ο λέβητας ποτέ δεν ζεσταίνεται καλά) που με τη σειρά της οδηγεί σε συμπύκνωση των καυσαερίων και είναι δυνατή μόνο σε λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών και σε λέβητες συμπύκνωσης καυσαερίων. Οι λέβητες καυσαερίων είναι συνήθως εφοδιασμένοι με ενσωματωμένο σύστημα αντιστάθμισης.

2. Με ρύθμιση της παροχής θερμού νερού προς το δίκτυο: Ο τρόπος αυτός ρύθμισης της θερμοκρασίας των σωμάτων δημιουργεί προβλήματα ροής, αφού η μεταβολή της παροχής νερού έχει σαν αποτέλεσμα να μην κυκλοφορεί το νερό ομοιόμορφα σε όλα τα σώματα, αλλά η παροχή να διαφέρει από σώμα σε σώμα. Είναι δυνατή η εξισορρόπηση του δικτύου με ειδικές ρυθμιστικές βάνες, οι οποίες όμως έχουν μεγάλο κόστος αγοράς και ρύθμισης, ενώ δεν είναι πολλοί οι τεχνικοί που γνωρίζουν να ρυθμίσουν σωστά τέτοιες βάνες.
3. Με ρύθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής στο δίκτυο: Ο τελευταίος αυτός τρόπος είναι ο πλέον κατάλληλος για την αντιστάθμιση σε κάθε είδους λέβητα (πετρελαίου, αερίου, βιομάζας κ.λπ.) και μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις εγκαταστάσεις ανεξαρτήτως μεγέθους και πολυπλοκότητας. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται με τη βοήθεια μιας τρίοδης αναλογικής βάνας που τοποθετείται ανάμεσα στον κυκλοφορητή και τον λέβητα.

Οι σημερινές αντισταθμίσεις λειτουργούν κυρίως με ρύθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής και αποτελούνται από τουλάχιστον από τα εξής τμήματα:

- Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος (εξωτερικού χώρου).
- Αισθητήριο θερμοκρασίας νερού προσαγωγής.
- Βάνα ανάμιξης, ρυθμιστής παροχής καυσίμου ή άλλο σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας νερού προσαγωγής.
- Αναλογικός ή ψηφιακός ελεγκτής αντιστάθμισης όπου συνδέονται τα παραπάνω.

Επομένως, προτείνεται αρχικά η αναλογική αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, η οποία έχει αρχικό κόστος 1.200 €, και στη συνέχεια εξετάζεται η ψηφιακή αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, η οποία έχει αρχικό κόστος 1.800 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.42: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	55,3	105,6	101,7	98,2
	Ψύξη	58,1	75,8	75,8	75,8
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	131,9	131,9	131,9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	236,9	313,3	309,4	305,8
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια αντιστάθμισης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου γραφείου. Όμως, επισημαίνεται ότι καμία επένδυση δεν οδηγεί και σε αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου, καθώς το κτίριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ.

Πίνακας 4.43: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	24.778,8	36.461,5	35.700,4	35.019,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.200,0	1.800,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			3,9	7,5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,3	2,4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,9	1,8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			1,6	1,2

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική, με ελάχιστη περίοδο αποπληρωμής, μικρότερη από δύο έτη.

4.4.2.4 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλετος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, οι οποίοι αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει προστατευτικό κάλυμμα, βάση στήριξης, οπτικούς φακούς, ηλεκτρονικό κύκλωμα επεξεργασίας σήματος και φωτοκύτταρο. Τα σημαντικότερα στοιχεία του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού είναι η κατανομή του φυσικού φωτισμού στον χώρο, ο αισθητήρας φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα και η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα. Για πρακτικούς λόγους και για να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβάσεις από τις δραστηριότητες που εκτελούνται στον χώρο, οι αισθητήρες φωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην οροφή.

Για να μπορέσουν οι χρήστες ενός χώρου να εκμεταλλευτούν βέλτιστα ένα σύστημα φυσικού φωτισμού, αυτό θα πρέπει να έχει ρυθμιστεί κατάλληλα μετά την εγκατάστασή του. Η ρύθμιση αυτή (commissioning) αποτελεί μία διαδικασία η οποία εξασφαλίζει ότι όλα τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος λειτουργούν σύμφωνα με τα σχέδια και τις απαιτήσεις των χρηστών του χώρου.

Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 5.000 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.44: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	55,3	105,6	105,9	109,3
	Ψύξη	58,1	75,8	75,6	74,1
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	131,9	130,9	118,1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	236,9	313,3	312,4	301,5
	Κατάταξη	-	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το κτίριο γραφείων παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 4.45: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Λειτουργικό κόστος (€)	24.778,8	36.461,5	36.404,7	35.712,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3.000,0	32.000,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			0,9	11,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,3	3,8
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,5	1,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,3	4,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			52,7	42,7

Παρατηρείται ότι και για τα δύο σενάρια εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, οι επενδύσεις κρίνονται μη συμφέρουσες.

4.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις τρεις παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής. Με άλλα λόγια, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη (με μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης) και είναι ανάλογη της αύξησης του αρχικού κόστους. Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει συγκριτικά μικρότερο αρχικό κόστος, έχει πολύ μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας. Η διαφορά στην περίοδο αποπληρωμής αυτών των δύο σεναρίων σκίασης είναι τόσο μεγάλη, ώστε η προσθήκη συστήματος κινητών περσίδων να κρίνεται συμφέρουσα επένδυση, ενώ αντιθέτως η προσθήκη συστήματος σταθερών περσίδων να κρίνεται μη συμφέρουσα επένδυση.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής του σεναρίου τοποθέτησης ψηφιακής αντιστάθμισης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους. Σε κάθε περίπτωση, οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ιδιαίτερα αποδοτικές, με περιόδους αποπληρωμής από ένα έως δύο έτη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, αλλά ταυτόχρονα πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, και τα δύο σενάρια κρίνονται ως μη συμφέρουσες επενδύσεις, γεγονός το οποίο δικαιολογείται από το γεγονός ότι η περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μόλις το 10% της συνολικής επιφάνειας.

4.5 Συνολική σύγκριση Γραφείων

Στο παρόν κεφάλαιο μελετήθηκαν τρία γραφεία, τα οποία παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις υποδομές και τη λειτουργία τους, έτσι ώστε να μπορέσουν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τα ενεργειακά προφίλ των γραφείων.

Και στα τρία εξεταζόμενα κτίρια πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας στα προτεινόμενα σενάρια επεμβάσεων στους εξής τομείς: εξωτερική θερμομόνωση, σκίαση μέσω περσίδων, αντιστάθμιση συστήματος θέρμανσης/ψύξης και τοποθέτηση αυτοματισμού στην εγκατάσταση φωτισμού.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις εξωτερικής θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι και στα τρία κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως μη συμφέρουσες και μη βιώσιμες. Τονίζεται ότι ενώ όλα τα κτίρια διαθέτουν θερμομόνωση, οι συντελεστές θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας (για τις οποίες μελετήθηκαν τα σενάρια

εξωτερικής θερμομόνωσης) ήταν ανώτερες των μέγιστων επιτρεπόμενων ορίων όπως ορίζονται από τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις σκίασης με εξωτερικές περσίδες, παρατηρείται ότι και στα τρία κτίρια, οι πέντε από τις έξι συνολικά συγκεκριμένες επενδύσεις που εξετάστηκαν κρίνονται ως συμφέρουσες. Παρ' όλα αυτά οι περίοδοι αποπληρωμής από κτίριο σε κτίριο παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά. Συγκεκριμένα, η περίοδος αποπληρωμής των σεναρίων στο πρώτο κτίριο είναι περίπου μισές σε σχέση με τις αντίστοιχες στο δεύτερο κτίριο, ενώ το τρίτο κτίριο παρουσιάζει τις μεγαλύτερες περιόδους αποπληρωμής. Αυτή η διασπορά οφείλεται στα ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου, όπως επίσης και από τις ήδη υπάρχουσες σκιάσεις.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, παρατηρείται ότι και στα τρία κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως συμφέρουσες και ελκυστικές. Επισημαίνεται εδώ ότι για τα δύο πρώτα κτίρια, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας, οι οποίες είναι ιδιαίτερα παλιές και με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης. Αντιθέτως, στο τρίτο κτίριο, οι ανάγκες θέρμανσης ικανοποιούνται μέσω λέβητα πετρελαίου, ο οποίος έχει αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης. Οι πιο συμφέρουσες συγκριτικά επενδύσεις είναι η αντιστάθμιση του λέβητα, καθώς έχει τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής από όλες τις υπόλοιπες εξεταζόμενες, ενώ ταυτόχρονα έχει και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις εγκατάστασης αυτοματισμού για την κάλυψη αναγκών φωτισμού, παρατηρείται ότι στα δύο πρώτα κτίρια γραφείων η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει μειωμένη κατά δύο τρίτα περίπου περίοδο αποπληρωμής και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Το πρώτο σύστημα κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση, ενώ το δεύτερο σύστημα ως μη αποδοτική επένδυση. Αντιθέτως, στο τρίτο κτίριο γραφείων, το δεύτερο σενάριο έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, αν και με πολλαπλάσιο αρχικό κόστος, σε σχέση με το πρώτο σενάριο. Όμως, και τα δύο συστήματα κρίνονται ως μη συμφέρουσες επενδύσεις, καθώς η περιοχή φυσικού φωτισμού είναι αρκετά μικρή, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται η επιθυμητή εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 5: Μελέτη παραμέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς σε κτίρια – χώρους μαζικής εστίασης

5.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Ο κλάδος της μαζικής εστίασης αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους και πλέον κερδοφόρους κλάδους στην ελληνική επικράτεια. Το μεγαλύτερο μέρος των επιχειρήσεων της αγοράς είναι ανώνυμο και αποτελείται από μικρές, οικογενειακής μορφής μονάδες, οι οποίες λειτουργούν σε επίπεδο συνοικίας. Το «οικογενειακό προφίλ» των επιχειρήσεων, στοχεύει στην προσέλκυση όσο το δυνατόν περισσότερων υποψήφιων καταναλωτών.

Σε ένα τυπικό εστιατόριο εκτελούνται οι ακόλουθες λειτουργίες:

- Διοίκηση.
- Προσωπικό.
- Σχεδιασμός μενού.
- Αγορές.
- Παραλαβή.
- Αποθήκευση.
- Προετοιμασία φαγητών και μαγείρεμα.
- Παροχή υπηρεσίας.
- Υγιεινή και ασφάλεια.
- Συντήρηση και επιδιορθώσεις.
- Λογιστική.

Παρά την αξιοσημείωτη ανάπτυξη του κλάδου των εστιατορίων, τα εστιατόρια πολλές φορές δεν είναι κερδοφόρα, με βασική αιτία το υψηλό λειτουργικό τους κόστος.

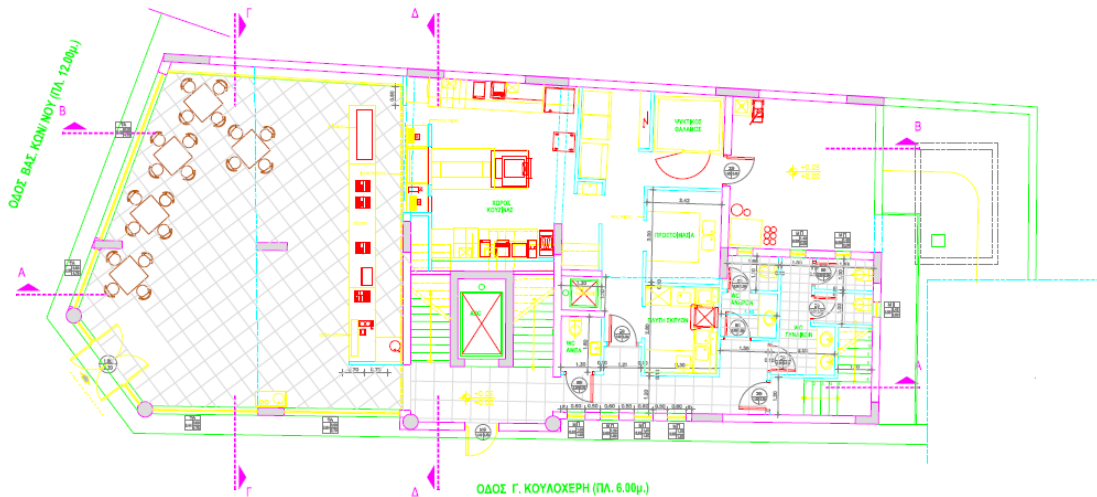
Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται τέσσερα κτίρια εστιατορίων. Θα πραγματοποιηθεί αναλυτική ενεργειακή μελέτη για κάθε εστιατόριο, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το ενεργειακό τους προφίλ. Στη συνέχεια, θα εξεταστούν επενδύσεις ενεργειακής βελτίωσης στους τομείς της θερμομόνωσης, της σκίασης, της αντιστάθμισης, ηλιακών συλλεκτών και φωτισμού. Για τις παραμέτρους αυτές θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας.

5.2 Μελέτη Εστιατορίου στο Κορωπί

5.2.1 Περιγραφή κτιρίου

Το πρώτο εστιατόριο που εξετάζεται βρίσκεται στο Κορωπί Αττικής. Το έτος κατασκευής του είναι το 2004.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του εστιατορίου.



Εικόνα 5.1: Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 5.2: Όψη κτιρίου από την πλευρά της κεντρικής του εισόδου

Το συγκεκριμένο κτίριο είναι γωνιακό καθώς βρίσκεται στη συμβολή δύο οδών. Στη νοτιοανατολική του πλευρά συνορεύει με όμορο κτίριο, ενώ στις υπόλοιπες πλευρές υπάρχουν γειτονικά κτίρια.

Το εστιατόριο είναι τεσσάρων επιπέδων, υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), ισόγειο, ημιώροφο και όροφο. Στον ημιώροφο και όροφο υπάρχει αίθριο, ενώ στον όροφο υπάρχουν δύο υπαίθριοι χώροι.

Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 1.170 m^2 και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 1.848 m^3 .

5.2.1.1 Προφίλ κτιρίου

Η μία πλευρά του υπό μελέτη εστιατορίου συνορεύει με όμορο κτίριο, ενώ οι υπόλοιπες πλευρές βρίσκονται σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον. Αναφορικά με το δάπεδο, ένα μέρος του είναι σε επαφή με το έδαφος και το υπόλοιπο μέρος είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά 57 κουφώματα, από τα οποία τα 16 είναι μη ανοιγόμενα και τα υπόλοιπα είναι ανοιγόμενα κουφώματα.

Οι επιφάνειες του κτιρίου που είναι σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον υφίστανται μερική σκίαση από γειτονικά κτίρια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

5.2.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο εστιατόριο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Η εξωτερική του τοιχοποιία είναι οπτοπλινθοδομή συνολικού πάχους 25 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Wallmate πάχους 3 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.1: Στρώματα δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Wallmate	0,03	0,033	0,909
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,25		1,299

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας υπολογίζεται: $U = 1/(0,13+0,04+1,299) \Leftrightarrow U = 0,681 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Οι δοκοί υποστυλώματα του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 33 εκατοστών. Διαθέτουν μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 4 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.2: Στρώματα δομικών υλικών δοκών υποστυλωμάτων

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Roofmate	0,04	0,033	1,212
Δοκός κολώνα	0,25	2,035	0,123
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,33		1,381

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δοκών υποστυλωμάτων υπολογίζεται: $U = 1/(0,10+0,04+1,381) \Leftrightarrow U = 0,657 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Το δάπεδο που είναι σε επαφή με φυσικό έδαφος είναι μαρμάρινο συνολικού πάχους 27 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.3: Στρώματα δομικών υλικών δαπέδου σε επαφή με φυσικό έδαφος

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
Γαρμπυλόδεμα B225	0,06	1,105	0,054
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Πλάκα	0,20	2,035	0,098
Σύνολο	0,33		2,057

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σε επαφή με φυσικό έδαφος υπολογίζεται: $U = 1/(0,17+2,057) \Leftrightarrow U = 0,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Το δάπεδο που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο είναι μαρμάρινο συνολικού πάχους 27 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.4: Στρώματα δομικών υλικών δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Πλάκα	0,15	2,035	0,074
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,27		1,944

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο υπολογίζεται: $U = 1/(0,17+0,17+1,944) \Leftrightarrow U = 0,438 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Η οροφή του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 40 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.5: Στρώματα δομικών υλικών οροφής

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Πλάκα	0,14	2,035	0,069
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Μπετόν κλίσης	0,1	0,349	0,287
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Γαρμπιλομωσaiκό	0,07	0,64	0,109
Σύνολο	0,4		2,363

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται: $U = 1/(0,1+0,04+2,363) \Leftrightarrow U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, το κτίριο κατασκευάστηκε το 2004 και διαθέτει μόνωση στο κτιριακό του κέλυφος. Για την κλιματική ζώνη Β στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο

εστιατόριο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θεροπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με έδαφος: $U_{max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο: $U_{max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.2.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματισμού του υπό μελέτη εστιατορίου, υπάρχουν οχτώ τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, τοποθετημένες στην ψευδοροφή κάθε επιπέδου. Τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Οι αντλίες θερμότητας έχουν συνολική ισχύ 102 kW, συντελεστή απόδοσης θέρμανσης 2,7 και συντελεστή απόδοσης ψύξης 2,8. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,945. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fancoils με βαθμό απόδοσης 0,91. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται τοπικές κλιματιστικές μονάδες, των οποίων η παροχή αέρα είναι 3000 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο ανεμιστήρας απόρριψης έχει παροχή αέρα 10.000 m³/h.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου είναι 795,6 m³. Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 6 kW. Το δίκτυο διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης είναι χωρίς μόνωση, με ανακυκλοφορία και με βαθμό απόδοσης 0,64. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφοντας με βαθμό απόδοσης 0,93.

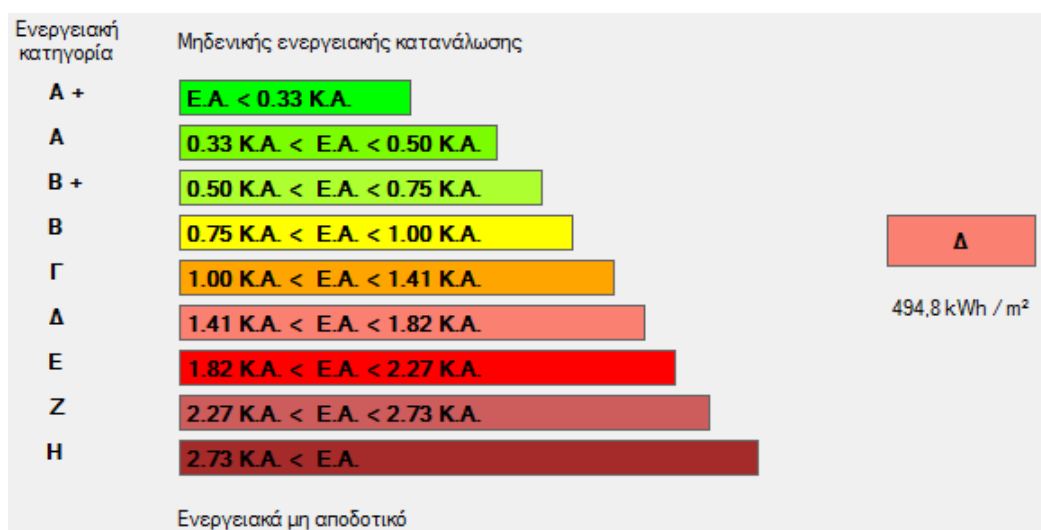
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου εστιατορίου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 12,7 kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί το 50% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

5.2.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου εστιατορίου πραγματοποιείται στο λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²).

Πίνακας 5.6: Πρωτογενής ενέργεια εστιατορίου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	31,5	41,3
Ψύξη	153,6	208,1
ZNX	54,3	105,1
Φωτισμός	84,0	140,4
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	323,4	494,8



Εικόνα 5.3: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα TEE-KENAK, το υπό μελέτη εστιατόριο κατατάσσεται στην κατηγορία Δ. Επομένως κρίνεται ενεργειακά μη αποδοτικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δικαιολογείται από το γεγονός ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, Ζεστό Νερό Χρήσης και φωτισμός) είναι αρκετά μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές καταναλώσεις του κτιρίου αναφοράς.

5.2.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Δεδομένου ότι το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά μη αποδοτικό, οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο ο Πίνακας 5.6, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, στην παραγωγή ZNX με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

5.2.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των στοιχείων του κτιριακού κελύφους, όπως υπολογίστηκαν στην ενότητα 5.2.1.2, με τις αντίστοιχες ανώτατες επιτρεπτές τιμές, παρατηρείται ότι η εξωτερική τοιχοποιία του υπό μελέτη εστιατορίου έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου (παρ' όλο που διαθέτει μόνωση), σε αντίθεση με την οροφή και το δάπεδο, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των οποίων βρίσκονται εντός των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ορίων.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19\text{W/mK}$. Το επιλεγμένο υλικό παρέχει υψηλή αρχική και τελική αντοχή συγκόλλησης, ελαστικότητα και αντοχή στην υγρασία. Έχει μηδενική ολίσθηση και μεγάλο ανοιχτό χρόνο επικόλλησης. Είναι κατάλληλη για την επικόλληση των θερμομονωτικών πλακών πολυστερίνης στις εξωτερικές όψεις των κτιρίων.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032\text{W/mK}$. Η διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene EPS) αποτελείται από κόκκους πολυστυριλίου (κυψελίδες), οι οποίοι είναι θερμοπλαστικοί. Οι κυψελίδες διογκώνονται και ενώνονται με θέρμανση και πίεση υδρατμών, αφήνοντας μικρά κενά μεταξύ του. Με αυτόν τον τρόπο, αποκτούν τριχοειδή και ανοιχτή κυψελωτή δομή.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87\text{W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 5.7: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,02	0,032	0,625
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		0,659

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $0,659\text{m}^2\text{K/W}$. Εξετάζεται ως προς τη συμμόρφωσή του ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν, η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 0,659 + 1,299 = 1,958 \text{m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 1,958) \Leftrightarrow U = 0,47\text{W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 40 €/m².

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.8: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,363W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.9: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,296W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 5.10: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	31,5	41,3	40,8	40,5	40,4
	Ψύξη	153,6	208,1	208,0	207,9	207,8
	ΖΝΧ	54,3	105,1	105,1	105,1	105,1
	Φωτισμός	84,0	140,4	140,4	140,4	140,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,4	494,8	494,2	493,8	493,7
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε πολύ μικρή μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Για αυτό το λόγο, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.11: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	14.747,0	22.569,1	22.537,6	22.521,7	22.511,8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			8.035,2	9.039,6	10.044,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			0,6	1,0	1,1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,1	0,2	0,2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			11,3	8,1	7,5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,2	0,4	0,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			255,3	190,9	175,4

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, καθώς δεν υπάρχει πρακτικά περίοδος αποπληρωμής.

5.2.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δεν δέχονται σκιάσεις από εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συμπεριλαμβανομένου του γεγονότος ότι μεγάλη επιφάνεια του κτιριακού κελύφους καταλαμβάνουν τα ανοίγματα, συμπεραίνεται ότι υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.12: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	31,5	41,3	42,2	42,2
	Ψύξη	153,6	208,1	171,1	181,5
	ZNΧ	54,3	105,1	105,1	105,1
	Φωτισμός	84,0	140,4	140,4	140,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,4	494,8	458,8	469,2
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.13: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	14.747,0	22.569,1	20.925,0	21.397,8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5.546,6	3.328,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			36,0	25,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			7,3	5,2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			12,3	8,8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3,4	2,8

Παρατηρείται ότι και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική.

5.2.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο εστιατόριο, οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας είναι ιδιαίτερα παλιές και με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Σε ένα κλιματιστικό σταθερών στροφών, οι διαρκείς επανεκκινήσεις της εξωτερικής μονάδας, απαιτούν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που αυξάνει σημαντικά το κόστος χρήσης ενός τέτοιου κλιματιστικού. Αντίθετα, σε ένα κλιματιστικό τεχνολογίας inverter, αποφεύγονται οι συνεχόμενες ενεργοβόρες επανεκκινήσεις και επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας. Η τεχνολογία inverter παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής τεχνολογίας σταθερών στροφών, όπως χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, αποδοτικότερη και ποιοτικότερη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου και επομένως χαμηλότερη κατανάλωση.

Προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπαρχόντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης COP=3,8 και συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 8.300 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες τεχνολογίας inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θερμότητας θα έχουν COP=4,2 και EER=3,8 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 9.800 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,7 και EER=4,3 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 11.200 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.14: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	31,5	41,3	37,8	36,9	36,1
	Ψύξη	153,6	208,1	171,3	153,3	135,5
	ZNX	54,3	105,1	105,1	105,1	105,1
	Φωτισμός	84,0	140,4	140,4	140,4	140,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,4	494,8	454,6	435,8	417,1
	Κατάταξη	-	Δ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατήριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.15: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	14.747,0	22.569,1	20.733,3	19.873,2	19.022,2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			8.300,0	9.800,0	11.200,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			40,2	59,0	77,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			8,1	11,9	15,7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			13,7	20,2	26,5
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4,5	3,6	3,2

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική.

5.2.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου καλύπτονται με τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες (boiler) σχετικά μεγάλης ισχύος. Στο εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης, σχεδόν διπλάσια από την αντίστοιχη κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη το γεγονός ότι το δώμα του εξεταζόμενου κτιρίου παραμένει ανεκμετάλλευτο, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή. Ο επίπεδος επιλεκτικός συλλέκτης είναι επίπεδος συλλέκτης, που χρησιμοποιεί απορροφητή επιλεκτικής επιφάνειας αντί της απλής μαύρης. Η μαύρη βαφή έχει αντικατασταθεί από υλικό υψηλής απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας (περίπου 95%) και μικρής εκπομπής ακτινοβολίας (περίπου 5%). Με τη χρήση επιλεκτικού απορροφητή, επιτυγχάνονται μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης και υψηλότερες θερμοκρασίες νερού.

Το ποσοστό αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο συλλέκτη που μετατρέπεται σε θερμική και αξιοποιείται τελικά για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ή για τη θέρμανση χώρων. Με άλλα λόγια, είναι η μέση ετήσια απόδοση του ηλιακού συλλέκτη.

Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται 65 μοίρες κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση 70 m² επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών. Από τον Πίνακα 5.9 της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010, ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιλεγμένων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προκύπτει: 0,344.

Το συνολικό κόστος τοποθέτησης των επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται: 15.750 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν ηλιακοί επίπεδοι συλλέκτες επιλεκτικής τεχνολογίας, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,334) και τέλος επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες κενού (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,355). Για καλύτερη σύγκριση, θεωρείται ότι οι ηλιακοί συλλέκτες που τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια έχουν το ίδιο συνολικό εμβαδόν.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.16: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	31,5	41,3	41,3	41,3	41,3
	Ψύξη	153,6	208,1	208,1	208,1	208,1
	ZNX	54,3	105,1	24,8	26,4	23,1
	Φωτισμός	84,0	140,4	140,4	140,4	140,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,4	494,8	414,5	416,1	412,8
	Κατάταξη	-	Δ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.17: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	14.747,0	22.569,1	18.908,5	18.980,0	18.829,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			15.750,0	15.400,0	18.900,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			80,3	78,7	82,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			16,2	15,9	16,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			27,4	26,9	28,0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4,3	4,3	5,1

Παρατηρείται ότι και για τα τρία σενάρια τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, οι επενδύσεις κρίνονται ιδιαίτερα ελκυστικές.

5.2.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλετος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, οι οποίοι αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει προστατευτικό κάλυμμα, βάση στήριξης, οπτικούς φακούς, ηλεκτρονικό κύκλωμα επεξεργασίας σήματος και φωτοκύτταρο. Τα σημαντικότερα στοιχεία του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού είναι η κατανομή του φυσικού φωτισμού στον χώρο, ο αισθητήρας φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα και η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα. Για πρακτικούς λόγους και για να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβάσεις από τις δραστηριότητες που εκτελούνται στον χώρο, οι αισθητήρες φωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην οροφή.

Για να μπορέσουν οι χρήστες ενός χώρου να εκμεταλλευτούν βέλτιστα ένα σύστημα φυσικού φωτισμού, αυτό θα πρέπει να έχει ρυθμιστεί κατάλληλα μετά την εγκατάστασή του. Η ρύθμιση αυτή (commissioning) αποτελεί μία διαδικασία η οποία εξασφαλίζει ότι όλα τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος λειτουργούν σύμφωνα με τα σχέδια και τις απαιτήσεις των χρηστών του χώρου.

Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 1.600 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.18: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	31,5	41,3	41,4	41,5
	Ψύξη	153,6	208,1	207,6	205,8
	ZNX	54,3	105,1	105,1	105,1
	Φωτισμός	84,0	140,4	137,5	126,6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,4	494,8	491,6	479,0
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το

εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.19: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	14.747,0	22.569,1	22.418,2	21.844,5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.600,0	12.800,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			3,2	15,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,7	3,2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	0,7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1,1	5,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10,6	17,7

Παρατηρείται ότι για το πρώτο σενάριο εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται αρκετά ελκυστική, ενώ η δεύτερη επένδυση θεωρείται ουδέτερη.

5.2.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής (παρ' όλο που αυξάνεται το αρχικό κόστος). Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει αρκετά μικρότερο αρχικό κόστος.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης αποτελούν πάνω του 50% των συνολικών καταναλώσεων του υπό μελέτη κτιρίου.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής είναι παρόμοια και στις τρεις περιπτώσεις (μικρή διασπορά), όπως και το αντίστοιχο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, η τοποθέτηση επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών και η τοποθέτηση απλών επίπεδων ηλιακών συλλεκτών έχουν την ίδια ακριβώς περίοδο αποπληρωμής.

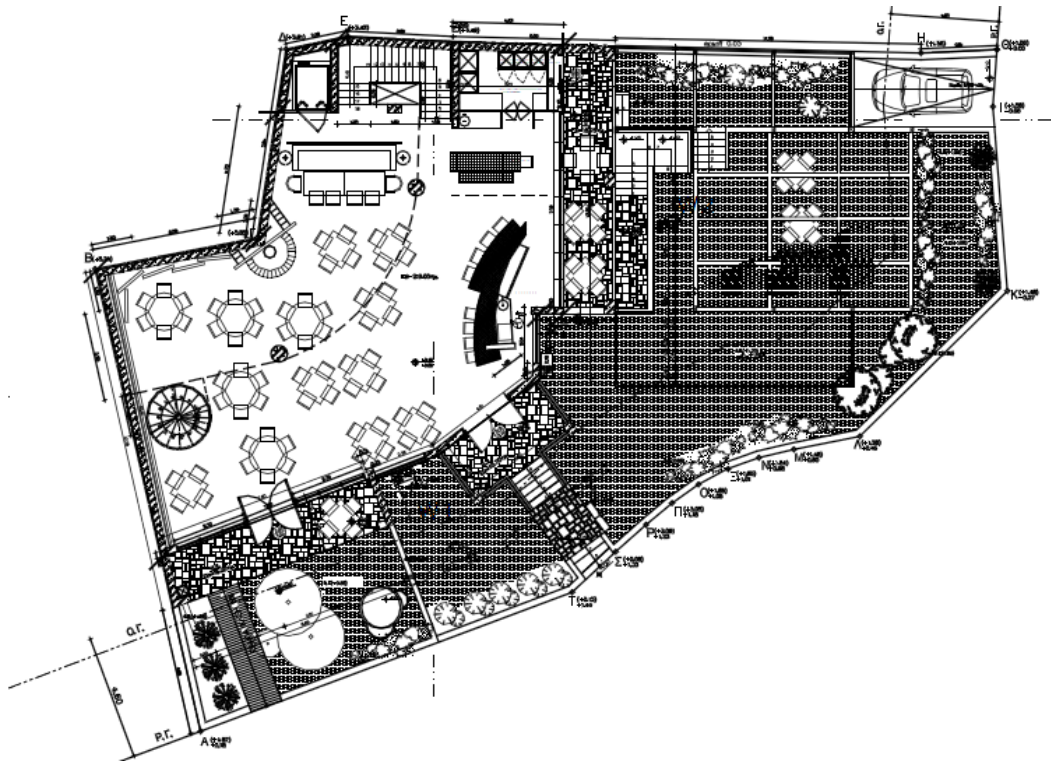
Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει πολύ μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης, παρ' όλο που το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

5.3 Μελέτη Εστιατορίου στα Μελίσσια

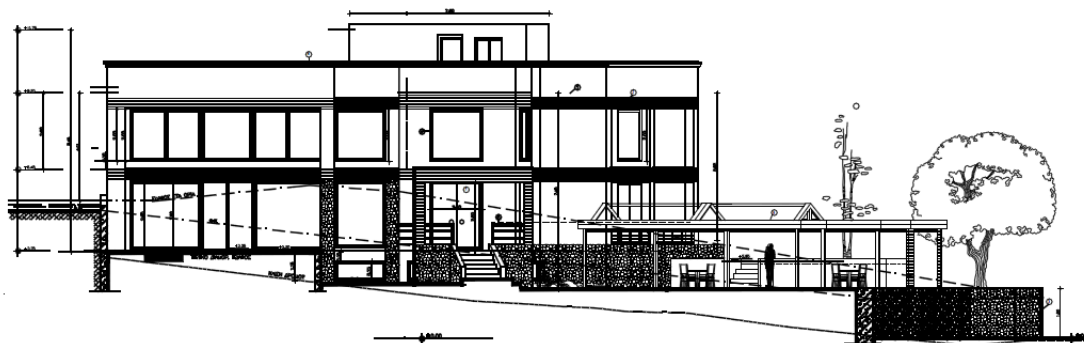
5.3.1 Περιγραφή κτιρίου

Το δεύτερο εστιατόριο που εξετάζεται βρίσκεται στα Μελίσσια Αττικής. Επομένως, ανήκει στην κλιματική ζώνη Β. Το έτος κατασκευής του είναι το 2009.

Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του εστιατορίου.



Εικόνα 5.4: Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 5.5: Όψη κτιρίου από την πλευρά της κεντρικής του εισόδου

Το εστιατόριο είναι πέντε επιπέδων, β' υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), α' υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), ισόγειο, α' όροφο και β' όροφο. Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 1.201 m^2 και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 2.508 m^3 .

5.3.1.1 Προφίλ κτιρίου

Το συγκεκριμένο κτίριο είναι βρίσκεται στη συμβολή δύο οδών. Από όλες του τις πλευρές είναι ελεύθερο, δηλαδή δε συνορεύει με όμορο κτίριο. Τα γειτονικά κτίρια βρίσκονται σε απόσταση τέτοια ώστε δεν προκαλούνται σκιάσεις στο εστιατόριο κατά τη διάρκεια του έτους (χειμερινοί και θερινοί μήνες). Στη νότια πλευρά προκαλούνται σκιάσεις από γειτονικά δένδρα.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά 57 κουφώματα, από τα οποία τα 16 είναι μη ανοιγόμενα και τα υπόλοιπα είναι ανοιγόμενα κουφώματα.

5.3.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο κτίριο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Η εξωτερική τοιχοποιία είναι οπτοπλινθοδομή συνολικού πάχους 25 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Wallmate πάχους 3 εκατοστών και αντίσταση $0,028 \text{ Kcal/mhc}$. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 5.20: Στρώματα δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Wallmate	0,03	0,033	0,909
Τοίχος	0,09	0,523	0,172
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,25		1,299

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας υπολογίζεται: $U=1/(0,13+0,04+1,299) \Leftrightarrow U=0,681 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Οι δοκοί υποστυλώματα του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 33 εκατοστών. Διαθέτουν μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 4 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 5.21: Στρώματα δομικών υλικών δοκών υποστυλωμάτων

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Roofmate	0,04	0,033	1,212
Δοκός κολώνα	0,25	2,035	0,123
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,33		1,381

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δοκών υποστυλωμάτων υπολογίζεται: $U=1/(0,10+0,04+1,381) \Leftrightarrow U=0,657 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Το δάπεδο που είναι σε επαφή με φυσικό έδαφος είναι μαρμάρινο συνολικού πάχους 27 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 5.22: Στρώματα δομικών υλικών δαπέδου σε επαφή με φυσικό έδαφος

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
Γαρμπυλόδεμα B225	0,06	1,105	0,054
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Πλάκα	0,20	2,035	0,098
Σύνολο	0,33		2,057

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σε επαφή με φυσικό έδαφος υπολογίζεται: $U=1/(0,17+2,057) \Leftrightarrow U=0,449 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Το δάπεδο που είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο είναι μαρμάρινο συνολικού πάχους 27 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του

συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.23: Στρώματα δομικών υλικών δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Πλάκα	0,15	2,035	0,074
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,27		1,944

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο υπολογίζεται: $U = 1/(0,17+0,17+1,944) \Leftrightarrow U = 0,438 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Η οροφή του κτιριακού κελύφους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα συνολικού πάχους 40 εκατοστών. Διαθέτει μόνωση με στρώμα Roofmate πάχους 6 εκατοστών και αντίσταση 0,028 Kcal/mhc. Με βάση τον αντίστοιχο τύπο για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

Πίνακας 5.24: Στρώματα δομικών υλικών οροφής

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Πλάκα	0,14	2,035	0,069
Roofmate	0,06	0,033	1,818
Μπετόν κλίσης	0,1	0,349	0,287
Στεγάνωση	0,01	0,174	0,057
Γαρμπιλομωσασικό	0,07	0,64	0,109
Σύνολο	0,4		2,363

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής υπολογίζεται: $U = 1/(0,1+0,04+2,363) \Leftrightarrow U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά.

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε., ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, το κτίριο κατασκευάστηκε το 2009 και διαθέτει μόνωση στο κτιριακό του κέλυφος. Για την κλιματική ζώνη Β στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο εστιατόριο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θεροπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2).

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με έδαφος: $U_{max} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με έδαφος: $U_{max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο: $U_{max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.3.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματισμού του υπό μελέτη εστιατορίου, υπάρχουν τρεις τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, τοποθετημένες στο δώμα του κτιρίου. Τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Οι δύο από τις τρεις αντλίες θερμότητας έχουν ισχύ 35 kW έκαστος, ενώ η τρίτη αντλία θερμότητας έχει ισχύ 50 kW. Και οι τρεις αντλίες θερμότητας έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης 2,7 και συντελεστή απόδοσης ψύξης 2,8. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,96. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fancoils με βαθμό απόδοσης 0,91. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες απόρριψης, των οποίων η παροχή αέρα είναι 10.000 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου είναι 1.245 m³. Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 4 kW. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφωνας με βαθμό απόδοσης 0,93.

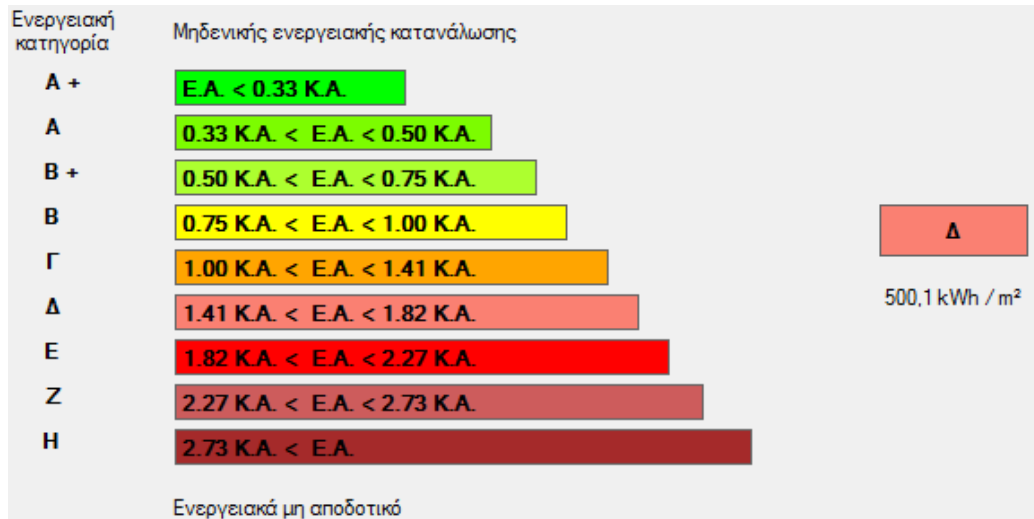
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου εστιατορίου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 16kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Παρ' όλο που η συνολική περιοχή φυσικού φωτισμού αποτελεί το 50% της συνολικής επιφάνειας δαπέδου, δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

5.3.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου εστιατορίου πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²):

Πίνακας 5.25: πρωτογενής ενέργεια εστιατορίου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	17,2	23,4
Ψύξη	154,3	202,5
ZNX	82,7	102,5
Φωτισμός	84,0	171,7
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	338,1	500,1



Εικόνα 5.6: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα TEE-KENAK, το υπό μελέτη εστιατόριο κατατάσσεται στην κατηγορία Δ. Επομένως, κρίνεται ενεργειακά μη αποδοτικό. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δικαιολογείται από το γεγονός ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, Ζεστό Νερό Χρήσης και φωτισμός) είναι αρκετά μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές καταναλώσεις του κτιρίου αναφοράς.

5.3.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Δεδομένου ότι το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά μη αποδοτικό, οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο ο Πίνακας 5.21, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, στην παραγωγή ZNX με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

5.3.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των στοιχείων του κτιριακού κελύφους, όπως υπολογίστηκαν στην ενότητα 5.3.1.2, με τις αντίστοιχες ανώτατες επιτρεπτές τιμές, παρατηρείται ότι η εξωτερική τοιχοποιία του υπό μελέτη εστιατορίου έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου (παρ' όλο που διαθέτει μόνωση), σε αντίθεση με την οροφή και το δάπεδο, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των οποίων βρίσκονται εντός των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ορίων. Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87 \text{ W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.26: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,02	0,032	0,625
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		0,659

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $0,659 \text{ m}^2\text{K/W}$. Εξετάζεται ως προς τη συμμόρφωσή του ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας. Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν, η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 0,659 + 1,299 = 1,958 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 1,958) \Leftrightarrow U = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, άρα καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 40 €/m^2 .

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.27: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,04	0,032	1,25
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,284

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,363W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.28: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,296W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 5.29: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	17,2	23,4	22,8	22,4	22,1
	Ψύξη	154,3	202,5	202,1	201,7	201,5
	ZNX	82,7	102,5	102,5	102,5	102,5
	Φωτισμός	84,0	171,7	171,7	171,7	171,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	338,1	500,1	499,0	498,2	497,8
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα, τονίζεται ότι η προσθήκη μεγαλύτερου πάχους θερμομόνωσης αποφέρει ελάχιστη μείωση στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Β, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.30: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	15.830,7	23.412,4	23.354,6	23.326,2	23.308,4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			16.396,0	18.445,5	20.495,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			1,1	1,9	2,3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,2	0,4	0,5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			12,4	8,1	7,5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			0,4	0,6	0,8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			283,5	214,0	197,1

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, καθώς η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων είναι αρκετά μικρή, ενώ ταυτόχρονα το αρχικό κόστος αρκετά μεγάλο. Επομένως, πρακτικά οι επενδύσεις δεν αποσβένονται.

5.3.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δεν δέχονται σκιάσεις από εξωτερικά σκίαστρα επιπλέον, στη νότια πλευρά υπάρχουν σχεδόν εξ ολοκλήρου κουφώματα.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων, ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.31: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	17,2	23,4	23,6	23,6
	Ψύξη	154,3	202,5	186,3	192,7
	ZNX	82,7	102,5	102,5	102,5
	Φωτισμός	84,0	171,7	171,7	171,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	338,1	500,1	484,1	490,6
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια σκίασης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.32: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	15.830,7	23.412,4	22.667,8	22.967,1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.700,0	1.020,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			16,0	9,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			3,2	1,9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			5,4	3,2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			2,3	2,3

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική. Και οι δύο εξεταζόμενες επεμβάσεις έχουν περίοδο αποπληρωμής μόλις λίγο μεγαλύτερη από δύο έτη.

5.3.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο εστιατόριο, οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας είναι ιδιαίτερα παλιές και με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Δεδομένου του γεγονότος ότι τα εγκατεστημένα κλιματιστικά σώματα είναι σταθερών στροφών και συμπεριλαμβανομένης της ανωτερότητας της τεχνολογίας inverter έναντι της συμβατικής τεχνολογίας, προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπαρχόντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης COP=3,8 και συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 9.900 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες τεχνολογίας inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θερμότητας θα έχουν COP=4,2 και EER=3,8 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 11.500 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,7 και EER=4,3 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 13.200 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.33: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	17,2	23,4	21,8	21,4	21,0
	Ψύξη	154,3	202,5	169,1	152,6	136,3
	ZNX	82,7	102,5	102,5	102,5	102,5
	Φωτισμός	84,0	171,7	171,7	171,7	171,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	338,1	500,1	465,0	448,2	431,5
	Κατάταξη	-	Δ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.34: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	15.830,7	23.412,4	21.768,0	20.979,7	20.200,8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			9.800,0	11.500,0	13.200,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			35,1	51,9	68,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			7,0	10,4	13,7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			12,0	17,7	23,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			6,0	4,7	4,1

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική.

5.3.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου καλύπτονται με τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες (boiler). Στο εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη το γεγονός ότι το δώμα του εξεταζόμενου κτιρίου παραμένει ανεκμετάλλευτο, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή.

Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται 65 μοίρες κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση 70 m² επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών. Από τον πίνακα 5.9 της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010, ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιλεγμένων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προκύπτει: 0,344.

Το συνολικό κόστος τοποθέτησης των επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται: 15.750 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν ηλιακοί επίπεδοι συλλέκτες επιλεκτικής τεχνολογίας, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,334) και τέλος επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες κενού (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,355). Για καλύτερη σύγκριση, θεωρείται ότι οι ηλιακοί συλλέκτες που τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια έχουν το ίδιο συνολικό εμβαδόν.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.35: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	17,2	23,4	23,4	23,4	23,4
	Ψύξη	154,3	202,5	202,5	202,5	202,5
	ΖΝΧ	82,7	102,5	24,3	25,8	22,6
	Φωτισμός	84,0	171,7	171,7	171,7	171,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	338,1	500,1	421,9	423,4	420,2
	Κατάταξη	-	Δ	Γ	Γ	Γ

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Γ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.36: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	15.830,7	23.412,4	19.750,5	19.821,9	19.671,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			15.750,0	15.400,0	16.800,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			78,2	76,7	79,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			15,6	15,3	16,0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			26,7	26,2	27,3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4,3	4,3	4,5

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, η επένδυση κρίνεται αρκετά συμφέρουσα και ελκυστική.

5.3.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλετος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού. Συγκεκριμένα και με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης φωτισμού είναι η διπλάσια σε σχέση με το κτίριο αναφοράς.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού. Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης αυτών των αισθητήρων περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 1.850 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.37: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	17,2	23,4	23,5	23,5
	Ψύξη	154,3	202,5	202,0	199,7
	ZNX	82,7	102,5	102,5	102,5
	Φωτισμός	84,0	171,7	168,1	154,8
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	338,1	500,1	496,1	480,5
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατήριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.38: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	15.830,7	23.412,4	23.221,7	22.496,1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.850,0	9.200,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			4,0	19,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,8	3,9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1,4	6,7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9,7	10,0

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής (παρ' όλο που αυξάνεται το αρχικό κόστος). Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, έχει την ίδια περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει συγκριτικά μικρότερο αρχικό κόστος. Επομένως, με βάση το κριτήριο της περιόδου αποπληρωμής, οι δύο συγκεκριμένες επενδύσεις είναι ισοδύναμες. Επισημαίνεται ότι η προσθήκη εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων κρίνεται ιδιαίτερα ελκυστική και κερδοφόρα επένδυση. Έχει πολύ μικρή περίοδο αποπληρωμής, λίγο παραπάνω από δύο έτη, και ταυτόχρονα το

μικρότερο αρχικό κόστος (σε σχέση με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και την αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης. Επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς το εξεταζόμενο κτίριο έχει από ελάχιστη έως καθόλου σκίαση.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης αποτελούν πάνω του 50% των συνολικών καταναλώσεων του υπό μελέτη εστιατορίου.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής των δύο πρώτων σεναρίων (επιλεκτικοί και απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες) είναι ίδια. Η τοποθέτηση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών κενού έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος και συγκριτικά μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, με μικρή όμως διαφορά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει ελάχιστα μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και έχει αρκετά μεγαλύτερο αρχικό κόστος, ταυτόχρονα όμως έχει μικρή απόκλιση στην περίοδο αποπληρωμής.

5.4 Μελέτη Εστιατορίου στο Ναύπλιο

5.4.1 Περιγραφή κτιρίου

Το τρίτο εστιατόριο που εξετάζεται βρίσκεται στα Ναύπλιο Αργολίδας. Επομένως, ανήκει στην κλιματική ζώνη Α. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες εικόνες του κτιριακού κελύφους του εστιατορίου.

Για το συγκεκριμένο κτίριο δεν υπάρχουν όλα τα απαιτούμενα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των δομικών στοιχείων (πάχος στρώσεων δομικών στοιχείων, ποιότητα υλικών κτλ.). Επομένως, θα χρησιμοποιηθούν οι τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα και οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία, όπως ορίζονται στους πίνακες 3.4α και 3.4β της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010.

Πίνακας 5.39: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτιρίου

Αδιαφανές δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)
Αργολιθοδομή επιχρισμένη και από τις δύο όψεις	3,85
Κεραμοσκεπή αμόνωτη	4,7
Δάπεδο αμόνωτο σε επαφή με το έδαφος	4,2

Η κύρια είσοδος του υπό μελέτη κτιρίου έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- μονό υαλοπίνακα.

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε., ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: 3,7 W/m²K.

Για την κλιματική ζώνη Α στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο εστιατόριο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με έδαφος: $U_{max} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.4.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματισμού του υπό μελέτη εστιατορίου, υπάρχουν οχτώ τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, τοποθετημένες στην ψευδοροφή κάθε επιπέδου. Τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Οι αντλίες θερμότητας έχουν συνολική ισχύ 130,5 kW, συντελεστή απόδοσης θέρμανσης 2,7 και συντελεστή απόδοσης ψύξης 2,8. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης 0,945. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fan coils με βαθμό απόδοσης 0,91. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται τοπικές κλιματιστικές μονάδες, των οποίων η παροχή αέρα είναι 6.580 m³/h, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο ανεμιστήρας απόρριψης έχει παροχή αέρα 16.500m³/h.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου είναι 705,18 m³. Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 6 kW. Το δίκτυο διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης είναι χωρίς μόνωση, με ανακυκλοφορία και με βαθμό απόδοσης 0,64. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφοντας με βαθμό απόδοσης 0,93.

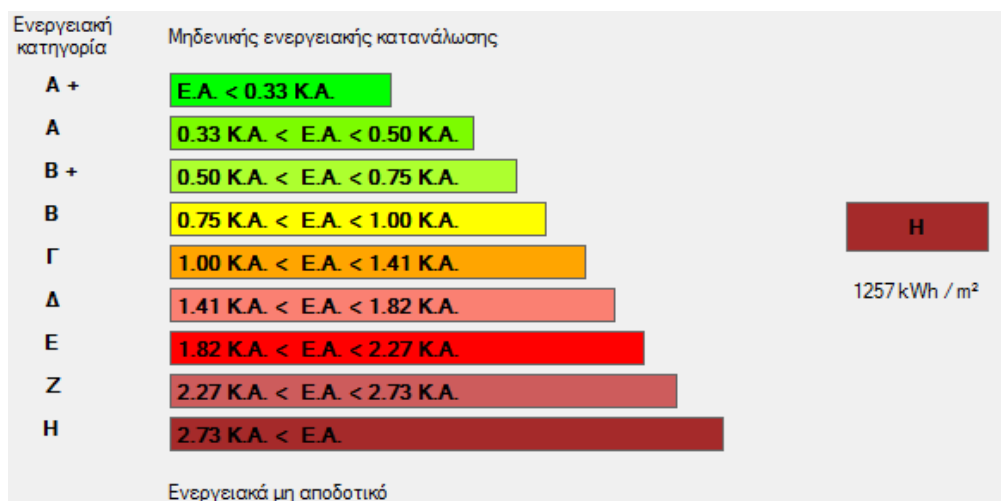
Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου εστιατορίου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 12,3kW. Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

5.4.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου εστιατορίου πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση του εστιατορίου έχει τα εξής αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²).

Πίνακας 5.40: Πρωτογενής ενέργεια εστιατορίου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	57,8	374,1
Ψύξη	139,5	325,0
ZNX	113,6	219,9
Φωτισμός	84,0	338,1
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	394,8	1257,0



Εικόνα 5.9: Αποτελέσματα κατηγορίας κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το υπό μελέτη εστιατόριο κατατάσσεται στην κατηγορία Η (η χαμηλότερη ενεργειακά κατηγορία που ορίζεται). Το συγκεκριμένο αρνητικό αποτέλεσμα δικαιολογείται από το γεγονός ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, Ζεστό Νερό Χρήσης και φωτισμός) είναι κατά πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές καταναλώσεις του κτιρίου αναφοράς. Ειδικά η ηλεκτρική κατανάλωση του υπό μελέτη εστιατορίου για τις ανάγκες θέρμανσης είναι αυξημένη κατά 650% περίπου σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

5.4.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Δεδομένου ότι το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά καθόλου αποδοτικό, οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, μπορούν να προταθούν επεμβάσεις για όλα τα συστήματα χρήσης του. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας όμως, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψη τόσο ο Πίνακας 5.30, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχτηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης, στην παραγωγή ΖΝΧ με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

5.4.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις τιμές του Πίνακα 5.31 με τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές που αναφέρονται στην ενότητα 5.4.1.4, παρατηρείται ότι όλα τα μέρη του υπό μελέτη κτιριακού κελύφους (εξωτερικές τοιχοποιίες, κεραμοσκεπή και δάπεδο) έχουν συντελεστή θεροπερατότητας πολύ μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα ήταν

αναμενόμενο, καθώς, παρ' όλο που το κτίριο κατασκευάστηκε μετά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, τα δομικά του στοιχεία είναι όλα αμόνωτα.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένη τσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19\text{W/mK}$. Το επιλεγμένο υλικό παρέχει υψηλή αρχική και τελική αντοχή συγκόλλησης, ελαστικότητα και αντοχή στην υγρασία. Έχει μηδενική ολίσθηση και μεγάλο ανοιχτό χρόνο επικόλλησης. Είναι κατάλληλη για την επικόλληση των θερμομονωτικών πλακών πολυστερίνης στις εξωτερικές όψεις των κτιρίων.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 2 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032\text{W/mK}$. Η διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene EPS) αποτελείται από κόκκους πολυστυριλίου (κυψελίδες), οι οποίοι είναι θερμοπλαστικοί. Οι κυψελίδες διογκώνονται και ενώνονται με θέρμανση και πίεση υδρατμών, αφήνοντας μικρά κενά μεταξύ του. Με αυτόν τον τρόπο, αποκτούν τριχοειδή και ανοιχτή κυψελωτή δομή.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβεστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87\text{W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.41: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,05	0,032	1,563
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,596

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $1,596\text{m}^2\text{K/W}$. Η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 1,596+0,09 = 1,686\text{m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13+0,04+1,686) \Leftrightarrow U = 0,539\text{W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της μονωμένης πλέον τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, άρα καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: $47\text{€}/\text{m}^2$.

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα επτά εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.42: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,07	0,032	2,188
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		2,221

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,403W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα εννιά εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.43: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,09	0,032	2,813
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		2,846

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,322W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.44: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	57,8	374,1	327,7	325,9	324,7
	Ψύξη	139,5	325,0	316,9	316,6	316,4
	ZNX	113,6	219,9	219,9	219,9	219,9
	Φωτισμός	84,0	338,1	338,1	338,1	338,1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	394,8	1.257,0	1.202,7	1.200,5	1.199,2
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία H (χειρότερη δυνατή κατηγορία που ορίζεται κατά Κ.ΕΝ.Α.Κ.), δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.45: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	7.153,4	22.776,5	21.791,5	21.751,7	21.727,9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			14.499,5	15.733,5	16.967,5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			54,4	56,6	57,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4,3	4,5	4,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,6	0,6	0,6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			18,6	19,3	19,8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			14,7	15,4	16,2

Παρατηρείται ότι και για τα τρία διαφορετικά σενάρια θερμομόνωσης, η επένδυση κρίνεται ως «ουδέτερη», με περιόδους αποπληρωμής περίπου 15-16 έτη.

5.4.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, όλες οι επιφάνειες του κτιριακού κελύφους δε δέχονται σκιάσεις από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης των εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων, ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς

προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.46: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	57,8	374,1	377,5	377,5
	Ψύξη	139,5	325,0	305,1	312,6
	ZNX	113,6	219,9	219,9	219,9
	Φωτισμός	84,0	338,1	338,1	338,1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	394,8	1.257,0	1.240,6	1.248,2
	Κατάταξη	-	H	H	H

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια σκίασης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία H, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.47: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	7.153,4	22.776,5	22.479,3	22.615,2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			911,3	546,8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			16,4	8,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,3	0,7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			5,6	3,0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3,1	3,4

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική, με χαμηλό αρχικό κόστος και περίοδο αποπληρωμής λίγο μεγαλύτερη από τρία έτη.

5.4.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο εστιατόριο, οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας είναι ιδιαίτερα παλιές και με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Δεδομένου του γεγονότος ότι τα εγκατεστημένα κλιματιστικά σώματα είναι σταθερών στροφών και συμπεριλαμβανομένης της ανωτερότητας της τεχνολογίας inverter έναντι της συμβατικής τεχνολογίας, προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπάρχοντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες,

τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης COP=3,8 και συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 10.700 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες τεχνολογίας inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θερμότητας θα έχουν COP=4,2 και EER=3,8 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 12.600 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,7 και EER=4,3 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 14.400 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.48: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	57,8	374,1	305,1	289,0	272,8
	Ψύξη	139,5	325,0	267,6	239,4	211,6
	ZNX	113,6	219,9	219,9	219,9	219,9
	Φωτισμός	84,0	338,1	338,1	338,1	338,1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	394,8	1.257,0	1.130,8	1.086,5	1.042,4
	Κατάταξη	-	H	H	H	Z

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια αντιστάθμισης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου εστιατορίου. Όμως, επισημαίνεται ότι μόνο η τρίτη επένδυση οδηγεί και σε αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου (Z από H).

Πίνακας 5.49: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	7.153,4	22.776,5	20.488,6	19.686,2	18.886,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			10.700,0	12.600,0	14.400,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			126,3	170,6	214,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			10,0	13,6	17,1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			43,1	58,2	73,3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4,7	4,1	3,7

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική, με μικρή περίοδο αποπληρωμής.

5.4.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου καλύπτονται με τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες (boiler). Στο εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε σχεδόν διπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη το γεγονός ότι το δώμα του εξεταζόμενου κτιρίου παραμένει ανεκμετάλλευτο, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή.

Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται 65 μοίρες κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση 70 m² επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών. Από τον πίνακα 5.9 της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010, ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιλεγμένων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προκύπτει: 0,336.

Το συνολικό κόστος τοποθέτησης των επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται: 15.750 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν ηλιακοί επίπεδοι συλλέκτες επιλεκτικής τεχνολογίας, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,325) και τέλος επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες κενού (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,35). Για καλύτερη σύγκριση, θεωρείται ότι οι ηλιακοί συλλέκτες που τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια έχουν το ίδιο συνολικό εμβαδόν.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 5.50: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	57,8	374,1	374,1	374,1	374,1
	Ψύξη	139,5	325,0	325,0	325,0	325,0
	ZNX	113,6	219,9	30,0	33,2	25,9
	Φωτισμός	84,0	338,1	338,1	338,1	338,1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	394,8	1.257,0	1.067,1	1.070,3	1.063,0
	Κατάταξη	-	H	Z	Z	Z

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία Z, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.51: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	7.153,4	22.776,5	19.334,8	19.393,2	19.260,5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			15.750,0	15.400,0	16.800,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			189,9	186,7	194,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			15,1	14,9	15,4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			64,8	63,7	66,2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4,6	4,6	4,8

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική.

5.4.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλετος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού. Συγκεκριμένα και με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης φωτισμού είναι τετραπλάσια σε σχέση με το κτίριο αναφοράς.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού. Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης αυτών των αισθητήρων περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 1.440 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.52: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	57,8	374,1	374,4	376,1
	Ψύξη	139,5	325,0	323,9	319,4
	ZNX	113,6	219,9	219,9	219,9
	Φωτισμός	84,0	338,1	331,8	304,5
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	394,8	1.257,0	1.250,1	1.220,0
	Κατάταξη	-	H	H	H

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατήριο παραμένει στη χαμηλότερη ενεργειακή κατηγορία H, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.53: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	7.153,4	22.776,5	22.650,6	22.105,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.440,0	7.150,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			7,0	37,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,6	2,9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,4	12,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			11,4	10,7

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο αυξάνεται η περίοδος αποπληρωμής. Παρ' όλο δηλαδή που η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη με μεγαλύτερο πάχος θερμομόνωσης, δεν είναι ανάλογη της αύξησης του αρχικού κόστους.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει συγκριτικά μικρότερο αρχικό κόστος, έχει λίγο μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης αποτελούν πάνω του 50% των συνολικών καταναλώσεων του υπό μελέτη κτιρίου, για αυτό και οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ιδιαίτερα αποδοτικές.

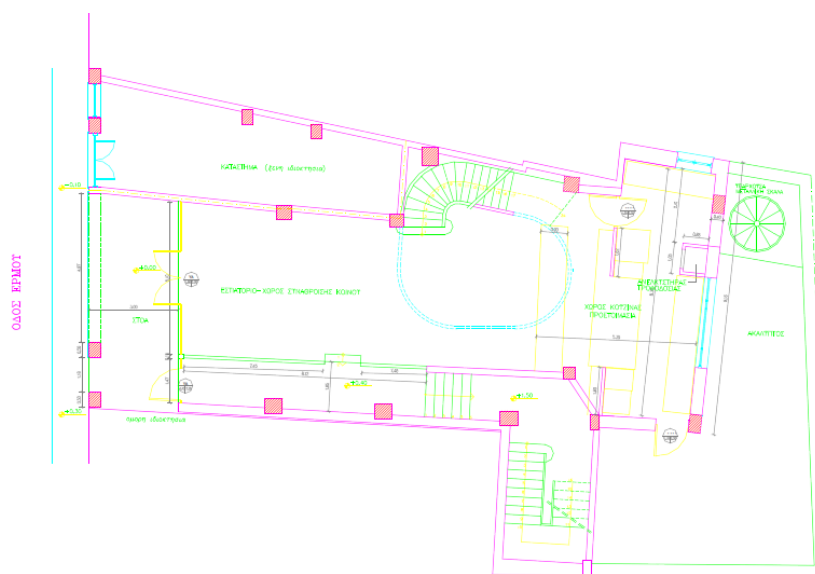
Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής των δύο πρώτων σεναρίων (επιλεκτικοί και απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες) είναι ίδια. Η τοποθέτηση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών κενού έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος και συγκριτικά μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, με μικρή όμως διαφορά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει ελάχιστα μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, αλλά πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και έχει αρκετά μεγαλύτερο αρχικό κόστος, ταυτόχρονα όμως έχει μικρότερη, έστω και με μικρή απόκλιση, περίοδο αποπληρωμής.

5.5 Μελέτη Εστιατορίου στο Μοναστηράκι

5.5.1 Περιγραφή κτιρίου

Το τέταρτο εστιατόριο που εξετάζεται βρίσκεται στο Μοναστηράκι Αττικής. Επομένως, ανήκει στην κλιματική ζώνη Β. Το έτος κατασκευής του είναι το 1960. Στη συνέχεια παρατίθεται η κάτοψη του ισογείου του εστιατορίου.



Εικόνα 5.10: Κάτοψη ισογείου

Το εστιατόριο είναι τεσσάρων επιπέδων, υπόγειο (μη θερμαινόμενος χώρος), ισόγειο, α' όροφο και β' όροφο. Το δάπεδό του είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο. Το συνολικό εμβαδόν δαπέδου της θερμικής ζώνης του κτιρίου είναι 509 m² και ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος του είναι 1.777 m³.

5.5.1.1 Προφίλ κτιρίου

Το συγκεκριμένο κτίριο συνορεύει στη δυτική και στην ανατολική του πλευρά με όμορα κτίρια, ενώ στις υπόλοιπες πλευρές υπάρχουν γειτονικά κτίρια. Η κύρια είσοδος του υπό μελέτη κτιρίου βρίσκεται στη νότια πλευρά.

Όσον αφορά τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους, υπάρχουν συνολικά οχτώ κουφώματα.

5.5.1.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

Το εξεταζόμενο κτίριο ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

Για το συγκεκριμένο κτίριο δεν υπάρχουν όλα τα απαιτούμενα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των δομικών στοιχείων (πάχος στρώσεων δομικών στοιχείων, ποιότητα υλικών κτλ.). Επομένως, θα χρησιμοποιηθούν οι τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα και οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία, όπως ορίζονται στους πίνακες 3.4α και 3.4β της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010.

Πίνακας 5.54: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτιρίου

Αδιαφανές δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² K)
Οπλισμένο σκυρόδεμα επιχρισμένο και από τις δύο όψεις	3,4
Συμβατικού τύπου δώμα	3,05
Δάπεδο με επικάλυψη πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο	2

Η κύρια είσοδος του υπό μελέτη κτιρίου έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- μονό υαλοπίνακα.

Όλες οι διαφανείς επιφάνειες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.
- ποσοστό πλαισίου 20%.
- δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα πάχους 12 χιλιοστών.

Επομένως, βάσει της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε., ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων του εστιατορίου υπολογίζεται: $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, το υπό μελέτη κτίριο κατασκευάστηκε πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, επομένως δε διαθέτει μόνωση κτιριακού κελύφους. Για την κλιματική ζώνη Β στην οποία ανήκει το συγκεκριμένο εστιατόριο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας είναι οι εξής για τα δομικά στοιχεία (Πίνακας 6, Τ.Ο.ΤΕΕ. 2):

- εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{\max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- οροφή σε επαφή με εξωτερικό αέρα: $U_{\max} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο: $U_{\max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.5.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτιρίου

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματισμού του υπό μελέτη εστιατορίου, υπάρχουν τέσσερις τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, τοποθετημένες στην ψευδοροφή κάθε επιπέδου. Τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Οι αντλίες θερμότητας έχουν συνολική ισχύ $64,5 \text{ kW}$, συντελεστή απόδοσης θέρμανσης $2,7$ και συντελεστή απόδοσης ψύξης $2,8$. Το δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου είναι εσωτερικό, με βαθμό απόδοσης $0,945$. Ως τερματικές μονάδες του συστήματος υπάρχουν fan coils με βαθμό απόδοσης $0,91$. Οι αεραγωγοί διαθέτουν μόνωση.

Για τις ανάγκες του μηχανικού αερισμού (παροχή νωπού αέρα) του κτιρίου χρησιμοποιούνται τοπικές κλιματιστικές μονάδες, των οποίων η παροχή αέρα είναι $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$, τόσο κατά τους θερινούς όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο ανεμιστήρας απόρριψης έχει παροχή αέρα $2.300 \text{ m}^3/\text{h}$.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν, η ετήσια μέση κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου είναι 465 m^3 . Για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του εστιατορίου, υπάρχουν τοπικοί ηλεκτρικοί θερμαντήρες (boiler) συνολικής ισχύος 6 kW . Το δίκτυο διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης είναι χωρίς μόνωση, με ανακυκλοφορία και με βαθμό απόδοσης $0,64$. Ως σύστημα αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρικός θερμοσίφωνας με βαθμό απόδοσης $0,93$.

Για τις ανάγκες κάλυψης φωτισμού του συγκεκριμένου εστιατορίου, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού είναι 14 kW . Υπάρχει επίσης φωτισμός ασφαλείας. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης.

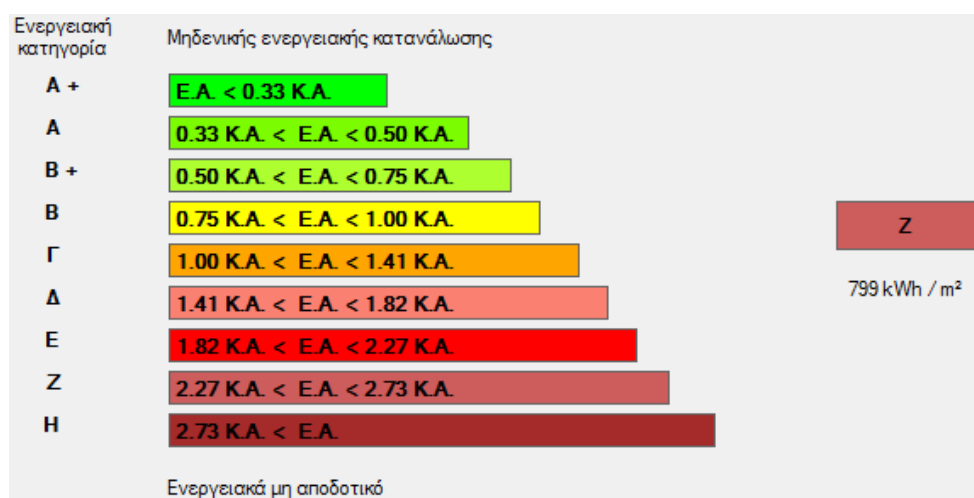
5.5.1.4 Αποτελέσματα προγράμματος TEE KENAK

Η ενεργειακή μελέτη του εξεταζόμενου εστιατορίου πραγματοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK. Η συγκεκριμένη ενεργειακή επιθεώρηση του εστιατορίου έχει τα εξής

αποτελέσματα, όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (σε μονάδες kWh/m²):

Πίνακας 5.55: Πρωτογενής ενέργεια εστιατορίου ανά τελική χρήση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	24,5	45,0
Ψύξη	141,6	261,6
ZNX	72,9	141,2
Φωτισμός	84,0	351,3
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	323,0	799,0



Με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το υπό μελέτη εστιατόριο κατατάσσεται στην κατηγορία Z (η χαμηλότερη ενεργειακά κατηγορία που ορίζεται). Το συγκεκριμένο αρνητικό αποτέλεσμα δικαιολογείται από το γεγονός ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, Ζεστό Νερό Χρήσης και φωτισμός) είναι κατά πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές καταναλώσεις του κτιρίου αναφοράς.

5.5.2 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Δεδομένου ότι το κτίριο κατηγοριοποιήθηκε ως ενεργειακά καθόλου αποδοτικό, οι επεμβάσεις που θα προταθούν και θα εξεταστούν, μπορούν να προταθούν επεμβάσεις για όλα τα συστήματα χρήσης του. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας όμως, θα πρέπει να αφορούν τους τομείς όπου το εξεταζόμενο κτίριο είναι πιο ενεργοβόρο. Για την τελική επιλογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, λαμβάνονται υπ' όψη τόσο ο Πίνακας 5.55, όσο και όλες οι πληροφορίες του ενεργειακού προφίλ οι οποίες συλλέχθηκαν.

Επομένως, για το εξεταζόμενο ξενοδοχείο προτείνονται επεμβάσεις στη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας, στη σκίαση των διαφανών επιφανειών, στην αντιστάθμιση του

συστήματος θέρμανσης, στην παραγωγή ΖΝΧ με την προσθήκη ηλιακών συλλεκτών και στον αυτοματισμό της εγκατάστασης φωτισμού.

5.5.2.1 Θερμομόνωση

Συγκρίνοντας τις τιμές του Πίνακα 5.55 με τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές που αναφέρονται στην ενότητα 5.5.1.4, παρατηρείται ότι όλα τα στοιχεία του κτιριακού κελύφους του υπό μελέτη εστιατορίου (εξωτερική τοιχοποιία, δάπεδο και κεραμοσκεπή) έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας μεγαλύτερο του μέγιστου επιτρεπόμενου ορίου. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα ήταν αναμενόμενο, καθώς, παρ' όλο που το κτίριο κατασκευάστηκε μετά τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, τα δομικά του στοιχεία είναι όλα αμόνωτα.

Επομένως, προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση της τοιχοποιίας ως εξής:

- Ινοπλισμένητσιμεντοειδούς βάση και ενισχυμένη με ρητίνες κόλλα, πάχους 2 χιλιοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$.
- Θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης (EPS), πάχους 6 εκατοστών και με συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,032 \text{ W/mK}$.
- Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης (ασβαστοκονίαμα) με διάφορα αδρανή για λεία επιφάνεια, πάχους 2 εκατοστών και συντελεστή θερμικής αντίστασης $\lambda=0,87 \text{ W/mK}$.

Εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 5.56: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης τοιχοποιίας

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,875
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		1,909

Άρα, η επιπλέον αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι $1,909 \text{ m}^2\text{K/W}$. Η τελική αντίσταση υπολογίζεται: $R = 1,909 + 0,124 = 2,033 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$U = 1/(R_i + R_a + R) = 1/(0,13 + 0,04 + 2,033) \Leftrightarrow U = 0,454 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Παρατηρείται ότι ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της μονωμένης πλέον τοιχοποιίας είναι κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, άρα καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Το κόστος τοποθέτησης της εξωτερικής θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, όπως επιλέχθηκε παραπάνω, προκύπτει: 49 €/m^2 .

Προφανώς, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού, μικραίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας (με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας) και αυξάνεται το αρχικό κόστος.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 4 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.57: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 4 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,08	0,032	2,5
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		2,534

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,389 W/m²K.

Εάν επιλεγθεί το πάχος διογκωμένης πολυστερίνης στα 6 εκατοστά, προκύπτει ο εξής πίνακας.

Πίνακας 5.58: Δομικά στοιχεία εξωτερικής θερμομόνωσης με πάχος θερμομονωτικού υλικού 6 εκατοστών

	Πάχος στρώσης [m]	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας [W/mK]	Θερμική αντίσταση [m ² K/W]
Στρώσεις δομικού υλικού			
Τσιμεντοειδούς βάση κόλλα	0,002	0,19	0,011
Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,10	0,032	3,125
Εξωτερικό επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,042		3,159

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται: 0,305 W/m²K.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.59: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	24,5	45,0	29,9	448,8	29,3
	Ψύξη	141,6	261,6	249,8	500,5	249,2
	ZNX	72,9	141,2	141,2	141,2	141,2
	Φωτισμός	84,0	351,3	351,3	351,3	351,3
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,0	799,0	772,2	1.441,8	771,0
	Κατάταξη	-	Z	Z	H	Z

Πίνακας 5.60: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	6.407,6	15.851,8	15.319,1	30.348,4	20.325,2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			10.924,1	11.592,9	12.261,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			26,8	0,0	28,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			3,4	0,0	3,5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,8	0,0	0,9
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			9,2	-249,4	-77,0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			20,5	-0,8	-2,7

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης δεν είναι καθόλου συμφέρουσα επένδυση, καθώς η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων είναι αρκετά μικρή, ενώ ταυτόχρονα το αρχικό κόστος είναι συγκριτικά μεγάλο. Επομένως, πρακτικά δεν αποσβένεται.

5.5.2.2 Σκίαση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, η πλειονότητα των επιφανειών του κτιριακού κελύφους δε δέχονται σκιάσεις από οριζόντια σταθερά εξωτερικά σκίαστρα, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων σε όλες τις διαφανείς επιφάνειες του κτιριακού κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η προστασία που προσφέρουν τόσο κατά τη θερινή περίοδο όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Το κόστος τοποθέτησης των εξωτερικών κινητών οριζόντιων περσίδων, όπως επιλέχθηκαν, προκύπτει: 25 €/m².

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να προστεθούν συστήματα κινητών οριζόντιων περσίδων ως πιο αποδοτικά, στη συνέχεια μελετάται η περίοδος αποπληρωμής για προσθήκη σταθερών οριζόντιων περσίδων, οι οποίες δεν είναι το ίδιο αποδοτικές, αλλά έχουν αρκετά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, από έρευνα αγοράς προκύπτει ότι το κόστος εγκατάστασης συστήματος σταθερών οριζόντιων περσίδων είναι: 15 €/m².

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.61: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	24,5	45,0	45,9	45,7
	Ψύξη	141,6	261,6	242,5	250,4
	ZNX	72,9	141,2	141,2	141,2
	Φωτισμός	84,0	351,3	351,3	351,3
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,0	799,0	780,9	788,6
	Κατάταξη	-	Z	Z	Z

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια σκίασης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Z, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.62: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	6.407,6	15.851,8	15.491,7	15.645,3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.348,8	809,3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			18,2	10,5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			2,3	1,3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			6,2	3,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3,7	3,9

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια σκίασης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική, με πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης.

5.5.2.3 Αντιστάθμιση

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του εξεταζόμενου κτιρίου ικανοποιούνται μέσω τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας. Στο εξεταζόμενο εστιατόριο, οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας είναι ιδιαίτερα παλιές και με αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται αυξημένη ενέργεια.

Δεδομένου του γεγονότος ότι τα εγκατεστημένα κλιματιστικά σώματα είναι σταθερών στροφών και συμπεριλαμβανομένης της ανωτερότητας της τεχνολογίας inverter έναντι της συμβατικής τεχνολογίας, προτείνεται λοιπόν η αντικατάσταση των υπαρχόντων τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας με νέες αποδοτικότερες μονάδες, τεχνολογίας inverter. Συγκεκριμένα, οι νέες αντλίες θα έχουν συντελεστή απόδοσης θέρμανσης COP=3,8 και συντελεστή απόδοσης ψύξης EER=3,4.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται: 5.400 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες τοπικές αντλίες θερμότητας με νέες τεχνολογίας inverter, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν νέες τοπικές αντλίες θερμότητας ηλεκτρισμού, και πάλι τεχνολογίας inverter, αλλά με μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης (αυξάνοντας έτσι το αρχικό κόστος αντικατάστασης).

Αρχικά, οι νέες αντλίες θερμότητας θα έχουν COP=4,2 και EER=3,8 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 5.850 €. Στο επόμενο σενάριο οι νέες αντλίες θα έχουν COP=4,7 και EER=4,3 και το συνολικό κόστος εγκατάστασής τους θα είναι 6.800 €.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.63: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	24,5	45,0	38,4	36,9	35,3
	Ψύξη	141,6	261,6	215,4	192,7	170,3
	ZNX	72,9	141,2	141,2	141,2	141,2
	Φωτισμός	84,0	351,3	351,3	351,3	351,3
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,0	799,0	746,3	722,1	698,1
	Κατάταξη	-	Z	Z	E	E

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια αντιστάθμισης οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Συγκεκριμένα, η δεύτερη και η τρίτη επένδυση οδηγούν και σε αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου (E από Z).

Πίνακας 5.64: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	6.407,6	15.851,8	14.805,2	14.324,8	13.849,3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5.400,0	5.850,0	6.800,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			52,7	77,0	100,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			6,6	9,6	12,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,1	0,1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			18,0	26,3	34,5
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5,2	3,8	3,4

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια αντιστάθμισης, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική, με περίοδο αποπληρωμής από 3,4 έως 5,2 έτη.

5.5.2.4 Ηλιακοί συλλέκτες

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, οι ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης του ξενοδοχείου καλύπτονται με τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες (boiler). Στο εξεταζόμενο κτίριο,

σύμφωνα και με τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες Ζεστού Νερού Χρήσης. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε σχεδόν διπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπ' όψη το γεγονός ότι το δώμα του εξεταζόμενου κτιρίου παραμένει ανεκμετάλλευτο, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγονται να τοποθετηθούν επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, καθώς έχουν την καλύτερη σχέση απόδοσης προς τιμή.

Για τη μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται 65 μοίρες κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση 70 m² επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών. Από τον Πίνακα 5.9 της Τ.Ο.ΤΕΕ. 20701-1/2010, ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας των επιλεγμένων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προκύπτει: 0,344.

Το συνολικό κόστος τοποθέτησης των επίπεδων επιλεκτικών ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται: 15.750 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν ηλιακοί επίπεδοι συλλέκτες επιλεκτικής τεχνολογίας, στη συνέχεια μελετώνται τα σενάρια να τοποθετηθούν απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,334) και τέλος επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες κενού (με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης 0,355). Για καλύτερη σύγκριση, θεωρείται ότι οι ηλιακοί συλλέκτες που τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια έχουν το ίδιο συνολικό εμβαδόν.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των τριών σεναρίων τοποθέτησης των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.65: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	24,5	45,0	45,0	45,0	45,0
	Ψύξη	141,6	261,6	261,6	261,6	261,6
	ΖΝΧ	72,9	141,2	2,8	4,0	1,8
	Φωτισμός	84,0	351,3	351,3	351,3	351,3
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,0	799,0	660,7	661,8	659,6
	Κατάταξη	-	Z	E	E	E

Παρατηρείται ότι και τα τρία πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία E, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.66: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	6.407,6	15.851,8	13.107,0	13.130,3	13.087,4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			15.750,0	15.400,0	16.800,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			138,4	137,2	139,4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			17,3	17,2	17,4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2	0,2	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			47,2	46,8	47,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5,7	5,7	6,1

Παρατηρείται και για τα τρία διαφορετικά σενάρια τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα συμφέρουσα και ελκυστική.

5.5.2.5 Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού

Όπως επισημάνθηκε και ανωτέρω, ο φυσικός φωτισμός που υπάρχει στο εξεταζόμενο κτίριο παραμένει ανεκμετάλλετος. Οι έλεγχοι φυσικού φωτισμού και ανίχνευσης κίνησης γίνονται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης, καθώς δεν υπάρχουν αυτόματοι μηχανισμοί ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, διαπιστώνεται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού. Συγκεκριμένα και με βάση τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης φωτισμού είναι τετραπλάσια σε σχέση με το κτίριο αναφοράς.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού. Μία τυπική διαδικασία ρύθμισης αυτών των αισθητήρων περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση όλων των ηλεκτρικών ή μηχανικών αισθητήρων, ώστε να παράγουν το επιθυμητό σήμα ελέγχου για τον προκαθορισμένο σχεδιασμό του χώρου και για ένα μεγάλο εύρος συνθηκών φυσικού φωτισμού. Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του αισθητήρα φωτισμού και η λειτουργία του ελεγκτή πρέπει να προσαρμοστούν ώστε να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας.

Το συνολικό κόστος εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού στα φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα στην περιοχή φυσικού φωτισμού του εξεταζόμενου ξενοδοχείου υπολογίζεται: 1.630 €.

Δεδομένου ότι αρχικά επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν αισθητήρες φυσικού φωτισμού, στη συνέχεια μελετάται η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης στην εγκατάσταση φωτισμού του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα από τη μελέτη των δύο σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης οικονομιοτεχνικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 5.67: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	24,5	45,0	45,1	45,6
	Ψύξη	141,6	261,6	260,6	255,6
	ZNX	72,9	141,2	141,2	141,2
	Φωτισμός	84,0	351,3	345,5	316,5
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	323,0	799,0	792,3	758,9
	Κατάταξη	-	Z	Z	Z

Παρατηρείται ότι και τα δύο πιθανά σενάρια οδηγούν σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, σε όλες τις περιπτώσεις, το εστιατόριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Z, δηλαδή το κάθε σενάριο από μόνο του σαν επέμβαση δεν καταφέρνει να συμβάλλει στην αναβάθμιση κατηγορίας του κτιρίου.

Πίνακας 5.68: Οικονομοτεχνική ανάλυση

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	6.407,6	15.851,8	15.719,1	15.055,5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.640,0	8.170,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			6,7	40,2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,8	5,0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,5	0,4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,3	13,7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			12,4	10,3

Παρατηρείται και για τα δύο διαφορετικά σενάρια εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.5.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησία στις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν ως σενάρια προηγουμένως. Εξετάζεται πώς μεταβάλλεται η περίοδος αποπληρωμής όταν μεταβάλλεται το πάχος της θερμομόνωσης, το είδος των σκιάστρων που τοποθετούνται και ο βαθμός της αντιστάθμισης στο σύστημα θέρμανσης/ψύξης.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμομόνωση που τοποθετείται τόσο μειώνεται η περίοδος αποπληρωμής (παρ' όλο που αυξάνεται το αρχικό κόστος). Σε κάθε περίπτωση όμως, η περίοδος αποπληρωμής είναι εξαιρετικά μεγάλη και πρακτικά αδύνατη.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων σκίασης, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση σταθερών οριζόντιων περσίδων, παρ' όλο που έχει μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, έχει την ίδια περίοδο αποπληρωμής, καθώς η εγκατάστασή τους έχει συγκριτικά μικρότερο αρχικό κόστος. Επομένως, με βάση το κριτήριο της περιόδου αποπληρωμής, οι δύο συγκεκριμένες επενδύσεις είναι ισοδύναμες.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων αντιστάθμισης, παρατηρείται ότι η περίοδο αποπληρωμής όταν τοποθετούνται οι αντλίες θερμότητας με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης είναι μικρότερη, παρά το αυξημένο αρχικό κόστος εγκατάστασής τους. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ανάγκες θέρμανσης και ψύξης αποτελούν πάνω του 50% των συνολικών καταναλώσεων του υπό μελέτη κτιρίου.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι η περίοδος αποπληρωμής των δύο πρώτων σεναρίων (επιλεκτικοί και απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες) είναι ακριβώς η ίδια. Η τοποθέτηση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών κενού έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος και συγκριτικά μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, με μικρή όμως διαφορά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια.

Από την ανάλυση ευαισθησίας των σεναρίων εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμού φωτισμού, παρατηρείται ότι η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει μεγαλύτερη περίοδο αποπληρωμής, αλλά πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Συγκεκριμένα, το δεύτερο σενάριο επιτυγχάνει συγκριτικά μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και έχει αρκετά μεγαλύτερο αρχικό κόστος, ταυτόχρονα όμως έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής.

5.6 Συνολική σύγκριση Εστιατορίων

Στο παρόν κεφάλαιο μελετήθηκαν τέσσερα εστιατόρια, τα οποία παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις υποδομές και τη λειτουργία τους, έτσι ώστε να μπορέσουν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τα ενεργειακά προφίλ των εστιατορίων.

Συγκεκριμένα, τα δύο πρώτα εστιατόρια έχουν ανεγερθεί την τελευταία δεκαετία, ενώ το τρίτο και το τέταρτο εστιατόριο είναι αρκετά παλιότερης κατασκευής. Επιπλέον, και τα τέσσερα εστιατόρια δεν ανήκουν στην ίδια κλιματική ζώνη.

Και στα τέσσερα κτίρια πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας στα προτεινόμενα σενάρια επεμβάσεων στους εξής τομείς: εξωτερική θερμομόνωση, σκίαση μέσω περσίδων, αντιστάθμισης συστήματος θέρμανσης/ψύξης, εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών και προσθήκη αυτοματισμού στην εγκατάσταση φωτισμού.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις εξωτερικής θερμομόνωσης, παρατηρείται ότι και στα τέσσερα κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως μη συμφέρουσες και μη βιώσιμες. Τονίζεται ότι ενώ τα δύο πρώτα κτίρια έχουν θερμομόνωση σε αντίθεση με τα δύο τελευταία, οι συντελεστές θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας (για τις οποίες μελετήθηκαν τα σενάρια εξωτερικής θερμομόνωσης) και των τεσσάρων εξεταζόμενων εστιατορίων ήταν ανώτερες των μέγιστων επιτρεπόμενων ορίων όπως ορίζονται από τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις σκίασης με εξωτερικές περσίδες, παρατηρείται ότι και στα τέσσερα εξεταζόμενα κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως ιδιαίτερα συμφέρουσες. Επιπλέον, η περίοδος αποπληρωμής των

συγκεκριμένων επεμβάσεων σε όλα τα κτίρια έχουν μικρή διασπορά, καθώς κυμαίνονται από 2,8 έως 3,8 έτη. Επισημαίνεται ότι η προσθήκη εξωτερικών περσίδων, εκτός από ιδιαίτερα αποδοτική επένδυση, προσδίδουν και αίσθημα άνεσης στους χρήστες των εστιατορίων.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις αντιστάθμισης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, παρατηρείται ότι και στα τέσσερα εξεταζόμενα κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις κρίνονται ως ιδιαίτερα ελκυστικές και αποδοτικές. Επιπλέον, η περίοδος αποπληρωμής των συγκεκριμένων επεμβάσεων σε όλα τα κτίρια δεν έχουν μεγάλη διασπορά, καθώς κυμαίνονται από 3,5 έως 6 έτη. Επισημαίνεται ότι στα τέσσερα εστιατόρια που εξετάζονται στο παρόν κεφάλαιο, οι ανάγκες θέρμανσης/ψύξης καλύπτονται από τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια, με χαμηλό βαθμό απόδοσης.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις τοποθέτησης επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη αναγκών ζεστού νερού χρήσης, παρατηρείται ότι και στα τέσσερα εξεταζόμενα κτίρια οι συγκεκριμένες επενδύσεις ιδιαίτερα κρίνονται ως συμφέρουσες και ελκυστικές. Επιπλέον, και στα τέσσερα εστιατόρια που μελετήθηκαν, τα τρία διαφορετικά σενάρια έχουν από μηδενική έως πολύ μικρή διασπορά ως προς την περίοδο αποπληρωμής τους.

Αναφορικά με τις προτεινόμενες επεμβάσεις εγκατάστασης αυτοματισμού για την κάλυψη αναγκών φωτισμού, παρατηρείται ότι στα δύο πρώτα κτίρια η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού έχει τη μισή περίπου περίοδο αποπληρωμής και πολύ μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού κίνησης. Αντιθέτως, στα δύο τελευταία εστιατόρια, το δεύτερο σενάριο έχει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής, αν και με πολλαπλάσιο αρχικό κόστος, σε σχέση με το πρώτο σενάριο.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι εξής τρεις κατηγορίες κτιρίων του τριτογενούς τομέα:

- Ξενοδοχεία.
- Γραφεία.
- Εστιατόρια.

Για κάθε κτίριο που μελετήθηκε, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας στις εξής παραμέτρους, ως προς την επίπτωσή τους στην ενεργειακή κατανάλωση και κατάταξη:

- Θερμομόνωση.
- Σκίαση.
- Αντιστάθμιση.
- Ηλιακοί συλλέκτες.
- Αυτοματισμός εγκατάστασης φωτισμού.

Τα δύο κτίρια ξενοδοχείων που μελετήθηκαν παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις υποδομές και τη λειτουργία τους.

- Η προσθήκη θερμομόνωσης δεν έχει αισθητό αποτέλεσμα στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δύο ξενοδοχειακών μονάδων, ενώ ως επενδύσεις κρίνονται όλες μη βιώσιμες, παρ' ότι το ένα κτίριο έχει ήδη θερμομόνωση, ενώ το δεύτερο όχι.
- Η σκίαση με εξωτερικές περσίδες κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση, παρ' ότι δε βοήθησε στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Βέβαια, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις, καθώς οι περίοδοι αποπληρωμής στο πρώτο κτίριο είναι σχεδόν διπλάσιες σε σχέση με το δεύτερο κτίριο.
- Η αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση, παρ' ότι μόνο ένα από τα έξι συνολικά σενάρια που εξετάστηκαν βοήθησε στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Βέβαια, παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις, καθώς οι περίοδοι αποπληρωμής στο πρώτο κτίριο είναι διπλάσιες έως τριπλάσιες σε σχέση με το δεύτερο κτίριο.
- Η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη αναγκών ΖΝΧ κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση, παρ' ότι δε βοήθησε στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Οι περίοδοι αποπληρωμής όλων των σεναρίων που εξετάστηκαν παρουσιάζουν μικρή διασπορά.
- Η εγκατάσταση αυτοματισμού στο σύστημα φωτισμού κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση στην πρώτη ξενοδοχειακή μονάδα, σε αντίθεση με τη δεύτερο κτίριο, όπου κρίνεται ως μη συμφέρουσα επένδυση. Όλες οι επενδύσεις δε βοήθησαν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Τα τρία κτίρια γραφείων που μελετήθηκαν παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις υποδομές και τη λειτουργία τους.

- Η προσθήκη θερμομόνωσης δεν έχει αισθητό αποτέλεσμα στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των τριών κτιρίων γραφείων, ενώ ως επενδύσεις κρίνονται όλες μη βιώσιμες, παρ' ότι όλα τα κτίρια διαθέτουν θερμομόνωση.
- Η σκίαση με εξωτερικές περσίδες κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση, με εξαίρεση ένα από τα έξι συνολικά σενάρια που εξετάστηκαν. Τρεις από τις εξεταζόμενες επενδύσεις οδήγησαν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, ενώ οι περίοδοι αποπληρωμής από κτίριο σε κτίριο παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά.
- Η αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση. Στο δεύτερο από τα συνολικά τρία κτίρια, όλες οι εξεταζόμενες επενδύσεις οδήγησαν στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.
- Η εγκατάσταση αυτοματισμού στο σύστημα φωτισμού κρίνεται ως συμφέρουσα επένδυση, με εξαίρεση δύο από τα έξι συνολικά σενάρια που εξετάστηκαν. Στο δεύτερο από τα συνολικά τρία κτίρια, όλες οι εξεταζόμενες επενδύσεις οδήγησαν στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.

Τα τέσσερα κτίρια εστιατορίων που μελετήθηκαν παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις υποδομές και τη λειτουργία τους.

- Η προσθήκη θερμομόνωσης δεν έχει αισθητό αποτέλεσμα στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των τεσσάρων εστιατορίων, ενώ ως επενδύσεις κρίνονται όλες μη βιώσιμες, παρ' ότι τα δύο πρώτα κτίρια έχουν ήδη θερμομόνωση, ενώ τα δύο τελευταία όχι.
- Η σκίαση με εξωτερικές περσίδες κρίνεται ως ιδιαίτερα συμφέρουσα επένδυση, παρ' ότι δε βοήθησε στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Οι περίοδοι αποπληρωμής από κτίριο σε κτίριο παρουσιάζουν μικρή διασπορά.
- Η αντιστάθμιση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης κρίνεται ως ιδιαίτερα συμφέρουσα επένδυση. Έξι από τις δώδεκα συνολικά επενδύσεις που εξετάστηκαν οδήγησαν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Οι περίοδοι αποπληρωμής από κτίριο σε κτίριο παρουσιάζουν μικρή διασπορά.
- Η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη αναγκών ΖΝΧ κρίνεται ως ιδιαίτερα συμφέρουσα επένδυση, ενώ όλες οι επενδύσεις που εξετάστηκαν οδήγησαν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Οι περίοδοι αποπληρωμής από κτίριο σε κτίριο παρουσιάζουν μηδενική έως πολύ μικρή διασπορά.
- Η εγκατάσταση αυτοματισμού στο σύστημα φωτισμού παρουσιάζει αρκετά μεγάλη διασπορά στην περίοδο αποπληρωμής από κτίριο σε κτίριο, με αποτέλεσμα κάποιες επενδύσεις να κρίνονται συμφέρουσες και κάποιες όχι.

6.2 Προοπτικές

Τα κτίρια του τριτογενούς τομέα παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όσον αφορά το ενεργειακό τους προφίλ, σε σχέση με τα κτίρια του οικιακού τομέα. Έχουν γενικά αυξημένες καταναλώσεις, οπότε η ενεργειακή μελέτη είναι απαραίτητη ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Σε επόμενο βήμα, η ανάλυση ευαισθησίας των προτεινόμενων επεμβάσεων οδηγεί στην τελική απόφαση βιωσιμότητας ή μη των εξεταζόμενων επενδύσεων.

Όπως διαπιστώνεται, όλα τα κτίρια, ανεξαρτήτως αν είναι παλιάς ή καινούργιας σχετικά κατασκευής, έχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης. Από τις πέντε παραμέτρους ενεργειακών επεμβάσεων που μελετήθηκαν, μόνο η επέμβαση προσθήκης εξωτερικής θερμομόνωσης στην τοιχοποιία του κτιριακού κελύφους κρίνεται ως μη συμφέρουσα και μη βιώσιμη, σε όλα τα εξεταζόμενα κτίρια. Παρ' όλα αυτά, κρίνεται ως ένα απαραίτητο μέτρο, καθώς σε όλα τα κτίρια οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι ανώτερες των επιτρεπτών ορίων, όπως ορίζονται από τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. Για αυτό το λόγο, προτείνεται να εξεταστούν τα σενάρια προσθήκης εξωτερικής θερμομόνωσης με χρηματοδοτικά δεδομένα, για παράδειγμα κρατικά κονδύλια ή χρηματοδότηση μέσω Ευρωπαϊκών προγραμμάτων.

Αντιθέτως, για τις υπόλοιπες τέσσερις παραμέτρους (προσθήκη εξωτερικής σκίασης, προσθήκη αντιστάθμισης συστήματος θέρμανσης/ψύξης, εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών και προσθήκη αυτοματισμού στην εγκατάσταση φωτισμού), οι επενδύσεις κρίνονται από ιδιαίτερα ελκυστικές έως ουδέτερες. Η διαφοροποίηση στην περίοδο αποπληρωμής έγκειται κυρίως στα ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά κάθε κατά περίπτωση κτιρίου. Προτείνεται λοιπόν να λαμβάνονται υπ' όψη οι συγκεκριμένες παράμετροι από τους μηχανικούς οι οποίοι πραγματοποιούν τις μελέτες για νέα προς ανέγερση κτίρια. Με αυτόν τον τρόπο, τα κτίρια είναι εξαρχής ενεργειακά λιγότερο ενεργοβόρα, και επιπλέον πιθανές μελλοντικές επεμβάσεις να είναι πολύ πιο ελκυστικές και αποδοτικές.

Επιπρόσθετα, προτείνεται να εξεταστούν οι επενδύσεις βελτίωσης των συγκεκριμένων παραμέτρων με ορισμένα χρηματοδοτικά σενάρια. Υπάρχουν ποικίλα προγράμματα που συγχρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τα οποία προσφέρουν χρηματοδοτικές λύσεις και αποπληρωμή σε επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων του τριτογενούς τομέα. Θα πρέπει να εξεταστούν τα κριτήρια που πρέπει να πληρούν τα κτίρια ώστε να εισαχθούν στα ευρωπαϊκά προγράμματα.

Τέλος προτείνεται να εξεταστεί και ο συνδυασμός των προαναφερόμενων παραμέτρων τόσο ως προς την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου όσο και ως προς την οικονομοτεχνική βιωσιμότητα τους.

Βιβλιογραφία

- [1] ΦΕΚ «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων», αριθμός φύλλου 376, 09-04-2010.
- [2] ΦΕΚ «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις», αριθμός φύλλου 95, 23-06-2010.
- [3] «Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω θερμομόνωσης», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [4] «Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [5] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 – 1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
- [6] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 – 2/2010: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
- [7] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 – 3/2010: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
- [8] Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 20701 – 4/2010: «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
- [9] «Εγχειρίδιο Χρήσης λογισμικού ΤΕΕ-KENAK», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, Απρίλιος 2012.
- [10] «Γενικές Οδηγίες για ενεργειακά αποδοτικά συστήματα φωτισμού», <http://www.ktizontastomellon.gr>
- [11] Γεώργιος Βερνάρδος Βεντήρης, Αθήνα 2012, «Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Υδραυλικής του Ε.Μ.Π.»
- [12] Θεόδωρος Δ. Κοντορήγας, Ιούλιος 2012, «Κριτήρια ποιότητας φωτισμού εσωτερικών χώρων».
- [13] «Οδηγός μελετών του προγράμματος: Πράσινες αγροτικές και νησιωτικές 'κοινότητες' – νέο πρότυπο ανάπτυξης», Φεβρουάριος 2012.
- [14] Φώτης Παπαθανασίου, Λεωνίδα Σαρακενίδης, Θεσσαλονίκη 2011, «Διερεύνηση δυνατοτήτων εφαρμογής της αναθεωρημένης οδηγίας ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων σε πανεπιστημιακό κτίριο του Α.Π.Θ.».

- [15] «Θέρμανση με inverter ή συμβατικό», <http://thermansipress.gr/>
- [16] ARC Μελετητική – Λενακάκης Κ. και Λ. Ο.Ε., «Εξηλασμένη – Διογκωμένη Πολυστερίνη».
- [17] Σπύρος Βεργίνης, Ιανουάριος 2009, «Συστήματα Ελέγχου Φυσικού Φωτισμού και Εξοικονόμηση Ενέργειας».
- [18] Κώστας Μ. Κάπος, «Τεχνολογία και Μεθοδολογία Αρχιτεκτονικού Φωτισμού».
- [19] «Ενεργειακή Σήμανση Κλιματιστικών», <http://corporate.climahellas.gr/>
- [20] Νικόλαος Κονδύλης, Μιχάλης Ροκανάς, 2012, «Θερμομονωτικά και Υγρομονωτικά υλικά στις σύγχρονες κατασκευές».
- [21] Μαρία Γαβριέλλα Αναγνωστοπούλου, Αθήνα 2014, «Αξιολόγηση επένδυσης στην κυματική ενέργεια με τη μέθοδο της ανάλυσης κόστους».
- [22] Αναστάσιος Γ. Τσοχαταρίδης, Ξάνθη 2012, «Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής κτιρίων».
- [23] Ιωάννης Ψαρράς, «Οικονομική Αξιολόγηση Ενεργειακών Επενδύσεων».
- [24] «Αξιολόγηση Επενδύσεων – Επιλογή Νομοθεσίας», <http://mke.teilar.gr>
- [25] Χριστίνα Τσάτσιου, Κυριακή Θεοχαράκη, Οκτώβριος 2009, «Βιοκλιματική Μελέτη Υπάρχοντος Σχολικού Συγκροτήματος στη Γλυφάδα».
- [26] «Κτιριακό κέλυφος – Τεχνικό Εγχειρίδιο», Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Green Building.
- [27] Λυμπέρης Λυμπερόπουλος, «Συστήματα σκίασης».
- [28] Παναγιώτης Κοκκίνης, Θεσσαλονίκη 2011, «Αξιολόγηση Ενεργειακής συμπεριφοράς Ξενοδοχείων στη Β κλιματική Ζώνη».
- [29] Σοφία Ιωάννου Τσεσμελή, «Ενεργειακή Ζήτηση: Κτιριακός τομέας – Πλαίσιο θεώρησης».
- [30] «Τα BEMS, η ενεργειακή επιθεώρηση και η πραγματικότητα», <http://www.adamsnet.gr/>
- [31] «Ψηφιακή αντιστάθμιση σε εγκαταστάσεις θέρμανσης», <http://www.monachos.gr/>
- [32] «Ποιοτική αξιολόγηση ηλιακών συλλεκτών για εφαρμογές θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης», <http://www.monachos.gr/>
- [33] Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης, «Ηλιακή Ενέργεια – Ηλιακοί συλλέκτες».
- [34] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, «Εξοικονόμηση ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων».
- [35] Κωνσταντίνος Χαραλαμπίδης, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2013, «Προσομοίωση εγκατάστασης φωτισμού και αισθητήρων με χρήση λογισμικού».

[36] Κωνσταντίνος Ν. Πιερής, Οκτώβριος 2012, «Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. – Πτέρυγες Α, Ε, Η, Η1».

[36] Λάμπρος Δούλος, 2013, «Ορθολογική Σχεδίαση Εγκαταστάσεων Φωτισμού και Εξοικονόμηση Ενέργειας».

[37] Βασιλικός Γ. Παναγιώτης, Ηράκλειο, Δεκέμβριος 2009, «Ενεργειακή Μελέτη Κτιρίου με χώρους πολλαπλών χρήσεων».

[38] Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, «Διαδικασία εξόρυξης και ανάλυσης στοιχείων για το κτιριακό απόθεμα και την ενεργειακή του απόδοση».